

На правах рукописи

УДК 631.8:633.16

Бабунов
Андрей Борисович

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО НА
ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ**

Специальность: 06.01.04 – Агрохимия

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

Научный руководитель: **Шафран Станислав Аронович,**
доктор сельскохозяйственных наук

Официальные оппоненты: **Азаров Владимир Борисович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,
кафедра земледелия, агрохимии,
землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, профессор кафедры
Иванова Ольга Михайловна,
кандидат сельскохозяйственных наук,
Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал
ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», отдел селекции подсолнечника, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «29» сентября 2022 г. в 14.00 час. на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова». Адрес: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на сайте: https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/395/babunov_diss_21_06_2022.pdf

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2–х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета _____ **Никитина Любовь Васильевна**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. К настоящему времени накопившиеся серьёзные изменения в отрасли растениеводства нашей страны прочно утвердились. Сельское хозяйство сделало очередной шаг в своём развитии: появились высокопродуктивные сорта, новая энергонасыщенная техника, изменилась система машин и возможность применения различных технологий при возделывании сельскохозяйственных культур, интенсивно и широко стали использоваться химические средства защиты растений. А погодные условия характеризуются экстремальностью и необычностью метеорологических явлений по всей планете.

Поэтому проведение исследований по выявлению эффективности влияния доз минеральных удобрений на урожай и качество ячменя ярового на выщелоченных чернозёмах Центрально-Чернозёмной зоны (на примере Тамбовской области) в современных условиях сельскохозяйственного производства является актуальной задачей.

В Тамбовской области второй по значимости сельскохозяйственной культурой, после озимой пшеницы является яровая ячмень, с 2014 по 2017 гг. среднегодовое производство его зерна составило 921,1 тысяч тонн (26,4% от валового сбора зерновых и зернобобовых культур).

Центрально-Чернозёмный регион располагает большими резервами для полного обеспечения нужд местной пивоваренной промышленности, отраслей свиноводства и птицеводства, а также удовлетворения запросов экспорта высококачественным зерном ячменя (в среднем за 2015–2017 гг. валовой сбор ярового ячменя составил 4083,4 тысяч тонн). В связи с этим для северо-восточной части ЦЧР особое значение имеет разработка научных основ специальной технологии возделывания этой культуры, актуальным звеном которой являются новые, более высокопродуктивные сорта высококачественного пивоваренного, продовольственного и фуражного ячменя, а важнейшим условием получения урожая зерна служат приёмы регулирования минерального питания растений, осуществляемые за счёт применения удобрений.

Цель исследований – изучить влияние возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожайность и качество ячменя ярового сорта Саншайн при возделывании его на выщелоченных чернозёмах Тамбовской области.

Задачи исследований:

1. Определить действие возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на прибавку урожая на выщелоченных чернозёмах.
2. Установить окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая на выщелоченных чернозёмах.
3. Выявить влияние содержания доступных для растений форм азота, определяемых различными методами, на эффективность применения азотных удобрений.

4. Определить химический состав растений и качество зерна.
5. Определить вынос питательных веществ единицей урожая.
6. Установить экономическую эффективность применения минеральных удобрений при возделывании ячменя ярового сорта Саншайн в ООО «Рассказовское» Рассказовского района Тамбовской области.

Объект исследования. Сорт ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) Саншайн (Sunshine) немецкой селекции (Оригинатор: SAATZUCHT JOSEF BREUN GMBH & CO. KG) районированного в Тамбовской области в 2011 году. Кроме того для обобщения были использованы результаты полученные в краткосрочных полевых опытах в 70-х годах прошлого столетия Тамбовской областной агрохимической лабораторией (ныне ФГБУ ГЦАС «Тамбовский») с сортами ярового ячменя чешской селекции Дворан и Вальтицки.

Научная новизна. Впервые в краткосрочном полевом опыте на чернозёме выщелоченном тяжелосуглинистом Тамбовской области проведена оценка эффективности применения азотных, фосфорных и калийных удобрений при возделывании ячменя ярового сорта Саншайн, который, в сравнении с ранее районированными сортами Дворан и Вальтицки, был значительно продуктивнее.

При размещении ячменя ярового после кукурузы на зерно на контроле (без применения минеральных удобрений) урожайность зерна достигает 22,9 ц/га. Внесение минеральных удобрений перед посевом увеличивает урожайность зерна до 36,9–53,4 ц/га. От применения парных сочетаний элементов питания $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ урожайность зерна возрастает до 36,9–40,4 ц/га. Максимальные прибавки получены от действия тройных сочетаний элементов питания: N_{30-120} на фоне $P_{60}K_{60}$ (18,2–29,1 ц/га), P_{30-120} на фоне $N_{60}K_{60}$ (23,8–25,8 ц/га), K_{30-120} на фоне $N_{60}P_{60}$ (20,5–30,5 ц/га).

Определено, что окупаемость 1 кг NPK минеральных удобрений варьирует в интервале от 10,8 до 16,9 кг зерна. От действия азота на фоне $P_{60}K_{60}$ изменяется от 12,6 до 16,6 кг, фосфора на фоне $N_{60}K_{60}$ – от 6,9 до 26,0 кг, калия на фоне $N_{60}P_{60}$ – от 8,3 до 12,7 кг зерна. В результате улучшения условий азотного питания растений в зерне возрастает накопление белка с 10,63 до 12,41%, наибольший эффект достигается от N_{120} . Фосфорные и калийные удобрения не выявили заметного влияния на этот показатель. Содержание крахмала варьирует незначительно – от 61,75 до 62,69%. Во всех вариантах опыта с применением удобрений масса 1000 зерен возрастает на 1,3–5,3 г, натура на 13–33 г/л.

Выявлено, что наиболее тесная связь была между содержанием минерального азота и прибавкой урожая ($r = 0,47$, $R^2 = 0,221$).

Установлено, что яровым ячменем сорта Саншайн потребление азота из минеральных удобрений составляет – 27,9, фосфора – 12,9, калия – 27,0%.

Показатели выноса элементов питания отличались от нормативных, особенно по фосфору (были больше на 1,8 кг).

При использовании под ячмень яровой минеральных удобрений формируется отрицательный баланс азота, за исключением $N_{120}P_{60}K_{60}$, где его

баланс положительный (+5,8 кг/га); положительный баланс фосфора, кроме вариантов без применения удобрений (-30,4 кг/га), N₆₀K₆₀ (-46,3 кг/га) и N₆₀P₃₀K₆₀ (-24,3 кг/га); отрицательный баланс калия, за исключением N₆₀P₆₀K₉₀₋₁₂₀ (+9,2...21,7 кг/га).

Окупаемость затрат, связанных с применением минеральных удобрений варьировала от 1,28 до 1,75 рубля, а условно чистый доход колебался от 4253 до 7007 рублей.

Практическая значимость работы. В работе научно обоснована роль минеральных удобрений в формировании урожайности и качества зерна ячменя ярового в условиях Тамбовской области. Дана оценка состояния баланса азота, фосфора и калия в почве при производстве зерна ячменя ярового, что позволяет обосновывать меры по его оптимизации. Определены рациональные дозы применения азота, фосфора и калия под ячмень яровой. Результаты проведённых исследований могут быть использованы при разработке практических рекомендаций по возделыванию культуры, получению продукции необходимого качества.

Основные положения выносимые на защиту:

1. Эффективность действия минеральных удобрений на ячмене яровом сорта Саншайн в условиях Тамбовской области.
2. Окупаемость минеральных удобрений на выщелоченных чернозёмах.
3. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений под ячмень яровой на выщелоченных чернозёмах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на международной научной конференции «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах» (Москва, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 16–17 апреля 2018 г.); 52–ой Международной очно-заочной научной конференции молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства», посвящённой 200–летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского (Москва, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 24–25 октября 2018 г.).

