

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ПОДКОРМКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗНЫЕ СРОКИ ЕЕ ВЕГЕТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

**Хакимов Роберт Абзалетдинович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур

**Хакимова Наталья Валентиновна**, научный сотрудник отдела селекции

Ульяновский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН

433315, Ульяновская обл., Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; Тел.: 8(84254)34-1-32; e-mail: ulniish@mail.ru;

Тел: 89033396151 robert.khakimov@mail.ru

**Ключевые слова:** озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), предшественник чистый пар, занятый (горох), сроки внесения и дозы азотных подкормок, урожайность, клейковина, белок, экономика.

В условиях Поволжья в 2017-2021 гг. проводили исследования по изучению эффективности применения азотной подкормки на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы. Двухфакторный опыт закладывали на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе (гумус по Тюрину – 6,5%; рН солевой вытяжки – 6,3-6,5;  $P_2O_5$  – 185-216;  $K_2O$  – 80-85 мг на 1 кг почвы) по следующей схеме: I. предшественник (фактор А): чистый и занятый пар; II. подкормка аммиачной селитрой (фактор В): 1. контроль ( $N_0$ ); 2. осенняя ( $N_{34}$ ); 3 с сеялкой ( $N_{34}$ ); 4. ранневесенняя ( $N_{34}$ ); 5 ранневесенняя ( $N_{34}$ ) + в фазе трубкования ( $N_{34}$ ); 6 ранневесенняя ( $N_{34}$ ) + в фазе трубкования ( $N_{34}$ ) +  $N_{15}$  в фазе колошения. Отсутствие влаги в период закладки опытов не позволило получить дружных всходов (чистый пар – 75,9-78,3%, занятый – 71,7-75,2%). Частые колебания температуры в период начала вегетации и отсутствие осадков в период налива зерна отрицательно сказались на сохранности растений к уборке (чистый пар – 44,9-50,3%, занятый – 29,2-34,2%). Наибольшая урожайность зерна (4,48 т/га) сформировалась при посеве озимой пшеницы по чистому пару на высоком фоне применения удобрений ( $N_{34} + N_{34} + N_{15}$ ), который превысил контроль на 1,11 т/га (34,9%). Высокое содержание протеина (13,7%) и клейковины (31,8%) обеспечил фон ранневесенней подкормки разбросным способом в дозе  $N_{34}$ . Увеличение кратности подкормок приводило к снижению протеина (13,3%) и клейковины (30,4%). Возделывание озимой пшеницы по занятому пару снижало урожайность на 1,19 т/га (36,2%) и качественные показатели (протеина 12,2%, клейковины 26,9%) зерна. Наибольший условно-чистый доход (25883 руб./га) и высокую рентабельность (136,8%) зерна получили при посеве по чистому пару на фоне дробных подкормок в разные этапы развития растений. Себестоимость 1 т зерна составила 4220 руб.

### Введение

Пшеница – важнейший хлебный злак земного шара. По площадям, урожайности и значению в питании человека она занимает ведущее место в мировом земледелии [1, 2]. Производству зерна отводится ведущая роль в решении проблемы обеспечения населения России полноценными и качественными продуктами питания растительного и животного происхождения.

Большая часть мирового производства зерна представлена озимой пшеницей. В нашей стране она является основной продовольственной культурой. При возделывании ее нужно обеспечить сочетание всех агротехнических приемов и удобрений [3], использование только высокопродуктивных сортов, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям, для получения стабильных высоких урожаев зерна [4].

Основные площади озимых культур необходимо размещать по чистым парам [5]. Преи-

мущество его заключается в заблаговременной подготовке почвы к севу и создании хороших условий для появления дружных всходов. Занятые пары уступают чистому пару и как средство борьбы с сорняками. Посевы озимых сильнее засоряются корнеотпрысковыми сорняками в 3-7 раз больше, чем по чистым парам [1].

Тем не менее, для повышения продуктивности пашни, защиты почвы от эрозии, сохранения и воспроизводства ее плодородия в структуре посевных площадей необходимо снизить долю чистого пара до 40%, так как по выходу зерна преимущество остается за звеном севооборота с занятым паром по сравнению со звеном с чистым паром [6].

