

УДК 633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЗАНЯТОМУ ПАРУ

© 2022 Р.А. Хакимов

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.С. Немцева,
г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 15.09.2022

В 2017-2021 гг. в условиях Ульяновской области проводили исследования с целью изучения влияния различных доз и способов применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы Марафон при посеве по занятому пару с нормой высева 6 млн. шт./га. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: три фона применения сложных удобрений при посеве (фактор А) – 1. $N_0P_0K_0$, 2. $N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$, 3. $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$; шесть сроков азотной подкормки по вегетации культуры (фактор В) – 1. N_0 – контроль (без подкормки), 2. N_{34} – осенняя подкормка с Amazone, 3. N_{34} – весенняя подкормка сеялкой с сошниками при достижении почвенной спелости почвы, 4. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone, 5. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone в фазе кущения + N_{34} – в фазе трубкования, 6. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone в фазе кущения + N_{34} – в фазе трубкования + N_{15} в фазе колошения. На формирование урожайности высококачественного зерна основное влияние проявили сложные удобрения при посеве ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$ 36,0% и $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ 53,5%) и сроки проведения азотных подкормок по вегетации (36,0%). Наибольшая урожайность (3,92 т/га) зерна была получена при посеве озимой пшеницы с одновременным внесением в рядки $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ кг/га д.в. азофоски с последующей трехкратной подкормкой аммиачной селитрой, которая превысила контрольный вариант на – 1,64 т/га. Большие показатели биохимического потенциала озимой пшеницы обеспечил фон применения сложных удобрений при посеве в количестве $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ кг/га д.в. и проведение ранневесенней подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{34} кг/га д.в., где содержание клейковины (29,1%), протеина (12,9%), массы 1000 зерен (40,2 г) были самыми высокими. Экономически более эффективно оказалось применение однократной азотной подкормки по таломерзлой почве (уровень рентабельности 69,9% при себестоимости 5890 руб./т). Результаты проведенных исследований показали, что применение минеральных удобрений в разные фазы развития растений озимой пшеницы вносили большие вклады в получении зерна высокого качества.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сложные удобрения, дозы азотных подкормок, урожайность, клейковина, протеин, экономика.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-3-76-87

ВВЕДЕНИЕ

Основной зерновой культурой в России является озимая пшеница. По площадям, урожайности и значению в питании человека пшеница занимает ведущее место в мире [1]. В формировании урожая зерна хорошего качества большая роль принадлежит сортам, которые дают возможность возделывать пшеницу при разнообразных почвенных и погодных условиях. Но следует отметить, что при низком уровне технологии возделывания и засушливых метеорологических условиях продуктивность сортов озимой пшеницы резко снижается [2]. Поэтому при возделывании ее, необходимо обеспечить надежнее сочетание всех агротехнических приемов [3].

Хакимов Роберт Абзалетдинович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. E-mail: ulniish@mail.ru

Существенную роль в формировании урожая играет предшественник, т.к. именно от него зависит уровень влагообеспеченности почвы, качество обработки почвы, продуктивность и т.д. Для возделывания озимой пшеницы наиболее рациональным считается чистый пар [2,3]. Он дает возможность тщательно подготовить почву, снизить засоренность поля, сохранить влагу, и получить дружные всходы. Однако чистые пары имеют ряд немаловажных недостатков, это повышенная минерализация органического вещества почвы, разрушение структуры почвы частыми механическими обработками и увеличение эрозионных процессов.

По этой причине, товаропроизводители стараются возделывать озимые культуры по занятым парам, получая дополнительный урожай от возделывания парозанимающей культуры, ухудшая тем самым состояние посевов озимой пшеницы [4,5]. Однако по выходу зерновых единиц преимущество все же за звеном севооборо-

та занятый пар - озимая пшеница по сравнению со звеном чистый пар - озимая пшеница [6].

В структуре посевных площадей Ульяновской области озимая пшеница занимает 18-27%¹, 180-200 тыс. га (или 75-85 %) из которых возделывается по занятым парам [7]. В качестве парозанимающих культур возделываются горох и бобово-злаковые смеси. Зеленев А.В. и др. [8] отмечают, что зернобобовые культуры улучшают азотный и фосфорный режимы почвы. Болезни и вредители гороха не опасны для озимой пшеницы, то есть горох как предшественник является разъединяющей культурой в севообороте.

В своих исследованиях Тойгильдин А.Л. [6] отмечает, что при высокой окультуренности полей, улучшении пищевого режима почвы за счет внесения удобрений, интегрированной защите растений при достаточном уровне влагообеспеченности роль чистого пара снижается. В данном случае преимущество за севооборотами с занятым паром неопровержимо. Рациональное соотношение предшественников для озимой пшеницы чистый пар: занятый пар в местных условиях составляет 40:60 %.

Существенным вопросом при возделывании озимой пшеницы является рациональный подбор системы минерального питания растений, в зависимости от предшественника [9,10,11]. При изучении эффективности применения минеральных удобрений в Среднем Поволжье Захаров Н.Г., Хайртдинова Н.А. [12] отмечали, что условия минерального питания на 60% определяли качество клейковины в зерне озимой пшеницы. В наших предыдущих исследованиях [13] показана эффективность возделывания озимой пшеницы по чистому пару. В данной работе акцент сделан на возделывании культуры по занятому пару.

Таким образом, изучение вопроса эффективности парозанимающих культур в севооборотах с озимой пшеницей является своевременным и актуальным [14]. Также, очень важно подойти к возделыванию озимой пшеницы с точки зрения ее адаптивности, с учетом изменяющихся климатических условий [15].

Целью наших исследований являлся изучение эффективности различных доз минеральных удобрений в зависимости от сроков и способов применения на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании по занятому пару в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение эффективности доз минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы по занятому пару проводили в период

с 2017 по 2021 гг. на опытном поле Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН.

Изучение действия удобрений проводили в двухфакторном полевом опыте: I. сложные удобрения при посеве (фактор А) – 1. $N_0P_0K_0$, 2. $N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$, 3. $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$; II. азотная подкормка по вегетации (фактор В) – 1. N_0 – контроль (без подкормки), 2. N_{34} – осенняя подкормка Amazone, 3. N_{34} – весенняя подкормка сеялкой с сошниками при достижении почвенной спелости почвы, 4. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone, 5. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone в фазе кущения + N_{34} – в фазе трубкования, 6. N_{34} – ранневесенняя подкормка Amazone в фазе кущения + N_{34} – в фазе трубкования + N_{15} в фазе колошения.