Публикации по теме диссертации. По материалам исследований опубликовано 5 работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объём диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав: обзора литературы, условий и методов проведения исследований, результатов исследований; выводов, предложений производству, списка литературы, приложений. Работа изложена на 137 страницах компьютерного текста, содержит 26 таблиц, 8 рисунков, 10 приложений. Список использованной литературы включает 196 наименований, в том числе 4 – зарубежных авторов.

Личный вклад автора. Автор лично организовывал работу по закладке полевых опытов, проводил учёты и наблюдения, лабораторные исследования и статистическую обработку полученных данных.

Благодарности. Автор считает своим долгом выразить благодарность научному руководителю – Шафрану С. А. за помощь в проведении исследований и оформлении диссертационной работы, директору ФГБУ ГЦАС «Тамбовский» – Бадину А. Е., сотрудникам отделов «Плодородие почв и применение средств химизации» и «Химико-аналитического анализа почв, сельскохозяйственной продукции и агрохимикатов» ФГБУ ГЦАС «Тамбовский» за помощь в выполнении работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты, условия и методы исследования

Объектом исследований являлся сорт ярового ячменя Саншайн (Sunshine) (*Hordeum vulgare* L.) немецкой селекции (Оригинатор: SAATZUCHT JOSEF BREUN GMBH & CO. KG (AMSELVEG 1, D 91074, HERZOGENAURACH, GERMANY)) среднеспелый, районированный в Тамбовской области в 2011 году. Средняя урожайность зерна в регионах допуска – 32,8 ц/га. Максимальная урожайность 70,1 ц/га получена в Курской области в 2009 г. Содержание белка 9,9–14,2%.

Постановка опыта, проведение наблюдений и учетов выполнены в соответствии с принятыми в растениеводстве методиками.

Исследования проводились в 2015–2017 гг. в ООО «Рассказовское» Рассказовского района Тамбовской области в полях зернопропашных севооборотов отделений «Котовское» и «Русичи» в звене: кукуруза на зерно – яровой ячмень – озимая пшеница – горох.

Повторность в опыте четырехкратная, размеры делянок: посевной – 110 м² (11 м* 10 м), учетной – 90 м² (9 м* 10 м), размещение делянок в опыте последовательное систематическое.

Перед внесением минеральных удобрений были отобраны почвенные образцы для определения содержания в них гумуса, обменной кислотности $pH_{(KCl)}$, гидролитической кислотности (H_T), суммы поглощенных оснований (S), азота щелочногидролизуемого ($N_{щ.г.}$), азота нитратного ($N-NO_3$), азота аммиачного ($N-NH_4$), фосфора подвижного (P_2O_5), калия обменного (K_2O).

Внесение минеральных удобрений на делянки опыта проводилось весной перед посевом культуры (28 апреля 2015 г., 20 апреля 2016 г. и 25 апреля 2017 г.), разбрасыванием вручную их смесей. Минеральные удобрения: аммиачная селитра (34% N), аммофос (12% N, 52% P_2O_5), калий хлористый (60% K_2O) были применены в полной дозе и заделаны в почву путём предпосевного дискования на глубину 12–15 см.

Схема опыта: 1 вариант – контроль (без удобрений), 2 вариант – $N_{60}P_{60}$, 3 вариант – $N_{60}K_{60}$, 4 вариант – $P_{60}K_{60}$, 5 вариант – $P_{60}K_{60} + N_{30}$, 6 вариант – $P_{60}K_{60} + N_{60}$, 7 вариант – $P_{60}K_{60} + N_{90}$, 8 вариант – $P_{60}K_{60} + N_{120}$, 9 вариант – $N_{60}K_{60} + P_{30}$, 10

вариант – N₆₀K₆₀+ P₉₀, 11 вариант – N₆₀K₆₀+ P₁₂₀, 12 вариант – N₆₀P₆₀+ K₃₀, 13 вариант – N₆₀P₆₀+ K₉₀, 14 вариант – N₆₀P₆₀+ K₁₂₀.

Фенологические наблюдения проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Агрохимические свойства почвы: рН_(KCl) – потенциметрически по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), сумма поглощённых оснований – по Каппену (ГОСТ 27821-88), азот щёлочногидролизуемый – по Корнфилду (метод ЦИНАО – МУ Москва, 1985), азот нитратов – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), азот обменного аммония – фотометрическим методом (ГОСТ 26489-85), фосфор подвижный – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91), калий обменный – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91).

Объединённые почвенные пробы отбирались с глубины 0–25 см и составлялись из 10 точечных.

Отбор снопов для определения соотношения основной и побочной продукции, её влажности (ГОСТ 13586.5- 2015), массы 1000 зерен (ГОСТ 10842-89), натуры (ГОСТ 54895-2012) на закрепленных площадках по 0,25 м² в четырех местах делянки во всех повторностях.

Учёт урожайности проводился сплошным методом со всех делянок опыта комбайном Terrior SR 2010 с последующим взвешиванием зерна. Урожайность зерна приводилась к 14%–ной влажности и 100%–ной чистоте.

В лабораторных условиях определялось содержание азота (метод Къельдаля – ГОСТ 32044.1-2012), фосфора (фотометрический метод – ГОСТ 26657-97) и калия (пламенно-фотометрический метод – ГОСТ 30504-97), содержание сырого белка (метод Къельдаля – ГОСТ 10846-91) и сырого протеина (метод Къельдаля – ГОСТ 32044.1-2012), крахмала (ГОСТ 10845-98).

Математическая обработка урожайных и качественных данных проводилась методом дисперсионного анализа с применением программы «СТАТИСТИКА, версия 2.6», пакета анализа Microsoft Excel 2013.

Почвенный покров опытных участков представлен чернозёмами выщелоченными мощными малогумусными тяжелосуглинистого гранулометрического состава со следующими агрохимическими показателями: гумус – 5,6–6,0%, рН_(KCl) – 5,1–5,5, гидролитическая кислотность (Н_{г.}) – 3,63–6,25 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощённых оснований (S) – 31,6–52,0 мг-экв./100 г почвы, азот щёлочногидролизуемый (N_{щ.г.}) – 77–179 мг/кг почвы, азот нитратный (N-NO₃) – 0,00–10,51 мг/кг почвы, азот аммиачный (N-NH₄) – 0,33–4,79 мг/кг почвы, фосфор подвижный (P₂O₅) – 53–149 мг/кг почвы, калий обменный (K₂O) – 59–120 мг/кг почвы (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы в опыте перед внесением удобрений

Показатели	Единица измерения	Годы		
		2015	2016	2017
Гумус	%	5,6–5,7	6,0–6,0	5,8–6,0
pH _(KCl)	–	5,1–5,5	5,2–5,5	5,1–5,5
H _{г.}	мг-экв./100 г.	4,23–6,25	3,63–6,25	2,99–5,14
S		31,6–37,2	42,0–52,0	42,4–49,2
N _{щ.г.}	мг/кг	77–153	87–179	84–176
N-NO ₃		0,00–5,84	0,13–4,12	1,24–10,51
N-NH ₄		0,42–4,79	0,33–0,89	0,00–3,55
P ₂ O ₅		53–87	67–142	80–149
K ₂ O		59–95	73–120	74–119

Оценивая погодные условия периодов вегетации по температурному режиму и влагообеспеченности, необходимо отметить, что они сильно отличались от многолетних средних значений, что позволяло всесторонне проанализировать действие изучаемых факторов. Характеристики вегетационных периодов в годы проведения исследований приведены на рисунках 1, 2.

Наиболее благоприятными для возделывания культуры были 2015 и 2017 годы исследования.