Существенная роль в сохранении почвенного плодородия и поддержания высокой продуктивности земледелия и получения продукции хорошего качества принадлежит системе применения удобрений [7]. Азотная подкормка в критические периоды развития растений

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          |

в фазы кушения, выхода в трубку и колошения остается одним из главных рычагов повышения продуктивности культуры [8, 9, 10]. Внесение оптимальных доз минеральных удобрений в этот период существенно увеличивает продуктивность растений и оказывает большое влияние на накопление клейковины и белка [11, 12].

Таким образом, изучение способов и сроков применения азотной подкормки на разных предшественниках является одним из основных элементов технологии возделывания озимой пшеницы.

Цель исследования состоит в определении влияния предшественников, способов и сроков применения азотной подкормки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы для условий лесостепи Среднего Поволжья.

#### Материалы и методы исследований

Исследования проводили в период с 2017 по 2021 гг. на опытном поле отдела земледелия Ульяновского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН. Посев озимой пшеницы проводили в конце первой декады сентября сеялкой СЗТ 3,6 с нормой высева 6 млн./га по следующей схеме: I. предшественник (фактор А) - чистый пар и занятый пар (горох); II. подкормка аммиачной селитрой (фактор В) - 1. контроль (без подкормки  $N_0$ ); 2. осенняя подкормка с Amazone ( $N_{34}$ ); 3 подкормка с сеялкой с сошниками при достижении почвенной спелости почвы ( $N_{34}$ ); 4. ранневесенняя подкормка с Amazone ( $N_{34}$ ); 5 ранневесенняя подкормка с Amazone в фазе кушения ( $N_{34}$ ) + в фазе трубкования ( $N_{34}$ ); 6 ранневесенняя под-

кормка с Amazone в фазе кушения ( $N_{34}$ ) + в фазе трубкования ( $N_{34}$ ) +  $N_{15}$  в фазе колошения.

Объектом исследований являлся сорт Марафон, который внесен в государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2009 года. Создан в ВНИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко, рекомендован для возделывания в 2 регионах РФ [13].

Для установления эффективности применения азотных подкормок озимую пшеницу высевали без применения сложных удобрений в оптимальные сроки по разработанной технологии Ульяновской области [14]. Подкормку проводили согласно вышеуказанной схеме опыта. Проводили фоновую борьбу с сорняками (Балерина, 0,5 л/га + Ластик 100, 0,6 л/га), болезнями (Колосаль Про, 0,4 л/га) и вредителями (Брейк, 0,1 л/га, Борей, 0,1 л/га).

Общая площадь делянок – 100 м<sup>2</sup>, учетная – 85 м<sup>2</sup>. Размещение делянок - систематическое, повторность вариантов -3<sup>х</sup> кратная. Все наблюдения, учеты и лабораторные анализы проводили по существующим методикам и ГОСТам [15, 16]. Учет урожая проводили комбайном Сампо-500, с дальнейшим переводом зерна к 100% чистоте и 14% влажности.

Метеорологические условия в годы закладки опытов были неудовлетворительными. Отсутствие осадков (36,4% от нормы) в период (2017) сева озимых при повышенной температуре воздуха (+2,1°С) приводило к снижению запасов продуктивной влаги в почве и появлению дружных всходов (табл. 1).

В октябре при пасмурной (+29 мм) и теплой погоде (+1,0°C) вегетация растений проходила хорошо. Незначительные колебания температуры в ноябре не сказались на закалке растений. Условия зимовки (декабрь-февраль) озимых были оптимальными (осадки – 146,2%, температура - выше нормы на 1,0 °C). Первый месяц весны (март) выдался холодным (-4,1 °C от нормы) с повышенной месячной нормой осадков (262,4%). Несмотря на обильные осадки (291,4%), в апреле при температуре воздуха (5,6 °C) в конце первой декады снег полностью растаял. Отсутствие осадков (-54,5%) в мае при повышенной температуре воздуха (+2,1 °C) и сильном ветре привели к иссушению поверхности почвы и негативным последствиям для озимой пшеницы. Отсутствие осадков в начале лета (июнь – 34% от нормы) привели к снижению 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 при закладке опыта 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 1,2-2,2 мм. Выпавшие осадки во второй декаде сентября (35,7 мм при месячной норме 55 мм) и в первой декаде октября (45,7 мм при месячной норме 39 мм) положительно повлияли на развитие растений. В октябре кущение наступило при достаточном количестве влаги (+6,7 мм) и температуре (+3,5 °C) воздуха. В ноябре закалка озимых проходила при дефиците осадков (-12,9 мм) и мягкой погоде (-2,7 °C при норме -3,7 °C). В зимний период выпавшие осадки (238,8%) и оптимальные температурные условия (+3,0 °C) для зимовки были хорошими. Начало весны (март) было теплым (+5,4 °C) и влажным (392,4%). Весна пришла на 8 дней раньше среднемноголетних значений, и в первой декаде апреля возобновилась вегетация растений. 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 озимой пшеницы. Сумма осадков за период вегетации (апрель-июль) составила 120 мм при норме 193. ГТК составил 0,6 [17].