Возделывание озимой пшеницы осуществляли по интенсивной технологии [5]. В качестве предшественника возделывали усатый сорт гороха Указ по адаптивной технологии, разработанной учеными Ульяновского НИИСХ [16]. Уборку гороха на зерно проводили в краткие сроки, что позволяло подготовить почву для посева изучаемой культуры. Подготовка почвы включала: двукратную обработку БДМ-3, предпосевную культивацию КПС-4, посев озимой пшеницы с одновременным внесением сложных удобрений в рядки проводили в первой декаде сентября сеялкой СЗТ-3,6 с нормой высева 6 млн. шт./га всхожих семян, одновременно с посевом вносили азофоску по схеме опыта, прикатывание кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А. Позднюю осеннюю и ранневесеннюю подкормки озимой пшеницы аммиачной селитрой в дозе 34 кг/га д.в. проводили по таломерзлой почве при температуре воздуха +3...+5°C, при наступлении физической спелости почвы осуществляли подкормку сеялкой. Для азотной подкормки применяли аммиачную селитру (34,4 % д.в.) и мочевины (46 % д.в.). В опытах проводили интегрированную борьбу с сорными растениями (баковой смесью Балерина, 0,5 л/га + Ластик 100, 0,6 л/га), болезнями (Колосаль Про, 0,4 л/га) и вредителями (Борей, 0,1 л/га). Размещение делянок – систематическое. Учетная площадь – 85 м² в 3х-кратной повторности. Учет урожая озимой пшеницы проводили однофазным способом Сампо-500 с дальнейшим переводом данных к базовым показателям (100 % чистоте и 14 % влажности). Сопутствующие учеты, наблюдения и химические анализы проводили по соответствующим методикам и ГОСТам.

Исследования проведены на черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинстом с высокими показателями плодородия: содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 6,4-6,5%, обменная кислотность – 6,3-6,5 (ГОСТ 26484-85), P_2O_5 – 185-215, K_2O – 80-85 мг на 1 кг почвы (ГОСТ 26204-91).

В полевых опытах изучали среднеранний сорт озимой пшеницы Марафон, разновидность

¹ По данным Федеральной службы государственной статистики за 2019 г. <http://uln.gks.ru/>

– лютеценс. Сорт создан ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калининко. Сорт высокопродуктивный, отзывчив на высокий агрофон, отличается устойчивостью к полеганию. Сорт имеет хорошие хлебопекарные качества, является ценным [17]. Относится к растениям полукарликового типа (высота 61-86 см). Сорт отличается повышенной засухоустойчивостью и зимостойкостью.

Агроклиматические условия в годы исследований для закладки опытов (2017-2021), были неудовлетворительными, кроме 2019 года (табл. 1).

Отсутствие осадков в период подготовки почвы (август - 22,2 мм при норме 59 мм) и сева озимых (сентябрь - 20 мм при норме 55 мм) при повышенной температуре воздуха (+2,2 °С и +2,1 °С соответственно) в 2017 году приводило к снижению запасов продуктивной влаги (7,6 мм) в почве (0-10 см), что сдерживало появление дружных всходов (табл. 2).

В октябре при обильных осадках (+29 мм) и теплой погоде (+1,0 °С) вегетационное развитие

проходило в оптимальных условиях. Незначительные колебания температуры воздуха в ноябре не сказались на закалке растений озимой пшеницы перед уходом в зиму.

Климатические условия в зимний период покоя озимых были удовлетворительными. При обильных осадках за декабрь-февраль (106,7 мм при норме 73 мм) и оптимальной температуре воздуха (-9,0 °С при норме -10,0 °С) растения находились в хорошем состоянии.

Первый месяц весны (март) проходил в условиях повышенной месячной нормы осадков (262%) и температуры воздуха (184%). Несмотря на обильные осадки в апреле (84,5 мм при норме 29 мм) при оптимальной температуре воздуха (5,6 °С) в конце первой декады снег полностью растаял. Отсутствие осадков (-54,5%) в мае при повышенной температуре воздуха (+2,1 °С) и сильном ветре привели к иссушению поверхности почвы, и негативному последствию растений озимой пшеницы. Отсутствие осадков так-

Таблица 1 – Температура воздуха и выпавшие осадки в годы проведения исследований

Месяц	Осадки, мм					Месяц	Температура, °С				
	норма	2017-2018 гг.	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.	2020-2021 гг.		норма	2017-2018 гг.	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.	2020-2021 гг.
Август	59	22,2	10,5	113,7	102,7	Август	17,1	19,3	20,4	17,4	17,9
Сентябрь	55	20	35,7	42,1	14,2	Сентябрь	11,7	13,8	21,5	11,9	14,3
Октябрь	39	68	45,7	72,2	25,8	Октябрь	4,1	5,1	7,6	9,6	7,5
сумма	153	110,2	91,9	228,0	142,7	средняя	11,0	12,7	16,5	13,0	13,2
Ноябрь	34	42,8	21,1	18,1	26,2	Ноябрь	-3,7	0	-2,7	-1,4	-1,6
Декабрь	27	52,8	60,6	33,8	27,4	Декабрь	-8,4	-4,4	-8,3	-3,9	-11,3
Январь	27	35	59,7	48,6	76,6	Январь	-10,8	-9,8	-10,9	-2,8	-10,2
Февраль	19	18,9	54	32,1	63,7	Февраль	-10,9	-12,9	-6,7	-3,1	-14,4
Март	17	44,6	66,7	35,1	14,5	Март	-4,9	-9	-0,8	3,6	-4,4
сумма	124	194,1	262,1	167,7	208,4	средняя	-7,7	-7,2	-5,9	-1,5	-8,4
Апрель	29	84,5	13,3	50,5	29,4	Апрель	5,8	5,6	6,7	7,1	7,6
Май	44	21,4	20	51,9	54,6	Май	13,5	15,6	17,4	13,9	18,9
Июнь	62	21,1	26,5	121,8	5,9	Июнь	18,2	17,5	19,8	17,9	22,5
Июль	58	55,5	60,1	10,6	66,8	Июль	19,5	22,9	19,4	22,5	22
сумма	193	182,5	119,9	234,8	156,7	средняя	14,3	15,4	15,8	15,4	17,8

Таблица 2 – Динамика запасов продуктивной влаги под озимой пшеницей, мм

Срок отбора образцов	Слой почвы, см	Год исследований			
		2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
При посеве	0...10	7,6	1,2	10,2	5,3
	0...30	24,7	1,8	34,3	17,7
	0...100	98,4	54,0	119,3	70,0
Фаза кущения (весной)	0...10	15,2	16,1	17,0	12,8
	0...30	50,7	52,2	55,3	40,8
	0...100	204,4	168,5	155,0	135,0
После уборки	0...10	4,6	8,7	13,5	4,5
	0...30	13,3	36,0	44,9	17,0
	0...100	43,3	112,0	98,3	38,8

же продолжалось и в начале лета (июнь – 34% от нормы), отмечалась снижение запасов продуктивной влаги в почве. В июле были оптимальные погодные условия для налива зерна озимой пшеницы. Сумма осадков за май-июль месяцы составила 98 мм (ГТК 0,6).