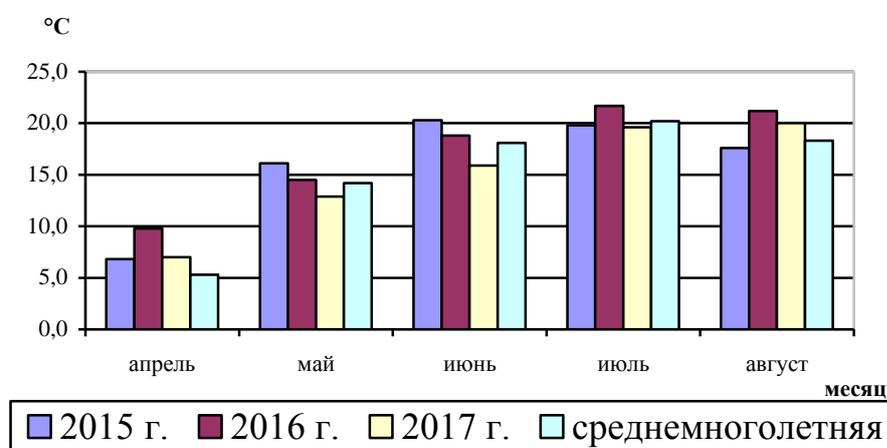


Рисунок 1. Среднесуточная температура воздуха за вегетационные периоды 2015–2017 гг.

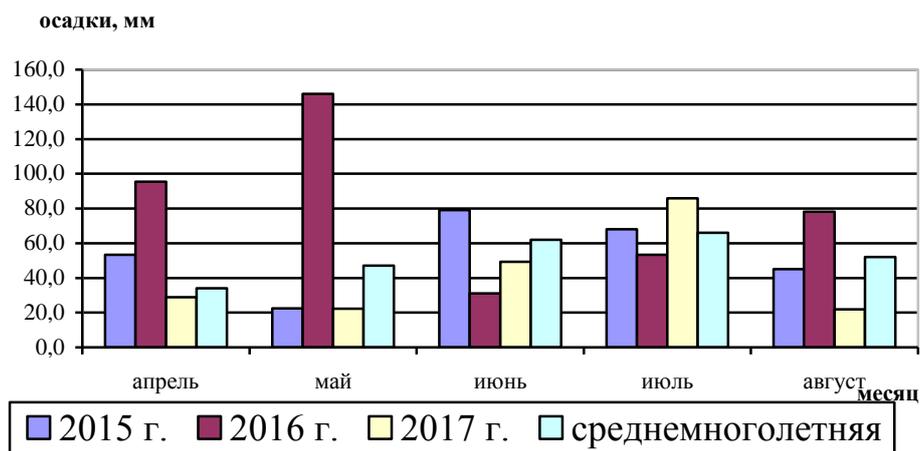


Рисунок 2. Сумма осадков за вегетационные периоды 2015–2017 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожайность ячменя ярового

За годы проведения исследований самым урожайным оказался 2017 год. Несколько ниже был уровень урожайности в 2015 г., наименьшим в 2016 г. (табл. 2).

В 2015 г. урожайность зерна ячменя в варианте без удобрений составила 29,6 ц/га. При внесении минеральных удобрений рост урожайности отмечался на всех делянках опыта. Максимальная урожайность получена в 7, 10 и 14 вариантах опыта с применением смесей удобрений, содержащих все три элемента питания. Здесь при дозах внесения $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{90}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{120}$ прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 25,8, 21,5 и 28,8 ц/га соответственно. Парное сочетание элементов питания обеспечило меньшую прибавку урожайности.

В 2016 г. урожайность зерна ячменя на контроле равнялась 17,1 ц/га. В 8, 9, и 14 вариантах максимальная урожайность получена с применением смесей удобрений, содержащих три элемента питания. При дозах внесения $N_{120}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{30}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{120}$ прибавка урожайности по сравнению с контролем составила 22,0, 25,8, и 27,3 ц/га.

В 2017 г. урожайность зерна ячменя в варианте без удобрений составила 21,9 ц/га. В 6 и 8 вариантах максимальная урожайность получена с применением смесей удобрений, содержащих три элемента питания. Дозы внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{60}K_{60}$ обеспечили прибавки урожайности по сравнению с контролем 35,1 и 44,5 ц/га. Довольно высокой была прибавка и в 14 варианте от применения $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 36,0 ц/га.

Отзывчивость ячменя на минеральные удобрения зависела от метеорологических условий вегетационного периода (в 2017 г. прибавки урожайности от внесения удобрений были выше, чем в 2015–2016 гг.)

В среднем за 2015–2017 гг. урожайность сорта Саншайн в варианте без удобрений составила 22,9 ц/га. Улучшение условий минерального питания оказывало существенное влияние на величину этого показателя, увеличивая сбор зерна, по сравнению с контролем, на 61–133 %. Наибольшая урожайность отмечена от действия доз азотных и калийных удобрений. Эффективность фосфорных удобрений была ниже. Парное сочетание элементов питания обеспечивало меньшую прибавку, по сравнению с тройным.

Таблица 2

**Урожайность зерна ярового ячменя
в зависимости от уровня минерального питания**

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га			
	Годы							
	2015	2016	2017	Среднее	2015	2016	2017	Среднее
1. Контроль (без удобрений)	29,6	17,1	21,9	22,9	–	–	–	–
2. N ₆₀ P ₆₀	44,0	28,9	46,0	39,6	14,4	11,8	24,1	16,7
3. N ₆₀ K ₆₀	42,4	37,9	40,8	40,4	12,8	20,8	18,9	17,5
4. P ₆₀ K ₆₀	45,7	28,6	36,4	36,9	16,1	11,5	14,5	14,0
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	46,4	35,1	41,9	41,1	16,8	18,0	20,0	18,2
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	49,1	34,1	57,0	46,7	19,5	17,0	35,1	23,8
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	55,4	37,5	62,4	51,8	25,8	20,4	40,5	28,9
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	50,6	39,1	66,4	52,0	21,0	22,0	44,5	29,1
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	48,1	42,9	53,5	48,2	18,5	25,8	31,6	25,3
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	51,1	40,4	53,1	48,2	21,5	23,3	31,2	25,3
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	51,6	40,0	54,5	48,7	22,0	22,9	32,6	25,8
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	48,4	36,5	45,3	43,4	18,8	19,4	23,4	20,5
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	53,0	35,4	52,8	47,1	23,4	18,3	30,9	24,2
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	58,0	44,4	57,9	53,4	28,8	27,3	36,0	30,5
НСР ₀₅	8,4	6,4	6,5	8,1	–	–	–	–

Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая

В равных условиях эффективность действия минеральных удобрений зависит от величины их доз. С увеличением дозы от минимальной до оптимальной наблюдается, в большинстве случаев, максимальная, но постепенно уменьшающаяся оплата каждого килограмма удобрений получаемыми прибавками продукции. Дальнейшее увеличение доз до максимальных величин, как правило, сопровождается устойчивым снижением окупаемости удобрений.

Таблица 3

Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая ячменя

Доза удобрения	Окупаемость в среднем за 2015–2017 гг.			
	НPK	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
кг д. в./га	кг/кг	кг/кг	кг/кг	кг/кг
Контроль (без удобрений)	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀	13,9	–	–	–
N ₆₀ K ₆₀	14,6	–	–	–
P ₆₀ K ₆₀	11,7	–	–	–
P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	12,1	14,0	–	–
P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	13,2	16,3	–	–
P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	13,8	16,6	–	–
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	12,1	12,6	–	–
N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	16,9	–	26,0	–
N ₆₀ K ₆₀ + P ₆₀	13,2	–	10,5	–
N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	12,0	–	8,7	–
N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	10,8	–	6,9	–
N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	13,7	–	–	12,7
N ₆₀ P ₆₀ + K ₆₀	13,2	–	–	11,8
N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	11,5	–	–	8,3
N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	12,7	–	–	11,5

В среднем за годы исследований окупаемость минеральных удобрений колебалась в интервале от 10,8 до 16,9 кг зерна (табл. 3). От действия азота на фоне P₆₀K₆₀ варьировала от 12,6 до 16,6 кг, фосфора на фоне N₆₀K₆₀ – от 6,9 до 26,0 кг, калия на фоне N₆₀P₆₀ – от 8,3 до 12,7 кг зерна. В вариантах с дозами N₆₀P₃₀K₆₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀ отмечалась самая высокая и низкая окупаемость минеральных удобрений в опыте. По мере возрастания доз фосфорных удобрений она снижалась.