В первой половине сентября (2019) устанавливалась атмосферно-почвенная засуха, ко-

торая сдерживала появление дружных всходов. Во второй половине месяца прошли дожди в количестве 42,1 мм, которые улучшили условия для роста и развития растений. В октябре доминировала теплая погода (+3,5 °C) до 21,5 °C и обильные дожди (185,1%), которые способствовали лучшей кустистости растений. Первые две декады ноября было тепло (до +13...17 °C), вегетация озимых продолжалась до наступления холодов. Зима была аномально теплой с обилием 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. К концу зимы (февраль) из-за оттепелей высота снежного покрова опускалась до 5-10 см, местами появились проталины и ледяная корка. Температура на глубине узла кущения растений составляла -2...0°C. В первой половине марта температура воздуха поднималась до 18°C, выпавшие дожди (206,5% от месячной нормы) привели к таянию снега. Вегетация растений началась на три недели раньше обычной. В апреле температура воздуха поднималась до 20 °C, что выше среднемноголетних значений на 1,3 °C. Теплая погода и проливные дожди (174,1%), приходящие на фазу кущения растений, благоприятно повлияли на формирование продуктивности озимой пшеницы. В мае развитие растений проходило хорошо. Период образования зерна (июнь) проходил в оптимальных температурных (17,9 °C) и увлажненных (196,4%) условиях, полегания растений не наблюдалось. В течение июля доминировала жаркая (+3 °C) без осадков (18,3% от нормы) погода, которая способствовала раннему созреванию зерна. Сумма осадков за май-июль составила 184,3 мм (ГТК 1,1).

Аномально сухая (25,8% от нормы) погода в сентябре 2020 г. и вплоть до 16 октября не превышала 18% месячной нормы осадков. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы составляли менее 10 мм, что приводило к высыханию высеянных семян и неравномерным всходам. Прошедшие дожди во второй половине октября в количестве 25,8 мм (норма 39 мм) и теплая погода (+3,4 °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 на полях. Температура на глубине узла кущения растений составляла минус 1,8-2,0 °C. Состояние озимых перед

**Полнота всходов и сохранность растений озимой пшеницы Марафон в зависимости от предшественников и сроков применения азотной подкормки**