В 2018 году на протяжении двух месяцев (с 23.07 по 14.09) отсутствовали осадки, при температуре воздуха выше многолетних значений на 3,3-4,0°C запасы продуктивной влаги в слое залегания семян составили всего 1,2 мм (табл. 2). Выпавшие осадки во второй декаде сентября в количестве 35,7 мм при месячной норме 55 мм и в первой декаде октября (45,7 мм при месячной норме 39 мм) положительно повлияли на накопление влаги в почве. В октябре кущение растений наступило при достаточном количестве влаги (+6,7 мм) и температуре (+3,5 °C) воздуха. В ноябре закалка растений проходила при дефиците осадков (-12,9 мм) и мягкой погоде (-2,7°C при норме -3,7°C). В зимний период выпавшие осадки в количестве 238,8% от нормы и в оптимальные температурные условия (+3,0 °C) при высоте снежного покрова 65-70 см условия для зимовки озимой пшеницы были хорошими.

Начало весны (март) было теплее на +5,4 °C от нормы при обилие осадков (392,4%). Весна пришла на 8 дней раньше среднемноголетних значений, и в первой декаде апреля снег полностью растаял, возобновилась вегетация растений. Ранняя весна в апреле и частые колебания температуры воздуха в мае с сильными ветрами привели к иссушению верхнего слоя почвы и гибели растений. В период налива зерна (июнь) удерживалась жаркая (+34,2 °C) без осадков (46% от нормы) погода. В июле оптимальная погода содействовала ускоренному развитию растений озимой пшеницы. Сумма осадков за период вегетации (апрель-июль) составил 120 мм при норме 193. ГТК составил 0,6 [18].

В августе 2019 года выпавшие осадки в количестве 113,7 мм при норме 59 мм пополнили запасы продуктивной влаги (10,2 мм) в слое залегания семян (табл. 2). В первой половине сентября устанавливалась атмосферно-почвенная засуха, которая сдерживала рост и развитие изучаемой культуры. Во второй половине месяца прошли дожди в количестве 42,1 мм, которые улучшили условие для развития растений. В октябре доминировали теплая погода (7,6 °C при норме 4,1 °C) до 21,5 °C и обильные дожди (72,2 мм при норме 39 мм), которые способствовали к лучшей кустистости растений. Первые две декады ноября было тепло (до +13-17°C), вегетация озимой пшеницы продолжалась до наступления холодов в третьей декаде месяца.

Зима была аномально теплой и обилием выпавших осадков в виде дождя и снега. В декабре температура воздуха была выше на 4,5 °C, в

январе на 8,0°C, в феврале на 7,8°C. Количество осадков было выше на 125%, 180% и 169% соответственно. Высота снежного покрова составляла 25-30 см. При положительной температуре воздуха снег начинал таять и уплотняться. К концу зимы (в феврале) из-за оттепелей высота снежного покрова опускалась до 5-10 см, местами появились проталины и ледяная корка. Температура почвы на глубине узла кущения растений составляла -2-0 °C [19].

Весна также отличалась аномально теплой погодой и наличием осадков. В первой половине марта температура воздуха поднималась до 18 °C, при повышенной месячной норме осадков (206,5%) в виде дождя снег полностью растаял. Вегетация растений началась на три недели раньше среднемноголетних значений. Состояние озимой пшеницы оценивалось как хорошее. В апреле температура воздуха поднималась до 20 °C, что выше среднемноголетних значений на 1,3 °C. Теплая погода и проливные дожди (50,5 мм при норме 29 мм) приходящее на фазу кущения растений благоприятно повлияли на формирование продуктивности озимой пшеницы. В мае при оптимальной температуре воздуха и количестве осадков развитие растений проходило хорошо. Период образования зерна (июнь) проходил в оптимальных температурных (17,9 °C при норме 18,2 °C) и увлажненных (121,8 мм при норме 62 мм) условиях, полегание растений не наблюдалось. В течение всего июля доминировала жаркая (+3 °C выше нормы) без осадков (10,6 мм при норме 58 мм) погода, которая способствовала раннему созреванию зерна. Сумма осадков за май-июль составила 184,3 мм (ГТК 1,1).

Агроклиматические условия в период посева (3.09.2020) озимой пшеницы сложились чрезвычайно неблагоприятные. Аномально сухая (14,2 мм при норме 55 мм), жаркая (14,3°C при норме 11,7 °C) погода в сентябре и вплоть до 16 октября не превышало 18% месячной нормы. Период без продуктивных осадков продолжался два месяца (с 20.08 по 16.09). Запасы продуктивной влаги в слое залегания семян (0-10 см) составляли всего 5,3 мм, что приводило к высыханию высеянных семян и неравномерным всходам (табл. 2). Прошедшие дожди во второй половине октября в количестве 25,8 мм (норма 39 мм) и теплая погода 7,5°C (норма 4,1°C) положительно повлияли на развитие растений. В первой половине ноября днем температура прогревалась до 6-8 °C, вегетация озимых продолжалась. Во второй половине ноября похолодало, установился снежный покров (5-10 см) на полях. Температура на глубине узла кущения растений составляла минус 1,8-2,0 °C. Состояние озимых перед уходом в зиму было хорошее. С началом зимы морозы только усилились. В ночное время температура опускалась до -20-23 °C. Во второй

половине декабря морозы несколько ослабели и выпали осадки в виде снега высотой 20–25 см. В среднем за месяц сумма осадков была в норме 27,4 мм, при температуре воздуха ниже многолетних значений на -2,9 °С. Почва промерзла на глубину 50–55 см.

В январе наблюдались резкие колебания температуры воздуха и выпадение осадков. В первой декаде месяца под действием теплого атлантического циклона отмечались сильные снегопады (28,8 мм при норме 8 мм). Вторая декада января отмечалась прохладной погодой. Температура воздуха опускалась до -30–32 °С. В третьей декаде произошло резкое повышение температуры воздуха и уплотнение снежного покрова до 45 см. Промерзание почвы составило 60 см. В первой декаде февраля также было тепло, выпали осадки в виде дождя в количестве 26,9 мм (при норме 6,0 мм). За месяц количество выпавших осадков составило 63,7 мм при норме 19 мм. Температура воздуха была на -3,5 °С ниже нормы. Состояние озимой пшеницы характеризовалось как удовлетворительное, содержание сахара в узлах кущения растений находилось в пределах нормы (23,5 %). В марте среднесуточная температура воздуха (-4,4 °С) была на уровне среднесуточных значений (-4,9 °С), количество осадков составило 85 % от нормы. Высота снега колебалась в пределах от 35 до 45 см. Притертая ледяная корка, образовавшаяся на поверхности почвы представляла некоторую угрозу для растений. Температура почвы на глубине узла кущения составляла 0,3 °С. Благодаря теплой погоде (+6,8 °С выше нормы) в первые две декады апреля поля освободились от снега и озимые возобновили вегетацию. Этому способствовали выпавшие осадки (29,4 мм) в пределах нормы (29 мм). В мае также было тепло (+5,4 °С) и дождливо (+10,6 мм). Однако высокая температура (до 35 °С) во второй половине месяца содействовала быстрому испарению влаги и образованию почвенной корки. Сумма активных температур достигла 586 °С при норме 450 °С, сумма эффективных температур – 431 °С при норме 270 °С. Гидротермический режим за 1 декаду мая составил - 1,5, вторую - 0,0, третью - 1,5, при норме 1,0. Отмечались суховеи, атмосферная и почвенная засухи. Высокая температура сохранялась в течение большей части июня и июля. Сумма активных температур в июне составила 677 °С (норма 560 °С), в июле 684 °С (норма 620 °С). В первые две декады июня сохранялась теплая (1,7 и 3,7 °С выше нормы), а в третьей - жаркая (8 °С выше нормы) погода. Температура воздуха поднималась до 33,0–36,5 °С. Были превзойдены безусловные максимумы температуры воздуха. Отмечались частые суховейные явления, достигавшие меры опасного агрометеорологического явления. На фоне небольших