Влияние содержания доступных для растений форм азота, определяемых различными методами, на прибавку урожая от азотных удобрений

Детальное изучение факторов, влияющих на эффективность азота, показало, что внутри каждой почвенно-климатической зоны действие азотных удобрений неодинаково и зависит во многом от агрохимических свойств почвы и, в первую очередь, от содержания минерального азота.

Запас минерального азота в почве оказывал весомое влияние на эффективность азотных удобрений.

Всем природно-климатическим зонам была характерна общая закономерность – с увеличением содержания минерального азота в почве повышалась урожайность и снижалось действие азотных удобрений.

Для установления степени обеспеченности почв азотом агрохимической службой используются различные методы определения доступных форм азота в почве: азота нитратов, азота обменного аммония, щёлочногидролизуемого – по Корнфилду, легкогидролизуемого – по Тюрину – Кононовой, нитрификационной способности – по Кравкову.

Влияние содержания доступных для растений форм азота, определяемых различными методами, на прибавку урожая от азотных удобрений на культуре ярового ячменя в Тамбовской области не проводилось, поэтому одной из задач настоящей работы явилось выявление связи между этими показателями.

Полученные результаты свидетельствуют о слабой связи между содержанием обменного аммония, щёлочногидролизуемого азота, средней – минерального азота и прибавкой урожая ячменя (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между содержанием различных форм азота в почве и прибавкой урожая от азотных удобрений

Формы азота	Коэффициенты	
	корреляции	детерминации
Азот щелочногидролизуемый	0,25	0,063
Азот нитратов	0,41	0,168
Азот обменного аммония	0,20	0,040
Минеральный азот	0,47	0,221

Влияние доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на качество зерна

Применение удобрений оказывает существенное влияние не только на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, но и на качество продукции. Из минеральных удобрений наибольшим влиянием отличаются азотные удобрения. Внесение минеральных удобрений в оптимальных дозах увеличивает содержание сырого белка в зерне и сырого протеина в соломе ячменя. От внесения фосфорных и калийных удобрений в большинстве случаев не наблюдается положительного эффекта на качестве зерна.

Основной показатель кормовых и пивоваренных достоинств ячменя-содержание в зерне сырого белка. На величину и варьирование этого показателя оказывают влияние погодные условия, почвенные условия и генетические особенности сортов.

Минеральные удобрения и условия погоды оказывали существенное влияние на накопление белка (табл. 5).

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на содержание сырого белка в зерне ярового ячменя, %

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1. Контроль (без удобрений)	10,84	12,30	9,29	10,81
2. N ₆₀ P ₆₀	11,73	12,62	8,58	10,98
3. N ₆₀ K ₆₀	12,20	12,72	9,55	11,49
4. P ₆₀ K ₆₀	11,82	12,24	8,48	10,85
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	11,86	12,02	8,02	10,63
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	11,86	12,14	8,28	10,76
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	12,04	11,99	9,40	11,14
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	13,39	13,87	9,97	12,41
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	11,68	12,68	8,33	10,90
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	11,30	11,59	8,27	10,39
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	12,59	11,66	8,49	10,91
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	12,55	12,43	8,17	11,05
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	12,49	11,44	8,89	10,94
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	12,93	11,67	8,73	11,11
НСР ₀₅	1,1	1,1	1,1	1,1

При внесении азота количество белка в опыте варьировало от 11,86 до 13,87%. Наибольшим этот показатель был в варианте с внесением азота в дозе N₁₂₀.

Следует заметить, что в 2015 и 2016 гг. исследований от применения азота в дозе N₁₂₀ содержание сырого белка в зерне было максимальным 13,39 и 13,87%, в 2017 г. минимальным 9,97%.

Факт значительно более высокого содержания белка в исследованиях 2015 и 2016 гг. объясняется повышенными среднесуточными температурами воздуха третьей декады мая – июня (период кущения – колошения культуры). Температурные условия были далеки от оптимальных – превышали среднепогодные значения.

В исследованиях 2017 г. среднесуточная температура воздуха в третьей декаде мая – июне была ниже среднепогодных значений. При достаточном обеспечении почвенной влагой формировалось зерно с более низким содержанием белка. Зерно ячменя с контрольных делянок отличалось большей белковостью от зерна с делянок, где азот был внесен в дозах N₃₀₋₆₀. Даже от применения доз N₉₀ и N₁₂₀ содержание белка в зерне не превысило 10,0%. Внесение на фоне N₆₀K₆₀ фосфора в дозах P₃₀₋₁₂₀, на фоне N₆₀P₆₀ калия в дозах K₃₀₋₁₂₀ не способствовало повышению белковости зерна (содержание белка было ниже контрольного).

Содержание крахмала в зерне обуславливает такой показатель, как экстрактивность, то есть количество органического вещества, которое способно переходить в водный раствор под воздействием ферментов солода. Она должна

составлять 80–82%. Пивоваренные свойства зерна возрастают по мере увеличения в нём содержания крахмала, а следовательно экстрактивных веществ.

Крахмалистость зерна ячменя в условиях опыта в большей степени зависела от погодных условий вегетационных периодов, чем от доз и комбинаций вносимых минеральных удобрений (табл. 6).

Таблица 6

Влияние минеральных удобрений на содержание крахмала в зерне ярового ячменя, %

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1. Контроль (без удобрений)	64,30	60,50	60,44	61,75
2. N ₆₀ P ₆₀	62,63	60,85	62,73	62,07
3. N ₆₀ K ₆₀	61,72	59,98	60,30	60,67
4. P ₆₀ K ₆₀	61,88	61,50	62,14	61,84
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	61,15	62,00	62,12	61,76
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	62,45	62,13	62,47	62,35
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	62,60	61,93	62,61	62,38
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	60,24	60,08	61,10	60,47
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	61,53	60,55	62,65	61,58
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	62,63	62,20	62,85	62,56
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	62,04	61,65	62,42	62,04
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	62,28	61,05	61,16	61,50
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	62,59	62,68	61,81	62,36
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	63,13	62,33	62,61	62,69
НСР ₀₅	1,5	1,7	1,7	1,7

В среднем по опыту содержание крахмала в зерне ячменя составило в 2015 г. 62,23%, в 2016 г. – 61,39 и в 2017 г. – 61,96%.

Масса 1000 зерен зависела как от погодных условий вегетационных периодов, так и от применения минеральных удобрений (табл. 7).

Таблица 7

Влияние минеральных удобрений на массу 1000 зерен ярового ячменя, г

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1	2	3	4	5
1. Контроль (без удобрений)	47,1	38,2	48,0	44,4
2. N ₆₀ P ₆₀	48,6	40,1	48,5	45,7
3. N ₆₀ K ₆₀	50,7	45,5	52,7	49,6
4. P ₆₀ K ₆₀	50,6	43,1	51,0	48,2
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	50,4	44,0	52,3	48,9
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	50,8	43,7	52,9	49,1

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	50,2	45,1	52,4	49,2
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	49,0	44,0	52,8	48,6
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	49,9	45,8	53,4	49,7
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	50,3	44,5	52,4	49,1
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	49,8	44,5	52,6	49,0
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	49,7	45,0	52,5	49,1
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	50,1	45,4	53,1	49,5
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	50,7	45,1	51,8	49,2
НСР ₀₅	0,6	2,6	1,2	1,8

Самая низкая масса 1000 зерен отмечена в 2016 г. (40,1 г), самая высокая – в 2017 г. (53,4 г). В среднем по опыту за 2015–2017 гг. масса 1000 зерен ярового ячменя в удобренных вариантах сорта Саншайн составила 48,8 г, что на 4,4 г больше по сравнению с контрольным вариантом.