| Предшественник<br>(Фактор А) | Азотная<br>подкормка<br>(Фактор В) | Год проведения исследований |        |             |        |             |        |             |        |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                              |                                    | 2017/18 гг.                 |        | 2018/19 гг. |        | 2019/20 гг. |        | 2020/21 гг. |        |
|                              |                                    | всходы                      | уборка | всходы      | уборка | всходы      | уборка | всходы      | уборка |
| Чистый<br>пар                | 1                                  | 492,5                       | 318,5  | 399,0       | 103,0  | 446,0       | 209,5  | 485,0       | 187,0  |
|                              | 2                                  | 494,0                       | 330,5  | 402,0       | 114,0  | 464,5       | 223,5  | 493,5       | 194,5  |
|                              | 3                                  | 488,5                       | 316,0  | 432,5       | 105,0  | 459,0       | 232,5  | 477,5       | 200,0  |
|                              | 4                                  | 499,0                       | 321,5  | 427,0       | 126,0  | 462,5       | 239,0  | 490,5       | 200,5  |
|                              | 5                                  | 490,0                       | 319,5  | 410,5       | 139,5  | 471,5       | 247,0  | 485,5       | 215,5  |
|                              | 6                                  | 475,0                       | 317,0  | 422,5       | 152,5  | 468,5       | 246,5  | 490,0       | 218,5  |
|                              | Среднее                            | 489,8                       | 320,5  | 415,6       | 123,3  | 462,0       | 233,0  | 487,0       | 202,7  |
| Занятый пар                  | 1                                  | 485,5                       | 290,0  | 373,5       | 105,5  | 439,0       | 185,5  | 423,5       | 106,0  |
|                              | 2                                  | 491,5                       | 308,0  | 387,0       | 113,0  | 445,0       | 202,5  | 418,5       | 115,5  |
|                              | 3                                  | 485,0                       | 295,0  | 399,0       | 110,0  | 436,0       | 217,0  | 433,5       | 117,0  |
|                              | 4                                  | 492,5                       | 313,0  | 427,5       | 122,5  | 456,0       | 220,5  | 429,0       | 122,5  |
|                              | 5                                  | 480,0                       | 296,0  | 404,5       | 125,0  | 449,0       | 231,5  | 437,0       | 125,5  |
|                              | 6                                  | 473,5                       | 299,0  | 414,0       | 126,0  | 460,5       | 236,0  | 431,0       | 128,0  |
|                              | Среднее                            | 484,7                       | 300,2  | 400,9       | 117,0  | 447,6       | 215,5  | 428,8       | 119,1  |

\* Доза азотной подкормки по вегетации: 1 –  $N_0$  (без удобрений), 2 –  $N_{34}$  поздней осенью, 3 –  $N_{34}$  весной сеялкой с сошниками, 4 –  $N_{34}$  весной по таломерзлой почве, 5 –  $N_{34}$  весной по таломерзлой почве +  $N_{34}$  в фазе трубкования, 6 –  $N_{34}$  весной по таломерзлой почве +  $N_{34}$  в фазе трубкования +  $N_{15}$  подкормка мочевиной в фазе колошения.

уходом в зиму было хорошее. С началом зимы (декабрь) морозы только усилились. В ночное время температура опускалась до -20-23 °С. Во второй половине декабря морозы несколько ослабели и выпали осадки месячной нормы (27,4 мм). В первой декаде января отмечались сильные снегопады (360%). Во второй декаде января температура воздуха опускалась до -30-32°С. В третьей декаде произошло резкое повышение температуры и уплотнение снежного покрова до 45 см. Промерзание почвы составило 60 см. В первой декаде февраля также было тепло, выпали осадки в виде дождя (26,9 мм при норме 6,0 мм). За месяц количество осадков составило 63,7 мм (335,3%). 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 было относительно тепло (-4,4°С при норме -4,9 °С) и умеренной осадкой (85% от нормы). В марте среднесуточная температура воздуха (-4,4°С) была на уровне среднемноголетних значений (-4,9 °С), количество осадков составило 85% от нормы. 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 мае также было тепло (+5,4 °С) и дождливо (+10,6 мм). Однако

высокая температура (до 35 °С) во второй половине месяца способствовала 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. 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). Температура воздуха поднималась до 33,0-36,5 °С. Были превзойдены безусловные максимумы температуры воздуха. Отмечались частые суховейные явления. На фоне небольших осадков (5,9 мм, при норме 62 мм) растения озимой пшеницы не смогли эффективно пройти фазу налива зерна, на некоторых полях встречалось череззерница и повышенная щуплость. В июле также доминировала жаркая погода до 34,5 °С, которая приводила к ускоренному созреванию щуплого зерна в середине месяца. Сумма осадков за апрель-июль составила 156,7 мм при норме 193 мм (ГТК 0,7).