выпавших осадков (5,9 мм, при норме 62 мм) растения озимой пшеницы не смогли эффективно пройти фазу налива зерна, на некоторых полях встречались череззерница и повышенная щуплость зерна. В июле также доминировала жаркая погода (до 34,5 °С). Среднесуточная температура воздуха превышала норму на 6–10 °С, что приводило к ускоренному созреванию щуплого зерна озимой пшеницы в середине месяца. Сумма осадков за апрель-июль составила 156,7 мм при норме 193 мм (ГТК 0,7).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные нами исследования показали, что крайне неудовлетворительные условия по влагообеспеченности почвы складывались при закладке опытов в 2017, 2018 и 2020 годах, и лишь незначительные осадки выпавшие, после посевов несколько пополнили этот недостаток (табл. 2). В 2019 г. сложились удовлетворительные условия. В период весеннего возобновления вегетации растений запасы влаги в пахотном слое почвы (0–30 см) были оптимальными (40,8–55,3 мм). Наименьшие (40,8 мм) ее показатели были получены при возделывании озимой пшеницы в 2021 г.

Определение влаги после уборки озимой пшеницы показало, что наименьшее ее количество (13,3 мм) как в пахотном слое (0–30 см) почвы, так и в метровом (43,3 мм) отмечено в первый год проведения исследований (2017–2018 гг.). Этому предшествовало отсутствие осадков (40,2% от нормы) и высокая температура воздуха (+4,8 °С) с мая по июль месяцы. В остальные годы количество влаги было в пределах от 17,0 до 44,9 мм. Наименьшее количество содержалось в четвертый год (2020–2021 гг.) исследований из-за отсутствия осадков (9,5% от нормы) в июне.

Проведенные исследования показали, что в связи аномально сухой погодой в период сева (первая декада сентября) озимой пшеницы всходы появились только на 10–18 день.

При посеве озимой пшеницы в 2017, 2018 и в 2020 гг. с одновременным внесением сложных удобрений заметных отличий по полноте всходов между фонами не наблюдалось. Это было связано с недостаточной влагообеспеченностью почвы и слабой растворимостью рядковых удобрений. В 2019 году при оптимальных условиях развития растений проявилась тенденция увеличения показателя с ростом стартовых доз сложных удобрений. В среднем за годы исследований полнота всходов озимой пшеницы была невысокой и составляла 71,8–75,7% (табл. 3). Если оценивать полевую всхожесть по годам, то наибольшая полнота всходов (83,3%) была отмечена в 2017 году. Несколько ниже была получена в 2019 году (в среднем 74,6–79,5%) и 2020 году (71,5–73,0%),

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на полноту всходов и сохранность растений озимой пшеницы (2017-2021 гг.)

Доза сложных удобрений при посеве, кг/га д.в. (Фактор А)	Доза азотной подкормки по вегетации растений (Фактор В)	Годы исследований												среднее за 4 года	
		2017/18 гг.		2018/19 гг.		2019/20 гг.		2020/21 гг.		полнота всходов, %		Сохран- ность растений, %			
		полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %	полнота всходов, %	Сохран- ность растений, %
N ₀ P ₀ K ₀	1	80,9	59,7	62,3	28,2	73,2	42,3	70,6	43,8	71,8	43,1	47,0	71,8	43,1	
	2	81,9	62,7	64,5	29,2	74,2	45,5	69,8	48,4	72,6	45,7	47,3	72,6	45,7	
	3	80,8	60,8	66,5	27,6	72,7	49,8	72,3	50,1	73,1	47,0	49,0	73,1	47,0	
	4	82,1	63,6	71,3	28,7	76,0	48,4	71,5	51,4	75,2	47,3	49,0	75,2	47,3	
	5	80,0	61,7	67,4	30,9	74,8	51,6	72,8	53,0	73,8	49,0	49,0	73,8	49,0	
	6	78,9	63,1	69,0	30,4	76,8	51,2	71,8	54,8	74,1	49,0	49,0	74,1	49,0	
	среднее	80,8	61,9	66,8	29,2	74,6	48,1	71,5	50,3	73,4	46,8	46,8	73,4	46,8	
N _{32,5} P _{32,5} K _{32,5}	1	83,3	60,7	64,4	28,3	76,6	43,1	71,8	45,9	74,0	43,8	46,7	74,0	43,8	
	2	79,5	65,0	65,8	28,6	78,6	46,6	70,9	51,6	73,7	46,7	48,0	73,7	46,7	
	3	79,9	63,7	68,4	28,0	77,9	50,2	73,4	53,2	74,9	48,0	49,4	74,9	48,0	
	4	80,6	65,1	68,3	31,5	76,4	50,4	72,8	52,9	74,5	49,4	50,8	74,5	49,4	
	5	79,8	66,2	69,3	32,0	78,2	52,5	72,2	56,8	74,9	50,8	51,1	74,9	50,8	
	6	81,3	65,6	69,3	33,3	79,1	52,8	71,5	58,4	75,3	51,1	48,3	75,3	51,1	
	среднее	80,7	64,4	67,6	30,3	77,8	49,3	72,1	53,1	74,6	48,3	48,3	74,6	48,3	
N _{45,5} P _{45,5} K _{45,5}	1	78,7	63,7	65,9	29,3	79,2	44,4	72,6	48,5	74,1	45,5	47,7	74,1	45,5	
	2	81,2	65,6	68,2	29,5	80,2	47,8	73,2	52,4	75,7	47,7	50,5	75,7	47,7	
	3	78,8	68,3	67,6	32,2	78,9	50,7	71,8	55,7	74,3	50,5	50,8	74,3	50,5	
	4	79,8	68,9	67,9	32,0	78,7	51,2	74,3	54,2	75,2	50,8	52,5	75,2	50,8	
	5	77,7	69,2	68,3	34,8	78,9	52,9	73,2	57,1	74,5	52,5	52,5	74,5	52,5	
	6	77,3	68,4	70,6	35,4	80,8	53,0	72,9	58,7	75,4	52,5	49,9	75,4	52,5	
	среднее	78,9	67,4	68,1	32,2	79,5	50,0	73,0	54,4	74,9	49,9	49,9	74,9	49,9	

*примечание: доза азотной подкормки по вегетации растений: 1. N₀ (контроль), 2. N₃₄ поздней осенью, 3. N₃₄ весной с сеялкой, 4. N₃₄ весной по таломерзлой почве, 5. N₃₄ весной по таломерзлой почве + N₃₄ в фазу начала трубкования, 6. N₃₄ весной по таломерзлой почве + N₃₄ в фазу начала трубкования + N₁₅ подкормка мочевиной в колошение

самая наименьшая - в 2018 году (66,8-68,1%).