Натура зерна зависела от условий погоды и применения минеральных удобрений (табл. 8). Самые низкие показатели натуры в среднем по опыту отмечены в 2015 г. (641 г/л) и 2016 г. (642 г/л), самый высокий – в 2017 г. (720 г/л).

В среднем по опыту за 2015–2017 гг. натура зерна ярового ячменя сорта Саншайн составила 667 г/л.

Таблица 8

Влияние минеральных удобрений на натуру зерна ярового ячменя, г/л

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1. Контроль (без удобрений)	637	616	685	646
2. N ₆₀ P ₆₀	641	642	693	659
3. N ₆₀ K ₆₀	648	650	706	668
4. P ₆₀ K ₆₀	643	646	690	660
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	644	661	689	665
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	652	653	703	669
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	658	660	718	679
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	654	648	720	674
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	654	648	706	669
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	652	656	700	669
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	653	652	702	669
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	655	651	705	670
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	655	658	705	673
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	652	664	698	671
НСР ₀₅	6,8	16,2	8,3	12,5

Влияние доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на химический состав зерна и соломы

Содержание N, P₂O₅, K₂O в зерне и соломе ячменя при возделывании его в условиях Тамбовской области изменялось по годам (табл. 9, 10, 11).

В среднем по годам исследований содержание N в зерне ячменя варьировало от 1,40 до 1,96%; P₂O₅ – от 0,89 до 1,05%; K₂O – от 0,61 до 0,78%.

Содержание N в соломе ячменя варьировало от 0,36 до 0,74%; P₂O₅ – от 0,27 до 0,63%; K₂O – от 1,24 до 2,14%.

В 2015 г. существенное влияние на увеличение содержание азота в зерне оказывали дозы N₃₀₋₁₂₀ на фоне P₆₀K₆₀, K₃₀₋₁₂₀ на фоне N₆₀P₆₀, N₆₀P₁₂₀K₆₀, парное сочетание – N₆₀K₆₀; на содержание азота в соломе только N₁₂₀P₆₀K₆₀.

В условиях 2016 г. значимое влияние на увеличение содержания азота в зерне оказала только доза N₁₂₀P₆₀K₆₀.

В 2017 г. влияние доз NPK на увеличение содержания азота как в зерне, так и в соломе не отмечено.

Таблица 9

Влияние минеральных удобрений на содержание азота в зерне и соломе ярового ячменя, % на абсолютно сухое вещество

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1	2	3	4	5
1. Контроль (без удобрений)	<u>1,74</u> 0,78	<u>1,97</u> 0,78	<u>1,49</u> 0,47	<u>1,73</u> 0,68
2. N ₆₀ P ₆₀	<u>1,88</u> 0,80	<u>2,02</u> 0,71	<u>1,38</u> 0,35	<u>1,76</u> 0,62
3. N ₆₀ K ₆₀	<u>1,95</u> 0,67	<u>2,05</u> 0,71	<u>1,53</u> 0,36	<u>1,84</u> 0,58
4. P ₆₀ K ₆₀	<u>1,89</u> 0,70	<u>1,96</u> 0,65	<u>1,36</u> 0,39	<u>1,74</u> 0,58
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	<u>1,92</u> 0,63	<u>1,93</u> 0,63	<u>1,28</u> 0,37	<u>1,71</u> 0,54
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	<u>1,90</u> 0,65	<u>1,95</u> 0,59	<u>1,33</u> 0,33	<u>1,73</u> 0,52
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	<u>1,94</u> 0,77	<u>1,92</u> 0,57	<u>1,51</u> 0,36	<u>1,79</u> 0,57
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	<u>2,14</u> 0,93	<u>2,22</u> 0,70	<u>1,60</u> 0,43	<u>1,99</u> 0,69
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	<u>1,89</u> 0,83	<u>2,03</u> 0,66	<u>1,34</u> 0,30	<u>1,75</u> 0,60
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	<u>1,87</u> 0,72	<u>1,86</u> 0,62	<u>1,33</u> 0,31	<u>1,69</u> 0,55
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	<u>2,08</u> 0,68	<u>1,87</u> 0,65	<u>1,36</u> 0,32	<u>1,77</u> 0,55

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	<u>2,07</u> 0,81	<u>1,99</u> 0,61	<u>1,31</u> 0,35	<u>1,79</u> 0,59
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	<u>2,04</u> 0,67	<u>1,83</u> 0,66	<u>1,42</u> 0,33	<u>1,76</u> 0,55
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	<u>2,09</u> 0,74	<u>1,87</u> 0,63	<u>1,40</u> 0,37	<u>1,79</u> 0,58
НСР ₀₅	<u>0,16</u> 0,14	<u>0,18</u> $F_{\text{факт.}} < F_{05}$	<u>0,17</u> 0,08	$F_{\text{факт.}} < F_{05}$ $F_{\text{факт.}} < F_{05}$

Примечание. В числителе – содержание элементов в зерне, в знаменателе – в соломе.

В 2015 г. влияние доз NPK на увеличение содержания фосфора в зерне не отмечено.

В 2016 г. влияние доз NPK на увеличение содержания фосфора как в зерне, так и в соломе было недостоверным; в 2017 г. внесение NPK не увеличивало содержание фосфора ни в зерне, ни в соломе.

Таблица 10

Влияние минеральных удобрений на содержание фосфора в зерне и соломе ярового ячменя, % на абсолютно сухое вещество

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1	2	3	4	5
1. Контроль (без удобрений)	<u>1,05</u> 0,41	<u>1,10</u> 0,79	<u>1,01</u> 0,50	<u>1,05</u> 0,57
2. N ₆₀ P ₆₀	<u>1,09</u> 0,42	<u>1,08</u> 0,69	<u>0,91</u> 0,30	<u>1,03</u> 0,47
3. N ₆₀ K ₆₀	<u>0,97</u> 0,36	<u>1,05</u> 0,63	<u>0,89</u> 0,25	<u>0,97</u> 0,41
4. P ₆₀ K ₆₀	<u>1,05</u> 0,38	<u>1,06</u> 0,78	<u>0,89</u> 0,30	<u>1,00</u> 0,49
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	<u>1,00</u> 0,37	<u>1,05</u> 0,68	<u>0,87</u> 0,27	<u>0,97</u> 0,44
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	<u>0,99</u> 0,33	<u>1,05</u> 0,61	<u>0,85</u> 0,21	<u>0,96</u> 0,38
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	<u>0,98</u> 0,38	<u>1,06</u> 0,63	<u>0,88</u> 0,23	<u>0,97</u> 0,41
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	<u>0,99</u> 0,39	<u>1,05</u> 0,65	<u>0,88</u> 0,22	<u>0,97</u> 0,42
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	<u>0,95</u> 0,37	<u>1,03</u> 0,60	<u>0,88</u> 0,26	<u>0,95</u> 0,41
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	<u>0,98</u> 0,40	<u>1,04</u> 0,57	<u>0,90</u> 0,26	<u>0,97</u> 0,41

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	$\frac{1,01}{0,34}$	$\frac{1,03}{0,58}$	$\frac{0,89}{0,29}$	$\frac{0,98}{0,40}$
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	$\frac{1,02}{0,38}$	$\frac{1,07}{0,60}$	$\frac{0,86}{0,26}$	$\frac{0,98}{0,41}$
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	$\frac{1,01}{0,33}$	$\frac{1,03}{0,55}$	$\frac{0,88}{0,23}$	$\frac{0,97}{0,37}$
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	$\frac{1,01}{0,37}$	$\frac{0,97}{0,46}$	$\frac{0,89}{0,24}$	$\frac{0,96}{0,36}$
НСР ₀₅	$\frac{0,05}{F_{факт.} < F_{05}}$	$\frac{F_{факт.} < F_{05}}{F_{факт.} < F_{05}}$	$\frac{0,06}{0,08}$	$\frac{F_{факт.} < F_{05}}{F_{факт.} < F_{05}}$

Примечание. В числителе – содержание элементов в зерне, в знаменателе – в соломе.