#### Результаты исследований

Получение высоких урожаев качественно зерна озимой пшеницы в большей степени зависит от влагообеспеченности почвы в период всходов и осеннего кущения, выбора предшественника и применения азотных подкормок в течение вегетации растений [18]. Проведенные

Таблица 3

**Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников и сроков применения азотной подкормки**

| Предшественник (Фактор А) | Азотная подкормка (Фактор В) | Урожайность зерна по годам, т/га |         |         |         |         |                     |      |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------|------|
|                           |                              | 2018 г.                          | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | среднее | Прибавка к контролю |      |
|                           |                              |                                  |         |         |         |         | ± т/га              | %    |
| Чистый пар                | 1                            | 3,33                             | 1,32    | 5,77    | 3,06    | 3,37    | -                   | -    |
|                           | 2                            | 3,61                             | 1,44    | 6,58    | 3,44    | 3,77    | +0,40               | 11,9 |
|                           | 3                            | 3,42                             | 1,39    | 6,70    | 3,37    | 3,72    | +0,35               | 10,4 |
|                           | 4                            | 3,39                             | 1,86    | 6,82    | 3,52    | 3,90    | +0,53               | 15,7 |
|                           | 5                            | 3,48                             | 2,34    | 7,10    | 3,73    | 4,16    | +0,79               | 23,4 |
|                           | 6                            | 3,65                             | 3,02    | 7,42    | 3,81    | 4,48    | +1,11               | 32,9 |
|                           | Среднее                      | 3,48                             | 1,90    | 6,73    | 3,49    |         |                     |      |
| Занятый пар               | 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    |         |                     |      |

|                            | 2018 г.   | 2019 г.   | 2020 г.   | 2021 г.   | среднее   |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| НСР <sub>05</sub> Варианты | 0,30 т/га | 0,24 т/га | 0,37 т/га | 0,15 т/га | 0,27 т/га |
| фактор А                   | 0,12 т/га | 0,10 т/га | 0,15 т/га | 0,06 т/га | 0,11 т/га |
| фактор В                   | 0,21 т/га | 0,17 т/га | 0,26 т/га | 0,11 т/га | 0,19 т/га |
| Взаимосвязь АВ             | 0,30 т/га | 0,24 т/га | 0,37 т/га | 0,15 т/га | 0,27 т/га |
| Точность опыта (р),%       | 3,07%     | 5,01%     | 2,13%     | 1,97%     | 3,05%     |

нами исследования показали, что во все годы закладки опытов наблюдалась аномально сухая погода в период сева (первая декада сентября) озимой пшеницы. По этой причине всходы появились только на 7-13 день, а по занятому пару с задержкой еще на 3-5 дней. Полевая всхожесть растений составляла 455,6-469,8 и 430,4-451,3 шт./м<sup>2</sup> соответственно. Полнота всходов была на уровне 75,9-78,3% и 71,7-75,2% (табл. 2).

Количество сохранившихся растений к уборке зависело от закалки растений в осеннее - зимний период, возобновления вегетации весной и применения различных доз азотных подкормок в течение вегетации растений и варьировало в пределах от 204,5 до 233,6 шт./м<sup>2</sup> по чистому пару и от 125,6 до 154,0 шт./м<sup>2</sup> - по занятому пару. Низкую сохранность растений обеспечил контрольный вариант при возделывании озимой пшеницы как по чистому пару (44,9%), так и по занятому (29,2%). Подкормка аммиачной селитрой в разные сроки и фазы развития растений приводила к небольшому увеличению сохранности растений (осенняя подкормка на 1,6 и 2,0%; весенняя с сеялкой на 1,1 и 2,4%; ранневесенняя однократная подкормка на 2,3 и 3,4%; ранневесенняя в фазе кущения и в фазе

трубкования на 4,7 и 5,1%; ранневесенняя в фазе кущения и в фазе трубкования с дополнительной подкормкой мочевиной в фазе колошения на 5,4%.) по сравнению с контрольным вариантом.

Ценные сорта озимой пшеницы на разных этапах развития по-разному относятся к условиям произрастания - это предшественники, способы и сроки применения минеральных удобрений, поэтому при возделывании ценных сортов необходимо обеспечить растения элементами минерального питания в различные периоды вегетации растений для получения высококачественного урожая зерна, что подтверждается полученными результатами наших исследований.