Количество сохранившихся растений к уборке также зависело от условий вегетационного периода года, а также доз и сроков применения минеральных удобрений. Во все годы проведения исследований наименьшее количество растений к уборке сохранилось на контроле (43,1%). На фоне внесения стартовых доз сложных удобрений при посеве отмечена тенденция к увеличению сохранности растений пропорционально повышению дозы сложных удобрений (на фоне NPK 32,5 кг/га д.в. – 43,8%, на фоне NPK 45,5 кг/га д.в. – 45,5%). Существенные изменения произошли также в зависимости от срока и кратности применения азотных подкормок по вегетации.

На контрольном фоне (N₀P₀K₀) сохранность по срокам подкормок возрастала на 3-5%, на фоне NPK 32,5 кг/га д.в. – на 2,9-7,3%, на фоне NPK 45,5 кг/га д.в. – на 2,2-7,0% по отношению к соответствующему фону без удобрений. Следовательно, улучшение питания растений мине-

ральными удобрениями приводило к повышению сохранности озимой пшеницы.

Продуктивность растений оценивается как интегральный показатель, отражающий совокупность и эффективность применения тех или иных элементов агротехнологии, и находится в прямой зависимости от количественного выражения каждого элемента ее структуры.

Метеорологические условия в годы проведения исследований сильно повлияли на действие предшественников и применение азотной подкормки по вегетации на формирование урожайности зерна озимой пшеницы. Наиболее благоприятные погодные условия для получения высокой урожайности зерна (3,63-6,21 т/га) складывались в период вегетации 2019-2020 гг. Минимальная урожайность отмечена в период вегетации 2018-2019 гг. - 1,09-1,58 т/га (табл. 4).

В среднем за четыре года исследований наименьшая урожайность зерна (2,28 т/га) озимой пшеницы была получена на контрольном вари-

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы (2018-2021 гг.)

Фон удобрений		Урожайность зерна, т/га						
Доза сложных удобрений при посеве, кг/га д.в. (Фактор А)	Доза азотной подкормки по вегетации растений (Фактор В)	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	прибавка к абсолютному контролю	
							т/га	%
N ₀ P ₀ K ₀	1	2,79	1,09	3,63	1,62	2,28	-	-
	2	3,01	1,26	4,38	1,80	2,61	+0,33	14,5
	3	3,14	1,31	5,18	1,75	2,85	+0,57	25,0
	4	3,31	1,49	5,22	1,88	2,98	+0,70	30,7
	5	3,22	1,51	5,68	1,98	3,10	+0,82	36,0
	6	3,35	1,58	6,21	2,02	3,29	+1,01	44,3
	среднее	3,14	1,37	5,05	1,84	2,85	+0,57	25,0
N _{32,5} P _{32,5} K _{32,5}	1	2,92	1,18	4,48	1,73	2,58	+0,30	13,2
	2	3,15	1,31	4,87	1,96	2,82	+0,54	23,7
	3	3,21	1,41	5,62	1,93	3,04	+0,76	33,3
	4	3,41	1,62	5,81	2,04	3,22	+0,94	41,2
	5	3,32	1,66	6,24	2,16	3,35	+1,07	46,9
	6	3,52	1,77	6,88	2,20	3,59	+1,31	57,5
	среднее	3,26	1,49	5,65	2,00	3,10	+0,82	36,0
N _{45,5} P _{45,5} K _{45,5}	1	3,50	1,30	5,49	2,02	3,08	+0,80	35,1
	2	3,64	1,41	6,17	2,18	3,35	+1,07	46,9
	3	3,63	1,81	6,37	2,13	3,49	+1,21	53,1
	4	3,47	1,70	6,39	2,35	3,48	+1,20	52,6
	5	3,62	2,12	6,67	2,46	3,72	+1,44	63,2
	6	3,75	2,34	7,06	2,51	3,92	+1,64	71,9
	среднее	3,60	1,78	6,36	2,28	3,50	+1,23	53,5
НСР05	Варианты	0,330	0,181	0,335	0,096	0,236		
	Фактор А	0,135	0,074	0,137	0,039	0,096		
	Фактор В	0,191	0,105	0,193	0,056	0,136		
	Взаимосвязь АВ	0,330	0,181	0,335	0,096	0,236		
Точность опыта, %		3,47	4,10	2,06	1,65	2,82		

анте. Применение стартовых доз ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$ и $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$) сложных удобрений при посеве привело к увеличению урожайности на 0,57 (на 25,0%) и 0,80 т/га (на 35,1%).

Подкормка растений азотными удобрениями по вегетации озимой пшеницы без стартовых доз сложных удобрений также показала свою положительную эффективность (2,61-3,29 т/га) относительно контрольного варианта (2,28 т/га). Менее эффективным оказалось внесение аммиачной селитры осенью (2,85 т/га), далее эффективность азотной подкормки представлена по возрастающей урожайности - весной N_{34} однократно (2,98 т/га), весной $N_{34}+N_{34}$ двукратно (3,10 т/га) и дробно по вегетации $N_{34}+N_{34}+N_{15}$ (3,29 т/га).

Следует отметить, что применение сложных удобрений при посеве $N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$ и $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ и подкормка растений по вегетации показали свою эффективность, где прибавка урожайности по отношению к абсолютному контролю в среднем по фонам составила 36,0%, 53,5% и 25,0%.

Структурный анализ растений также подтвердил эффективность высоких доз минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы на зерно. Этот фон способствовал сохранению наибольшего количества продуктивных стеблей (250,3-287,1 шт./м²), при высоте растений 63,0-66,5 см (табл. 5).

Наименьшее количество продуктивных стеблей озимой пшеницы сформировалось на контрольном фоне (203,3-249,3 шт./м²). Применение стартовых доз сложных удобрений ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$, $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$) при посеве способствовало повышению числа продуктивных стеблей на 19,3-47,0 шт./м² (9,5-23,1%).