Содержание калия в зерне ячменя также зависело от погодных условий и внесения удобрений. Применение калийных удобрений способствовало повышению содержания калия в соломе и не оказывало влияния на содержание калия в зерне (табл.11). Это проявилось практически во все годы исследования.

Таблица 11

Влияние минеральных удобрений на содержание калия в зерне и соломе ярового ячменя, % на абсолютно сухое вещество

Варианты опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
1	2	3	4	5
1. Контроль (без удобрений)	$\frac{0,65}{1,61}$	$\frac{0,80}{1,66}$	$\frac{0,62}{1,37}$	$\frac{0,69}{1,55}$
2. N ₆₀ P ₆₀	$\frac{0,64}{1,22}$	$\frac{0,77}{1,89}$	$\frac{0,56}{1,72}$	$\frac{0,66}{1,61}$
3. N ₆₀ K ₆₀	$\frac{0,62}{1,35}$	$\frac{0,78}{2,14}$	$\frac{0,63}{2,01}$	$\frac{0,68}{1,83}$
4. P ₆₀ K ₆₀	$\frac{0,60}{1,15}$	$\frac{0,81}{2,03}$	$\frac{0,62}{2,00}$	$\frac{0,68}{1,73}$
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	$\frac{0,59}{1,07}$	$\frac{0,79}{2,08}$	$\frac{0,62}{1,95}$	$\frac{0,67}{1,70}$
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	$\frac{0,61}{1,09}$	$\frac{0,79}{2,16}$	$\frac{0,61}{2,04}$	$\frac{0,67}{1,76}$
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	$\frac{0,62}{1,12}$	$\frac{0,76}{2,28}$	$\frac{0,63}{2,28}$	$\frac{0,67}{1,89}$
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	$\frac{0,66}{1,60}$	$\frac{0,78}{2,71}$	$\frac{0,65}{2,28}$	$\frac{0,70}{2,20}$
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	$\frac{0,59}{1,35}$	$\frac{0,80}{2,29}$	$\frac{0,61}{2,07}$	$\frac{0,67}{1,90}$
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	$\frac{0,61}{1,06}$	$\frac{0,79}{2,22}$	$\frac{0,61}{2,06}$	$\frac{0,67}{1,78}$

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	<u>0,61</u> 1,15	<u>0,77</u> 2,24	<u>0,60</u> 1,98	<u>0,66</u> 1,79
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	<u>0,63</u> 1,23	<u>0,76</u> 2,17	<u>0,57</u> 1,95	<u>0,65</u> 1,78
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	<u>0,63</u> 1,09	<u>0,79</u> 1,94	<u>0,58</u> 2,06	<u>0,67</u> 1,70
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	<u>0,61</u> 1,22	<u>0,77</u> 2,21	<u>0,62</u> 2,21	<u>0,67</u> 1,88
HCP ₀₅	<u>0,03</u> 0,19	$F_{\text{факт.}} < F_{05}$ 0,35	$F_{\text{факт.}} < F_{05}$ 0,25	$F_{\text{факт.}} < F_{05}$ $F_{\text{факт.}} < F_{05}$

Примечание. В числителе – содержание элементов в зерне, в знаменателе – в соломе.

Величины содержания основных элементов питания (N, P, K) в зерне и соломе новых сортов сельскохозяйственных культур необходимы для поиска эффективных методов управления минеральным питанием растений в ресурсосберегающих технологиях, для управления количеством и качеством выращиваемой продукции, при проведении балансовых расчетов в системе «почва – растение – удобрение».

Потребление питательных веществ сортом ячменя ярового Саншайн

Исследования показали, что минеральные удобрения, способствуя увеличению урожайности ячменя и содержания элементов питания как в зерне, так и в соломе, оказывали существенное влияние на величину общего выноса питательных веществ урожаем (табл. 12).

Существенное воздействие на вынос питательных веществ урожаем оказывали также погодные условия и связанные с ними уровень продуктивности и химический состав растений. Вынос N ячменем в среднем по опыту варьировал по годам от 73,1 до 107,7 кг/га, P₂O₅ – от 47,2 до 54,8 кг/га, K₂O – от 64,5 до 91,2 кг/га.

Таблица 12

Вынос элементов питания сортом Саншайн, кг/га

Вариант опыта	Основная продукция (зерно)			Побочная продукция (солома)			Основная продукция с учетом побочной (зерно+ солома)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В среднем за 2015–2017 гг.									
1. Контроль (без удобрений)	35,1	21,4	13,8	11,2	8,9	25,7	46,3	30,4	39,5
2. N ₆₀ P ₆₀	60,9	36,1	22,7	17,0	12,6	44,7	77,9	48,8	67,4

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. N ₆₀ K ₆₀	66,6	35,0	24,5	15,7	11,3	49,4	82,3	46,3	73,9
4. P ₆₀ K ₆₀	57,5	33,2	21,9	14,2	11,3	40,4	71,7	44,5	62,3
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	62,9	35,9	24,3	14,8	11,7	45,6	77,7	47,6	69,9
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	70,4	39,7	27,4	15,7	11,2	55,1	86,1	50,9	82,5
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	81,9	44,6	30,5	18,8	13,3	64,0	100,7	57,9	94,5
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	89,9	44,6	31,9	24,3	14,5	79,6	114,2	59,1	111,5
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	74,7	41,0	28,6	19,2	13,3	62,0	93,9	54,3	90,6
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	72,2	41,7	28,7	17,9	13,1	57,4	90,0	54,8	86,1
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	76,6	42,3	28,5	18,2	13,3	59,7	94,8	55,6	88,1
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	69,3	38,1	25,1	18,4	13,0	54,9	87,7	51,1	80,0
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	73,9	40,7	27,3	17,5	11,4	53,5	91,4	52,1	80,8
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	85,2	45,5	31,4	20,1	12,3	66,9	105,3	57,8	98,3
Среднее	69,8	38,6	26,2	17,4	12,2	54,2	87,1	50,8	80,4

Увеличение общего выноса азота, фосфора и калия в вариантах с внесением удобрений происходило, главным образом, за счет повышения урожайности основной и побочной продукции и в меньшей степени – за счёт увеличения содержания элементов питания в растениях.

Максимальный вынос 1-й тонной основной продукции с учетом побочной был в 2016 г. и составил N – 21,4–25,7, P₂O₅ – 12,4–15,9, K₂O – 19,9–29,1 кг (табл. 13).

Вынос N 1-й т зерна с соответствующим количеством соломы составил у ячменя в среднем по опыту 19,9 кг (с колебаниями по годам от 14,8 до 22,7 кг), P₂O₅ – 11,8 кг (от 9,7 до 14,3 кг), K₂O – 18,5 кг (от 13,6 до 23,8 кг).

Средние показатели выноса элементов питания отличались от нормативных данных, особенно по фосфору (были больше на 1,8 кг), что необходимо учитывать при расчете доз удобрений в идентичных почвенно-климатических условиях.