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 складывались в период вегетации 2019-2020 гг. для получения высокой урожайности зерна при возделывании озимой пшеницы как по чистому пару (5,77-7,42 т/га), так и по занятому (3,63-6,21 т/га). Мини-

Таблица 4

**Структура урожая озимой пшеницы Марафон в зависимости от предшественников и сроков применения азотной подкормки**

| Предшественник (Фактор А) | Азотная подкормка (Фактор В) | Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Количество зерна в 1 колосе, шт. | Масса зерна с 1 колоса, г | Масса 1000 зерен, г | Натура, г/л | Выравненность, % (сход с сито 2,5 мм) |
|---------------------------|------------------------------|---|----------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------|---------------------------------------|
| Чистый пар                | 1                            | 270,4   | 34,0                             | 1,29                      | 38,0                | 746,8       | 63,5                                  |
|                           | 2                            | 296,1   | 34,5                             | 1,34                      | 38,8                | 750,3       | 65,1                                  |
|                           | 3                            | 290,9   | 34,5                             | 1,35                      | 39,3                | 747,8       | 66,3                                  |
|                           | 4                            | 293,3   | 35,2                             | 1,39                      | 39,5                | 749,6       | 67,8                                  |
|                           | 5                            | 307,8   | 36,0                             | 1,43                      | 39,7                | 753,3       | 67,8                                  |
|                           | 6                            | 322,8   | 36,2                             | 1,45                      | 40,1                | 754,4       | 68,7                                  |
|                           | Среднее                      | 296,9   | 35,1                             | 1,38                      | 39,2                | 750,4       | 66,5                                  |
| Занятый пар               | 1                            | 203,3   | 30,8                             | 1,16                      | 37,7                | 761,4       | 65,3                                  |
|                           | 2                            | 219,5   | 32,0                             | 1,22                      | 38,2                | 762,2       | 67,0                                  |
|                           | 3                            | 235,0   | 32,1                             | 1,24                      | 38,8                | 762,6       | 67,9                                  |
|                           | 4                            | 239,6   | 33,2                             | 1,29                      | 38,9                | 762,5       | 68,4                                  |
|                           | 5                            | 244,3   | 33,4                             | 1,31                      | 39,2                | 767,3       | 68,8                                  |
|                           | 6                            | 249,3   | 34,3                             | 1,36                      | 39,7                | 766,8       | 69,8                                  |
|                           | Среднее                      | 231,8   | 32,6                             | 1,26                      | 38,8                | 763,8       | 67,9                                  |

мальная урожайность в период 2018-2019 гг. 1,32-3,02 т/га по чистому пару и 1,09-1,58 т/га по занятому (табл.3).

В среднем за четыре года исследований наименьшая урожайность зерна (2,28 т/га) озимой пшеницы была получена на контрольном варианте при посеве ее по занятому пару. Возделывание озимой пшеницы по чистому пару увеличивало урожайность зерна на 1,09 т/га.

Подкормка растений поздней осенью ( $N_{34}$ ) приводила к увеличению урожайности зерна по занятому пару на 0,33 т/га, по чистому – на 0,40 т/га, весенняя подкормка сеялкой с сошниками – 0,57 т/га и 0,35 т/га, весенняя по таломерзлой почве – 0,70 т/га и 0,53 т/га соответственно. Внешение азотной подкормки в разные сроки вегетации растений ( $N_{34}$  в фазе кущения и  $N_{34}$  в фазе трубкования растений) приводило к увеличению урожайности на 0,79-0,82 т/га по сравнению с контролем. Максимальная урожайность зерна была сформирована на высоком фоне применения азотной подкормки в дозе  $N_{83}$  кг/га д.в. ( $N_{34}$  в фазе кущения +  $N_{34}$  в фазе трубкования растений +  $N_{15}$  в фазе колошения) при возделывании озимой пшеницы, как по чистому пару (4,48 т/га), так и по занятому (3,29 т/га). Прибавка к контрольному варианту составила 1,11 т/га и 1,01 т/га соответственно.

Таким образом, применение азотной подкормки в разные сроки вегетации растений ( $N_{34}$  +  $N_{34}$  +  $N_{15}$ ) приводило к повышению урожайности зерна, не приводя к полеганию растений озимой пшеницы.

Урожайность озимой пшеницы складывается из числа продуктивных стеблей с единицы площади, колосков, числа зерен в одном колосе и их массы 1000 зерен. Значительную роль в получении высоких результатов играют погодные условия, предшественники и применение азотной подкормки в разные сроки вегетации культуры.