Результаты наших исследований показали, что наименьшее количество зерна в одном колосе (30,8 шт.) и его масса (1,16 г) сформировались на контрольном варианте. Применение сложных удобрений ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$, $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$) при посеве приводило к увеличению их количества (31,4-32,2 шт.) и массы (1,20-1,24 г.) на 2,0-4,6% и 3,5-6,9% соответственно. Подкормка растений по вегетации также приводила к увеличению количества и массы зерна в одном колосе. На контрольном фоне ($N_0P_0K_0$) количество и масса зерна составили 32,0-34,3 шт. и 1,22-1,36 г соответственно. На фоне стартовых доз сложных удобрений количество и масса зерна в колосе увеличивались с увеличением дозы удобрений ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$ - 32,5-34,5 шт. и 1,26-1,39 г; $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ - 32,3-35,0 шт. и 1,27-1,41 г соответственно). Среди изучаемых азотных подкормок по массе зерен с 1 колоса выделились следующие варианты: осенняя N_{34} - 1,22-1,27 г, весенняя селялкой N_{34} - 1,24-1,33 г, весенняя «Amazonе» N_{34} - 1,29-1,35 г, дробная «Amazonе» в фазу кущения

Таблица 5 – Влияние минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы

Фоны удобрений	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерна в 1 колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Натура, г/л	Выравненность, % (сход с сито 2,5 мм)
$N_0P_0K_0$ (контроль)							
1	203,3	30,8	1,16	37,7	58,0	761,4	65,3
2	219,5	32,0	1,22	38,2	61,6	762,2	67,0
3	235,0	32,1	1,24	38,8	62,6	762,6	67,9
4	239,6	33,2	1,29	38,9	62,8	762,5	68,4
5	244,3	33,4	1,31	39,2	64,0	767,3	68,8
6	249,3	34,3	1,36	39,7	64,1	766,8	69,8
$N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$ (при посеве)							
1	222,6	31,4	1,20	38,3	61,5	764,0	66,7
2	231,4	32,5	1,26	38,8	64,8	764,8	68,0
3	243,4	33,3	1,31	39,4	64,9	765,1	69,5
4	253,9	33,4	1,32	39,6	65,2	766,1	70,6
5	257,6	34,0	1,36	40,0	65,7	770,0	71,0
6	265,1	34,5	1,39	40,4	66,0	771,2	71,8
$N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$ (при посеве)							
1	250,3	32,2	1,24	38,6	63,0	765,1	67,4
2	271,6	32,3	1,27	39,2	65,1	767,5	68,3
3	270,9	33,5	1,33	39,7	65,6	767,5	70,2
4	268,9	34,0	1,35	39,8	66,1	772,1	70,7
5	281,4	34,6	1,39	40,0	66,1	772,8	71,9
6	287,1	35,0	1,41	40,2	66,5	773,0	72,1

N_{34} , и в фазу трубкавания $N_{34} - 1,31-1,39$ г и дробная «Amazone» $N_{34} + N_{34} + N_{15} - 1,36-1,41$ г. Припосевное внесение стартовых доз ($N_{32,5} P_{32,5} K_{32,5}$ и $N_{45,5} P_{45,5} K_{45,5}$) сложных удобрений, а также некорневая подкормка растений в разные этапы развития озимой пшеницы способствовали увеличению массы 1000 зерен (40,2-40,4 г) на 2,5-2,7 г по сравнению с абсолютным контролем (37,7 г).

При возделывании озимой пшеницы на удобренных фонах ($N_{32,5} P_{32,5} K_{32,5}$ и $N_{45,5} P_{45,5} K_{45,5}$ кг/га д.в.) выравненность (66,7-72,1%) зерна была несколько выше, чем на контрольном фоне (65,3-69,8%). Причем, она увеличивалась при внесении сложных удобрений при посеве в количестве 45,5 кг/га д.в., и при повышении доз подкормок, где наиболее выполненное зерно обеспечил шестой фон (72,1 %). На этом же фоне также отмечены максимальные показатели натуры зерна (773,0 г/л), что на 11,6 г/л выше сравнительно варианта без подкормки (761,4 г/л).

Содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы выступают наиболее значимыми признаками, лимитирующими качество зерна. Именно от них зависит качество и питательная ценность конечной продукции [20].

По результатам наших исследований наибольшее содержание клейковины (29,1 %) и протеина (12,9 %) образовалось в зерне озимой пшеницы при посеве с одновременным внесением в рядки сложных удобрений в количестве $N_{45,5} P_{45,5} K_{45,5}$ кг/га д.в. и последующей подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{34} кг/га д.в. Однако увеличение кратности применения подкормок по вегетации растений не способствовало повышению его качества (табл. 6).

В целом по опыту сформировалось зерно высокого качества (содержание сырой клейковины варьировало в пределах 26,0-29,1%, содержание сырого протеина – 11,9-12,9%).

Расчеты экономической эффективности показали, что наибольший условно-чистый доход (12783 руб./га) и высокая рентабельность производства (63,5%) зерна были получены

при посеве озимой пшеницы без применения рядковых удобрений на фоне дробных подкормок азотными удобрениями (N_{83} кг/га д.в.) в разные этапы развития растений (табл. 7). Себестоимость 1 т зерна при урожайности 3,29 т/га составила 6110 руб. Наибольшая рентабельность (69,9%) производства зерна была получена при однократной весенней подкормке растений аммиачной селитрой (N_{34} кг/га д.в.) с разбрасывателем Amazone. При такой подкормке, на всех фонах применения сложных удобрений рентабельность зерна была выше, а себестоимость ниже других изучаемых вариантов в опыте.

Производственные затраты при возделывании озимой пшеницы возрастали прямо пропорционально насыщенности технологии минеральными удобрениями.

На варианте с внесением в рядки NPK 45,5 кг/га д.в. и трехкратной азотной подкормкой в течение вегетации отмечены наибольшие производственные затраты (26643 руб./га). При этом данный вариант обеспечивал наибольшую урожайность зерна (3,92 т/га) и, несмотря на высокий уровень производственных затрат, обеспечивал высокий условно-чистый доход (12557 руб./га) с рентабельностью 47,1%.

Наименьшие производственные затраты (15419-20117 руб./га), себестоимость зерна (5890-6760 руб./т) и более высокий уровень рентабельности (47,9-69,9%) отмечены на вариантах без применения припосевных удобрений.

По себестоимости 1 т и уровню рентабельности проведение азотной подкормки в осенний период было равнозначно неудобренному варианту. Наиболее эффективно было применение однократной азотной подкормки по таломерзлой почве (уровень рентабельности 69,9 % при себестоимости 1 т зерна 5890 руб.). Проведение второй подкормки в фазу трубкавания приводило к дополнительным затратам и несколько снижало показатели экономической эффективности (60,0 % и 6250 руб./т соответственно). Припосевное

Таблица 6 – Качественные показатели зерна в зависимости от действия минеральных удобрений (в среднем за 2018-2021 гг.)

Фоны удобрений	Содержание, %					
	клейковины			протеина		
	NPK 0 (контроль)	NPK 32,5 (при посеве)	NPK 45,5 (при посеве)	NPK 0 (контроль)	NPK 32,5 (при посеве)	NPK 45,5 (при посеве)
1	26,0	27,3	27,6	11,9	12,3	12,4
2	26,6	28,1	28,5	12,1	12,5	12,6
3	27,1	27,7	28,9	12,3	12,4	12,7
4	27,5	27,9	29,1	12,3	12,4	12,9
5	27,1	27,6	28,8	12,3	12,4	12,8
6	26,9	27,4	28,8	12,2	12,4	12,9

Таблица 7. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от способов и сроков применения минеральных удобрений (2018-2021 гг.)