Таблица 13

Вынос элементов питания 1-й тонной основной продукции с учетом побочной, кг

Вариант опыта	Основная продукция (зерно)			Побочная продукция (солома)			Основная продукция с учетом побочной (зерно + солома)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В среднем за 2015–2017 гг.									
1. Контроль (без удобрений)	15,5	9,4	6,2	6,1	5,2	14,2	20,4	13,6	17,5
2. N ₆₀ P ₆₀	15,7	9,2	5,9	5,7	4,3	14,7	20,3	12,7	17,7

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. N ₆₀ K ₆₀	16,5	8,7	6,1	5,3	3,8	16,8	20,4	11,5	18,5
4. P ₆₀ K ₆₀	15,6	9,0	6,1	5,3	4,4	15,8	19,4	12,3	17,6
5. P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	15,3	8,8	6,0	5,0	4,0	15,5	18,9	11,7	17,4
6. P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	15,5	8,6	6,0	4,8	3,5	16,1	19,0	11,3	18,3
7. P ₆₀ K ₆₀ + N ₉₀	16,1	8,7	6,0	5,2	3,8	17,4	19,8	11,6	18,9
8. P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₂₀	17,8	8,7	6,2	6,3	3,8	20,1	22,7	11,8	22,1
9. N ₆₀ K ₆₀ + P ₃₀	15,7	8,6	6,0	5,5	3,8	17,4	19,8	11,4	19,0
10. N ₆₀ K ₆₀ + P ₉₀	15,1	8,7	6,0	5,0	3,7	16,3	18,9	11,6	18,3
11. N ₆₀ K ₆₀ + P ₁₂₀	15,9	8,7	5,9	5,0	3,7	16,4	19,7	11,6	18,6
12. N ₆₀ P ₆₀ + K ₃₀	16,0	8,8	5,9	5,4	3,8	16,3	20,3	12,0	19,0
13. N ₆₀ P ₆₀ + K ₉₀	15,8	8,7	5,9	5,1	3,4	15,5	19,7	11,3	17,8
14. N ₆₀ P ₆₀ + K ₁₂₀	16,0	8,5	6,0	5,3	3,2	17,2	19,9	11,0	18,9
Среднее	15,9	8,8	6,0	5,4	3,9	16,4	19,9	11,8	18,5
Норматив	17,9	7,7	5,5	5,2	2,1	12,5	23,6	10,0	19,2

По результатам исследований разностным методом были рассчитаны коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений (табл. 14).

Таблица 14

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений, %

Дозы, кг/га	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за 2015–2017 гг.
Дозы N, кг/га	Азот			
30	1,7	42,7	16,0	20,1
60	8,8	18,3	44,7	23,9
90	27,6	19,0	50,0	32,2
120	25,9	30,3	50,0	35,4
Среднее	16,0	27,6	40,2	27,9
Дозы P ₂ O ₅ , кг/га	Фосфор			
30	19,7	21,0	39,3	26,7
60	11,2	-7,8	19,8	7,7
90	13,2	2,0	13,2	9,5
120	9,6	2,1	11,7	7,8
Среднее	13,4	4,3	21,0	12,9
Дозы K ₂ O, кг/га	Калий			
30	22,7	85	18,7	42,1
60	0,5	24,2	51,0	25,2
90	7,9	14,9	21,9	14,9
120	10,1	36,3	30,9	25,8
Среднее	10,3	40,1	30,6	27,0

Установлено, что в среднем яровым ячменем сорта Саншайн потребление азота из минеральных удобрений составляло 27,9, фосфора – 12,9, калия – 27,0%.

Результаты опыта с яровым ячменем свидетельствуют о высокой эффективности действия как азотных, так и калийных удобрений на чернозёме выщелоченном. Внесение минеральных удобрений обеспечивало не только рост урожайности, но и улучшало баланс NPK в агроценозе (табл. 15).

Таблица 15

Баланс NPK в опыте с яровым ячменём сорта Саншайн
(в среднем за 2015–2017 гг.)

Внесение			Вынос			Баланс ±			Возмещение выноса		
N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
кг/га			кг/га			кг/га			%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
–	–	–	46,3	30,4	39,5	-46,3	-30,4	-39,5	0	0	0
60	60	–	77,9	48,8	67,4	-17,9	+11,2	-67,4	77	123	0
60	–	60	82,3	46,3	73,9	-22,3	-46,3	-13,9	73	0	81
–	60	60	71,7	44,5	62,3	-71,7	+15,5	-2,3	0	135	96
30	60	60	77,7	47,6	69,9	-47,7	+12,4	-9,9	39	126	86
60	60	60	86,1	50,9	82,5	-26,1	+9,1	-22,5	70	118	73
90	60	60	100,7	57,9	94,5	-10,7	+2,1	-34,5	89	104	63
120	60	60	114,2	59,1	111,5	+5,8	+0,9	-51,5	105	102	54
60	30	60	93,9	54,3	90,6	-33,9	-24,3	-30,6	64	55	66
60	90	60	90,0	54,8	86,1	-30,0	+35,2	-26,1	67	164	70
60	120	60	94,8	55,6	88,1	-34,8	+64,4	-28,1	63	216	68
60	60	30	87,7	51,1	80,0	-27,7	+8,9	-50,0	68	117	38
60	60	90	91,4	52,1	80,8	-31,4	+7,9	+9,2	66	115	111
60	60	120	105,3	57,8	98,3	-45,3	+2,2	+21,7	57	104	122

При использовании под ячмень яровой минеральных удобрений формируется отрицательный баланс азота, за исключением N₁₂₀P₆₀K₆₀, где его баланс положительный (+5,8 кг/га); положительный баланс фосфора, кроме вариантов без применения удобрений (-30,4 кг/га), N₆₀K₆₀ (-46,3 кг/га) и N₆₀P₃₀K₆₀ (-24,3 кг/га); отрицательный баланс калия, за исключением N₆₀P₆₀K₉₀₋₁₂₀ (+9,2...21,7 кг/га).

Для того чтобы плодородие почв оставалось на достигнутом уровне, предпочтение следует отдать дозе N₆₀P₆₀K₆₀ при которой вынос азота будет возмещаться на 70%, фосфора – на 118% и калия – на 73%.

Сравнение эффективности применения минеральных удобрений на сортах ярового ячменя различных периодов селекции

В 70–х годах прошлого столетия государственной агрохимической службой в разных районах Тамбовской области по типовым стандартным схемам были заложены полевые опыты на выщелоченных чернозёмах для выявления влияния различных видов и доз минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя ярового районированных сортов Дворан и Вальтицки.

Сравнение урожайных данных, полученных в нашем опыте, с обобщёнными данными полевых опытов прошлого столетия показывает значительную продуктивность сорта Саншайн (табл. 2, 3, 16).

Таблица 16

Эффективность применения удобрений

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Окупаемость NPK, кг/кг
1	2	3	4
<i>Дворан (в среднем за 1976–1978 гг.)</i>			
1. Контроль	22,6	–	–
2. N ₉₀ P ₉₀ – фон	26,7	4,1	2,3
3. N ₉₀ K ₉₀ – фон	25,5	2,9	1,6
4. P ₉₀ K ₈₃ – фон	25,4	2,8	1,6
5. P ₉₀ K ₈₃ + N ₃₀	26,5	3,9	1,9
7. P ₉₀ K ₈₃ + N ₉₀	29,0	6,4	2,4
9. N ₉₀ K ₉₀ + P ₃₀	26,5	3,9	1,9
11. N ₉₀ K ₉₀ + P ₉₀	28,4	5,8	2,1
13. N ₉₀ P ₉₀ + K ₃₀	27,3	4,7	2,2
15. N ₉₀ P ₉₀ + K ₉₀	28,5	5,9	2,2
<i>Вальтицки (в среднем за 1974–1977 гг.)</i>			
1. Контроль	21,1	–	–
2. P ₆₅ K ₆₀ – фон	23,1	2,0	1,6
3. P ₆₅ K ₆₀ + N ₃₅	24,5	3,4	2,1
5. P ₆₅ K ₆₀ + N ₉₅	26,2	5,1	2,3
1. Контроль	20,8	–	–
2. N ₆₅ K ₆₀ – фон	22,5	1,7	1,4
3. N ₆₅ K ₆₀ + P ₃₅	23,3	2,5	1,6
5. N ₆₅ K ₆₀ + P ₈₀	26,7	5,9	2,9
1. Контроль	21,2	–	–
2. N ₆₅ P ₆₅ – фон	23,1	1,9	1,5
3. N ₆₅ P ₆₅ + K ₃₀	23,4	2,2	1,4
5. N ₆₅ P ₆₅ + K ₉₀	25,1	3,9	1,8

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Для обоснования целесообразности использования минеральных удобрений необходимы экономические расчёты, основывающиеся на действующих ценах на удобрения и сельскохозяйственную продукцию.