В наших исследованиях в среднем за четыре года наименьшие значения структуры урожая зерна (количество продуктивных стеблей – 203,3 шт./м<sup>2</sup>, зерна в 1 колосе, 30,8 шт. и ее масса 1,16 г, масса 1000 зерен 37,7 г) сложились при возделывании озимой пшеницы по занятому пару без применения азотной подкормки (табл. 4). Возделывание озимой пшеницы по чистому пару увеличивало показатели структурного анализа (соответственно на 67,1 шт./м<sup>2</sup> (24,8%), 3,2 шт. (9,4%), 0,13 г (10,1%), и 0,3 г (0,8%).

Применение азотной подкормки в различные фазы развития растений привели к увеличению показателей элементов структурного анализа. Среди вариантов выделились следующие подкормки: осенью ( $N_{34}$ ), весной сеялкой ( $N_{34}$ ), по таломерзлой почве ( $N_{34}$ ), весной в фазе кущения ( $N_{34}$ ) и трубкования ( $N_{34}$ ), и дробное внесение азотной подкормки ( $N_{34}$  +  $N_{34}$  +  $N_{15}$ ) по вегетации.

Высокие результаты получили при возделывании озимой пшеницы по чистому пару на фоне применения высоких доз азотной подкормки, где высота растений (70 см) была выше контроля на 4,3 см., количество продуктивных

Таблица 5

## Качественные зерна озимой пшеницы

## Марафон

| Азотная подкормка (Фактор В) | Предшественник (Фактор А) |         |             |         |
|------------------------------|---------------------------|---------|-------------|---------|
|                              | Чистый пар                |         | Занятый пар |         |
|                              | клейковина                | протеин | клейковина  | протеин |
| 1                            | 29,0                      | 13,0    | 26,0        | 11,9    |
| 2                            | 30,9                      | 13,5    | 26,6        | 12,1    |
| 3                            | 30,4                      | 13,3    | 27,1        | 12,3    |
| 4                            | 31,8                      | 13,7    | 27,5        | 12,4    |
| 5                            | 30,6                      | 13,3    | 27,1        | 12,3    |
| 6                            | 30,4                      | 13,3    | 26,9        | 12,2    |
| Среднее                      | 30,5                      | 13,4    | 26,9        | 12,2    |

стеблей (322,8 шт./м<sup>2</sup>) на 52,4 шт. (19,4%), зерна в 1 колосе (36,2 шт.) на 2,2 шт. (6,5%), массы зерна с 1 колоса (1,45 г) на 0,16 г (12,4%) и массы 1000 зерен (40,1 г) на 2,1 г (5,5%).

Анализ структуры урожая по занятому пару показал низкие результаты по сравнению с чистым паром. Занятый пар отрицательно повлиял на формирование продуктивных стеблей и формирование колоса для получения хорошей урожайности.

Натура (754,4 г/л) и выравненность (68,7%) зерна повышались по мере увеличения доз применения азотной подкормки относительно контрольного варианта (746,8 г/л и 63,5% соответственно). По занятому пару эти значения были несколько выше (761,4-767,3 г/л и 65,3-69,8%).

Важнейшими биохимическими показателями качества зерна является содержание белка

и клейковины. От них зависит питательная ценность конечной продукции [19].

По результатам наших исследований наименьшее содержание клейковины (26,0%) и протеина (11,9%) получили при посеве озимой пшеницы по занятому пару без применения азотной подкормки (табл. 5).

Применение ее в количестве N<sub>34</sub> в разные сроки и способы внесения приводило к различной действенности их для формирования клейковины в зерне (осень – 26,6%, сеялкой – 27,1%, амазонкой весной по таломерзлой почве – 27,5%). Дальнейшее увеличение дозы азотной подкормки по вегетации не приводило к повышению ее содержания (N<sub>34</sub> в фазу кущения и N<sub>34</sub> трубкавания – 27,1% и N<sub>34</sub>, N<sub>34</sub> + N<sub>15</sub> в фазу колошения – 26,9%). Применение азотной подкормки по чистому пару положительно повлияло на содержание клейковины (29,0%) и белка (13,0%). Увеличение по сравнению с занятым паром составило 3,0 и 1,1% соответственно. Разовая подкормка растений приводило к увеличению содержания клейковины (на 1,4-2,8%) и белка (на 0,3-0,7%). Максимальный сбор клейковины (31,8%) и протеина (13,7%) в зерне озимой пшеницы получены на фоне применения азотной подкормки по таломерзлой почве в дозе 34 кг/га д.в. Увеличение дозы азотной подкормки по вегетации не позволило повысить содержание клейковины 30,4-30,6% и протеина 13,3%.