Фоны удобрений	Урожай т/га	Производственные затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Фон: NPK 0 кг/га д.в. при посеве						
1	2,28	15419	22800	7381	6760	47,9
2	2,61	17352	26100	8748	6650	50,4
3	2,85	18065	28500	10435	6340	57,8
4	2,98	17538	29800	12262	5890	69,9
5	3,10	19370	31000	11630	6250	60,0
6	3,29	20117	32900	12783	6110	63,5
Фон: NPK 32,5 кг/га д.в. при посеве						
1	2,58	19954	25800	5846	7730	29,3
2	2,82	21834	28200	6366	7740	29,2
3	3,04	22536	30400	7864	7410	34,9
4	3,22	22037	32200	10163	6840	46,1
5	3,35	23869	33500	9631	7130	40,3
6	3,59	24648	35900	11252	6870	45,7
Фон: NPK 45,5 кг/га д.в. при посеве						
1	3,08	22050	30800	8750	7160	39,7
2	3,35	23955	33500	9545	7150	39,8
3	3,49	24616	34900	10284	7050	41,8
4	3,48	23988	34800	10812	6890	45,1
5	3,72	25896	37200	11304	6960	43,7
6	3,92	26643	39200	12557	6800	47,1

внесение сложных удобрений ($N_{32,5}P_{32,5}K_{32,5}$, $N_{45,5}P_{45,5}K_{45,5}$) приводило к увеличению производственных затрат и снижению рентабельности производства зерна.

ВЫВОДЫ

Агроклиматические показатели вегетационного периода оказывали определяющее значение на эффективность минеральных удобрений, и как следствие, урожайность озимой пшеницы. Дифференцированное применение минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы, включающее посев с одновременным внесением в рядки сложных удобрений и дробную подкормку растений азотными удобрениями способствовало наибольшему выходу качественной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков, Г.И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье / Г.И. Казаков, В.А. Корчагин // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 26-28.
2. Зеленов, А.В. Агроэкономическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных черноземах Волгоградской области / А. В. Зеленов, Е. П. Сухарева, А. В. Беликина // Известия Нижневолжского агроунивер-

ситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3(63). – С. 77-88. – DOI 10.32786/2071-9485-2021-03-07. – EDN UIJVIY.

3. Спиридонов, Ю.Я. Оптимизированная технология производства озимой пшеницы в Цен-тральном Нечерноземье РФ / Ю.Я. Спиридонов, М.С. Соколов, Г.С. Босак // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 6. – С. 27-30.
4. Потушанский, В.А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / В.А. Потушанский, И.Ф. Ти-мергалиев, С.Н. Немцев. – Ульяновск, 2003. – 86 с.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области. – Ульяновск: ООО Колор-Принт, 2013. – 354 с.
6. Тойгильдин, А.Л. Оптимизация подбора предшественников озимой пшеницы в севооборотах лесостепи Поволжья / А.Л. Тойгильдин, М.И. Подсевалов, И.А. Тойгильдина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2(34). – С. 49-56. – DOI: 10.18286/1816-4501-2016-2-49-56
7. Севообороты Среднего Поволжья // URL: <http://racechono.ru/biologizaciya-zemledeliya/4820-sevooboroty-srednego-povolzhya.html> (дата обращения 10.07.2022).
8. Зеленов, А.В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественников на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / А.В. Зеленов, Е.В. Семинченко // Научно-агрономический журнал. – 2017. – № 1(100). – С. 24-27.

9. Сабитов, М.М. Совершенствование элементов технологии возделывания озимой пшеницы / М.М. Сабитов, А.И. Захаров // Земледелие. – 2002. – № 4. – С. 11-14.
10. Никитин, С.Н. Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота при использовании удобрений / С.Н. Никитин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 10. – С. 13-15.
11. Куликова, А.Х. Влияние удобрений на содержание и баланс гумуса в черноземе выщело-ченном при возделывании культур в зернопаровом севообороте / А.Х. Куликова, С.Н. Никитин, Г.В. Сайдышева // Агрохимия. – 2017. – № 12. – С. 7-15 – DOI: 10.7868/S000218811712002X.
12. Захаров, Н.Г. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / Н.Г. Захаров, Н.А. Хайрtdинова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3 (51). – С. 41-46. – DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-41-46.
13. Хакимов, Р.А. Влияние доз и сроков применения минеральных удобрений на формирование урожайности озимой пшеницы / Р.А. Хакимов, С.А. Никифорова, Н.В. Хакимова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2(50). – С. 82-90. – DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-82-90.
14. Аюпов, Д.Э. Адаптивные приемы технологии озимой пшеницы при биологизации севооборотов лесостепи Заволжья: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Д.Э. Аюпов. – Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань, 2017. – 180 с.
15. Шарипова, Р.Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Р.Б. Шарипова. – Ульяновск: УлГТУ, 2020. – 138 с.
16. Хакимов, Р.А. Агротехнические элементы возделывания сорта гороха Указ в условиях лесостепи Поволжья / Р.А. Хакимов, М.С. Шакирзянова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4(40). – С. 64-69. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-64-69.
17. Самофалова, Н.Е. Сорта и гибриды ФГБНУ «АНЦДонской» / Н.Е. Самофалова и др. – Воронеж: 2017. – 128 с.
18. Немцев, С.Н. Агротехнологические условия развития и причины гибели озимых посевов в период активной фазы потепления / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4(48). – С. 35-43. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-35-43.
19. Шарипова, Р.Б. Влияние предшественников и сроков посева на перезимовку и урожайность озимой пшеницы в изменяющихся условиях регионального климата / Р.Б. Шарипова, Р.А. Хакимов, Н.В. Хакимова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 2 (58). – С. 66-71. – DOI: 10.12737/2073-0462-2020-66-71
20. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat / S. Simsek, J. Ohm, H. Lu, et al. // J. Sci. Food Agric. – 2014. – Vol. 94. – P. 205–212.

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT DOSES AND WAYS OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN BY FALLOW

© 2022 R.A. Khakimov

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute named after N.S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia

In 2017-2021 in the conditions of the Ulyanovsk region, studies were carried out to study the effect of various doses and methods of applying mineral fertilizers on the yield and grain quality of Marathon winter wheat when sown on an occupied fallow with a seeding rate of 6 million pieces/ha. The scheme of the experiment included the study of the following options: three backgrounds for the use of complex fertilizers during sowing (factor A) - 1. $N_0P_0K_0$, 2. $N_{32.5}P_{32.5}K_{32.5}$, 3. $N_{45.5}P_{45.5}K_{45.5}$; six periods of nitrogen fertilization during crop vegetation (factor B) - 1. N_0 - control (without fertilizing), 2. N_{34} - autumn fertilizing with Amazone, 3. N_{34} - spring fertilizing with a seeder with coulters when soil maturity is reached, 4. N_{34} - early spring top dressing Amazone, 5. N_{34} - early spring top dressing Amazone in the feeding phase + N_{34} - in the bobbing phase, 6. N_{34} - early spring top dressing Amazone in the feeding phase + N_{34} - in the bobbing phase + N_{15} in the heading phase. The formation of the yield of high-quality grain was mainly influenced by complex fertilizers during sowing ($N_{32.5}P_{32.5}K_{32.5}$ 36.0% and $N_{45.5}P_{45.5}K_{45.5}$ 53.5%) and the timing of nitrogen fertilizing during the growing season (36.0%). The highest yield (3.92 t/ha) of grain was obtained when sowing winter wheat with the simultaneous application of $N_{45.5}P_{45.5}K_{45.5}$ kg/ha of a.i. azophoska followed by triple top dressing with ammonium nitrate, which exceeded the control variant by 1.64 t/ha. Large indicators of the biochemical potential of winter wheat were provided by the background of the use of complex fertilizers when sown in the amount of $N_{45.5}P_{45.5}K_{45.5}$ kg/ha a.i. and carrying out early spring feeding with ammonium nitrate at a dose of N_{34} kg/ha a.i., where the content of gluten (29.1%), protein (12.9%), weight of 1000 grains (40.2 g) were the highest. The use of a single nitrogen fertilization on thalofrost soil turned out to be more economically efficient (profitability level 69.9% at a cost of 5890 rubles/ton). The results of the research showed that the use of mineral fertilizers in different phases of development of winter wheat plants made great contributions to obtaining high quality grain.

Key words: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), complex fertilizers, doses of nitrogen supplements, yield, gluten, protein, economics.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-3-76-87

REFERENCES

1. *Kazakov, G.I.* Pochvozashchitnaya obrabotka pochvy v Srednem Povolzh'e / G.I. Kazakov, V.A. Korzhagin // *Zemledelie*. – 2009. – № 1. – S. 26-28.
2. *Zelenev, A.V.* Agroekonomicheskaya ocenka produktivnosti sortov pshenicy ozimoy na yuzhnyh chernozemah Volgogradskoj oblasti / A.V. Zelenev, E.P. Suhareva, A.V. Belikina // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2021. – № 3(63). – S. 77-88. – DOI 10.32786/2071-9485-2021-03-07. – EDN UIJVYI.
3. *Spiridonov, Yu.Ya.* Optimizirovannaya tekhnologiya proizvodstva ozimoy pshenicy v Central'nom Nechernozem'e RF / Yu.Ya. Spiridonov, M.S. Sokolov, G.S. Bosak // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2017. – T. 31. – № 6. – S. 27-30.
4. *Potushanskij, V.A.* Ozimaya pshenica v lesostepi Povolzh'ya / V.A. Potushanskij, I.F. Timergaliev, S.N. Nemcev. – Ul'yanovsk, 2003. – 86 s.
5. *Adaptivno-landshaftnaya sistema zemledeliya Ul'yanovskoj oblasti*. – Ul'yanovsk: OOO Kolor-Print, 2013. – 354 s.
6. *Tojgil'din, A.L.* Optimizatsiya podbora predshestvennikov ozimoy pshenicy v sevooborotah lesostepi Povolzh'ya / A.L. Tojgil'din, M.I. Podsevalov, I.A. Tojgil'dina // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2016. – № 2(34). – S. 49-56. – DOI: 10.18286/1816-4501-2016-2-49-56
7. *Sevooboroty Srednego Povolzh'ya* // URL: <http://racechrono.ru/biologizatsiya-zemledeliya/4820-sevooboroty-srednego-povolzhya.html> (data obrashcheniya 10.07.2022).
8. *Zelenev, A.V.* Produktivnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predshestvennikov na svetlo-kashtanovyh pochvah Nizhnego Povolzh'ya / A.V. Zelenev, E.V. Seminchenko // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. – 2017. – № 1(100). – S. 24-27.
9. *Sabitov, M.M.* Sovershenstvovanie elementov tekhnologii vzdelyvaniya ozimoy pshenicy / M.M. Sabitov, A.I. Zaharov // *Zemledelie*. – 2002. – № 4. – S. 11-14.
10. *Nikitin, S.N.* Izmenenie soderzhaniya gumusa v pochve za rotatsiyu sevooborota pri is-pol'zovanii udobrenij / S.N. Nikitin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2015. – T. 29. – № 10. – S. 13-15.
11. *Kulikova, A.H.* Vliyanie udobrenij na soderzhanie i balans gumusa v chernozeme vyshchelo-chennom pri vzdelyvanii kul'tur v zernoparovom sevooborote / A.H. Kulikova, S.N. Nikitin, G.V. Sajdyasheva // *Agrohimiya*. – 2017. – № 12. – S. 7-15 – DOI: 10.7868/S000218811712002X.
12. *Zaharov, N.G.* Formirovanie urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy v usloviyah Srednego Povolzh'ya / N.G. Zaharov, N.A. Hajrtidinova // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – № 3 (51). – S. 41-46. – DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-41-46.
13. *Hakimov, R.A.* Vliyanie doz i srokov primeneniya mineral'nyh udobrenij na formirovanie urozhajnosti ozimoy pshenicy / R.A. Hakimov, S.A. Nikiforova, N.V. Hakimova // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – № 2(50). – S. 82-90. – DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-82-90.
14. *Ayupov, D.E.* Adaptivnye priemy tekhnologii ozimoy pshenicy pri biologizatsii sevooborotov lesostepi Zavolzhy'a: diss. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.01 / D.E. Ayupov. – Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva. – Ryazan', 2017. – 180 s.
15. *Sharipova, R.B.* Tendentsii izmeneniya klimata i agroklimaticheskikh resursov Ul'yanovskoj oblasti i ih vliyanie na urozhajnost' zernovykh kul'tur / R.B. Sharipova. – Ul'yanovsk: UIGTU, 2020. – 138 s.
16. *Hakimov, R.A.* Agrotekhnicheskie elementy vzdelyvaniya sorta goroha Ukaz v usloviyah lesostepi Povolzh'ya / R.A. Hakimov, M.S. SHakirzyanova // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2017. – № 4(40). – S. 64-69. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-64-69.
17. *Samofalova, N.E.* Sorta i gibridy FGBNU «ANC Donskoj» / N.E. Samofalova i dr. – Voronezh: 2017. – 128 s.
18. *Nemcev, S.N.* Agrometeorologicheskie usloviya razvitiya i prichiny gibeli ozimyh posevov v period aktivnoj fazy potepleniya / S.N. Nemcev, R.B. Sharipova // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2019. – № 4(48). – S. 35-43. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-35-43.
19. *Sharipova, R.B.* Vliyanie predshestvennikov i srokov poseva na perezimovku i urozhajnost' ozimoy pshenicy v izmenyayushchih usloviyah regional'nogo klimata / R.B. Sharipova, R.A. Hakimov, N.V. Hakimova // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universi-teta*. – 2020. – T. 15. – № 2 (58). – S. 66-71. – DOI: 10.12737/2073-0462-2020-66-71
20. *Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat* / S. Simsek, J. Ohm, H. Lu, et al. // *J. Sci. Food Agric*. – 2014. – Vol. 94. – P. 205–212.