Оценку эффективности применения минеральных удобрений проводят по окупаемости затрат, связанных с их использованием. Эти затраты сравниваются со стоимостью прироста урожая. Расчёт производится по формуле:

$$Ч_{д} = С - Е,$$

где $Ч_{д}$ – условный чистый доход, руб.; $С$ – стоимость прибавки основной или основной и побочной продукции, полученной в результате применения удобрений, руб.; $Е$ – сумма издержек, связанных с применением удобрений, руб.

Издержки слагаются из стоимости удобрений, НДС, затрат на доставку со складов до полей, затрат на хранение и складскую переработку, на внесение удобрений, на уборку, доработку и перевозку дополнительного урожая.

Одним из показателей экономической эффективности применения средств химизации является окупаемость затрат, связанных с применением удобрений. Её определяют в расчете на 1 руб. по формуле:

$$О_{к} = С / Е,$$

где $О_{к}$ – окупаемость затрат на удобрение, руб.

Представленные в таблице 17 данные позволяют судить об экономической эффективности доз внесения минеральных удобрений.

Таблица 17

Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании
ярового ячменя сорта Саншайн в ООО «Рассказовское»
Рассказовского района Тамбовской области (в среднем за 2015–2017 гг.)

Доза удобрений	Урожай зерна	Прибавка урожая зерна	Стоимость прибавки урожая, полученной от применения удобрений	Издержки, связанные с использованием удобрений	Условно чистый доход	Окупаемость 1 руб. затраченного на удобрения
кг д. в./га	ц/га	ц/га	руб.	руб.	руб/га	руб.
Контроль	22,9	–	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀	39,6	16,8	15429	9805	5624	1,63
N ₆₀ K ₆₀	40,4	17,5	15827	9408	6419	1,72
P ₆₀ K ₆₀	36,9	14,0	12695	7296	5399	1,75
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	41,1	18,3	16566	10847	5719	1,55
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	46,7	23,9	21685	17432	4253	1,28
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	48,2	25,3	23032	16025	7007	1,48
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	43,4	20,5	18982	13332	5649	1,45

Окупаемость 1 рубля, затраченного на удобрения в 2015–2017 гг. варьировала в среднем от 1,28 до 1,75 рубля, а условно чистый доход колебался от 4253 до 7007 рублей. Экономически более выгодной является доза $N_{60}P_{30}K_{60}$, но при этом баланс фосфора становится отрицательным.

ВЫВОДЫ

1. На выщелоченном чернозёме Тамбовской области внесение возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений было высокоэффективным. В благоприятном 2017 г. от внесения N_{120} на фоне $P_{60}K_{60}$ была получена максимальная прибавка зерна в опыте – 44,5 ц/га. Несмотря на неблагоприятные погодные условия 2016 г. в среднем за три года наиболее высокая урожайность получена при внесении $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 51,8 ц/га, $N_{60}P_{30}K_{60}$ – 48,2 ц/га, $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 53,4 ц/га. Прибавка урожая от действия N – удобрений варьировала от 18,2 до 29,1 ц/га, P_2O_5 – от 25,3 до 25,8 ц/га, K_2O – от 20,5 до 30,5 ц/га.

2. Окупаемость фосфорных удобрений по мере роста доз снижалась, при внесении азотных и калийных удобрений она менялась незначительно.

3. Наиболее тесная связь между содержанием различных форм азота в почве и прибавкой урожая от азотных удобрений получена по содержанию минерального азота. Коэффициент корреляции по содержанию минерального азота составил 0,47, по содержанию азота нитратов 0,41.

4. Применение азотных удобрений способствовало увеличению содержания сырого белка в зерне ячменя. В среднем за три года содержание сырого белка возрастало с 10,8% в варианте без удобрений до 12,4% при внесении N_{120} на фоне $P_{60}K_{60}$.

5. С увеличением доз азотных удобрений возрастала концентрация азота в зерне и соломе, а также калия в соломе. При увеличении доз фосфорных и калийных удобрений содержание этих элементов в зерне менялось незначительно. В целом применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания азота в зерне и калия в соломе по сравнению с контролем и уменьшению концентрации фосфора как в зерне, так и в соломе.

6. Содержание крахмала под влиянием удобрений изменялось незначительно. В среднем по опыту за 2015–2017 гг. крахмалистость зерна ярового ячменя сорта Саншайн составила 61,9%.

7. Во всех вариантах внесённое минеральное удобрение способствовало увеличению массы 1000 зерен и природы зерна. В среднем за три года наибольшую массу 1000 зерен (49,7 г) яровой ячмень формировал при внесении $N_{60}P_{30}K_{60}$, натуру (679 г/л) от применения $N_{90}P_{60}K_{60}$.

8. При выращивании ярового ячменя сорта Саншайн на чернозёме выщелоченном со средней и повышенной обеспеченностью фосфором и калием вынос фосфора 1-й тонной основной продукции с учетом побочной оказался выше по сравнению с нормативом на 1,8 кг.

9. Сравнение опытных данных за 2015–2017 гг. с результатами полученными в 70–х годах прошлого столетия показывает, что эффективность ярового ячменя сорта Саншайн намного превышала сорта Дворан и Вальтицки. Окупаемость 1 кг NPK по сорту Саншайн составляла от 10,8 до 16,9 кг, по сорту Дворан от 1,6 до 2,5 кг, по сорту Вальтицки от 1,4 до 2,9 кг.

10. Окупаемость 1 рубля, затраченного на удобрения в 2015–2017 гг. варьировала в среднем от 1,28 до 1,75 рубля, а условно чистый доход колебался от 4253 до 7007 рублей. Экономически более выгодной является доза $N_{60}P_{30}K_{60}$, но при этом баланс фосфора становится отрицательным.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Проведённое исследование показывает, что наибольший эффект обеспечивает внесение полного минерального удобрения в соотношении N, P_2O и K_2O 1:0,5:1 при дозе азота 60 кг д. в./га.

2. В условиях Тамбовской области на чернозёме выщелоченном со средней и повышенной обеспеченностью фосфором и калием для производства зерна ячменя с содержанием белка не более 12% азот следует вносить в дозе не более N_{60} , для получения зерна с повышенной белковостью дозу азота следует увеличивать до N_{90-120} .

3. Для определения целесообразности внесения и установления доз азота следует руководствоваться результатами диагностического обследования почв весной перед внесением удобрений на содержание минерального азота в почве.

4. Для того чтобы плодородие почв оставалось на достигнутом уровне, предпочтение следует отдать дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Это позволит не допустить снижение содержания подвижного калия и будет способствовать постепенному увеличению степени обеспеченности почв подвижным фосфором. Особенно важно также и то, что применение в указанной дозе оправдано с экономической точки зрения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. Бабунов А.Б. Сравнение эффективности применения минеральных удобрений на сортах ярового ячменя различных периодов селекции / **А.Б. Бабунов** // Плодородие. – 2017. – №4. – С. 22–24.

2. Бабунов А.Б., Бадин А.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя Саншайн, а также вынос элементов питания / **А.Б. Бабунов**, А.Е. Бадин // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – №8. – С. 32–34.

DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10808

3. Бабунов А.Б., Семенова А.И. Эффективность применения минеральных удобрений под яровой ячмень в Тамбовской области / **А.Б. Бабунов**, А.И. Семенова // Плодородие. – 2018. – №4. – С. 29–32.
DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.10

В других изданиях

4. Бабунов А. Б. Динамика агрохимических показателей плодородия почв и их регулирование в условиях Тамбовской области / **А.Б. Бабунов** // Материалы Международной научной конференции «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах» 16–17 апреля 2018 г. / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 4–9.

5. Бабунов А.Б. Эффективность применения минеральных удобрений под новый сорт ярового ячменя в Тамбовской области / **А.Б. Бабунов** // Материалы 52–й Международной научной конференции молодых учёных, специалистов – агрохимиков и экологов, посвящённой 200–летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства» 24–25 октября 2018 г. / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 21–23.