Анализ экономической эффективности показал целесообразность азотных подкормок при возделывании озимой пшеницы. Макси-

## Таблица 6

## Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы

| Фоны        | Урожайность т/га | Производственные затраты, руб./га | Стоимость продукции, руб./га | Условно-чистый доход, руб./га | Себестоимость, руб./т | Уровень рентабельности, % |
|-------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Чистый пар  |                  |                                   |                              |                               |                       |                           |
| 1           | 3,37             | 14296                             | 33700                        | 19404                         | 4240                  | 135,7                     |
| 2           | 3,77             | 16156                             | 37700                        | 21544                         | 4290                  | 133,3                     |
| 3           | 3,72             | 16687                             | 37200                        | 20513                         | 4490                  | 122,9                     |
| 4           | 3,90             | 16196                             | 39000                        | 22804                         | 4150                  | 140,8                     |
| 5           | 4,16             | 18093                             | 41600                        | 23507                         | 4350                  | 129,9                     |
| 6           | 4,48             | 18917                             | 44800                        | 25883                         | 4220                  | 136,8                     |
| среднее     | 3,90             | 16724                             | 39000                        | 22276                         | 4290                  | 133,2                     |
| Занятый пар |                  |                                   |                              |                               |                       |                           |
| 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                      |
| среднее     | 2,85             | 17977                             | 28517                        | 10540                         | 6333                  | 58,3                      |

мальный условно-чистый доход (25883 руб./ц) и высокая рентабельность производства (136,8%) зерна получили при посеве ее по чистому пару на фоне высоких доз применения удобрений ( $N_{34}+N_{34}+N_{15}$ ) в разные этапы развития растений (табл. 6).

Высокую рентабельность (140,8%) и низкую себестоимость зерна (4150 руб./т.) обеспечила однократная подкормка ( $N_{34}$ ) растений. Минимальные производственные затраты (14296 руб./га) получили на контрольном фоне, при урожайности зерна 3,37 т/га уровень рентабельности (135,7%) составил выше средних значений (133,2%). Уровень рентабельности осенней (133,3%) и весенней подкормки сеялкой (122,9%) был ниже контрольной (135,7%) на 2,4 и 12,8% соответственно.

При возделывании озимой пшеницы по занятому пару экономические показатели были ниже, чем по чистому пару, где рентабельность производства зерна в среднем (58,3%) снижалась в 2,28 раза по сравнению с чистым паром (133,2%), а себестоимость увеличивалась в 1,48 раза. Этому способствовали большие производственные затраты (17977 руб./га) на дополнительную обработку занятого пара и низкая урожайность (2,85 т/га) изучаемой культуры.

#### **Обсуждение**

В результате проведенных исследований установлено, что применение азотной подкормки на посевах озимой пшеницы по чистому пару оказывает большое влияние на увеличение урожайности (3,48 т/га) и улучшение технологических качеств полученной продукции. Возделывание культуры по занятому пару и снижение доз подкормки приводит к понижению урожайности в среднем на 0,34 т/га.

#### **Заключение**

В условиях Среднего Поволжья для получения высококачественной урожайности озимой пшеницы Марафон с содержанием клейковины 31,8% и протеина 13,7%, необходимо возделывать ее по чистому пару с последующей подкормкой растений аммиачной селитрой в дозе 34 кг/га д.в. весной по таломерзлой почве. При такой технологии обеспечивается самая низкая себестоимость зерна (4150 руб./т) и высокая рентабельность (140,8%) производства продукции. Применение высоких доз азотной подкормки в разные сроки вегетации ( $N_{34}+N_{34}+N_{15}$  (6 фон)) культуры способствовало получению наибольшей урожайности (4,48 т/га) и условно-чистого дохода (25883 руб./га) с рентабельностью 136,8%.

#### **Библиографический список**

1. Потушанский, В. А. Озимая пшеница в лесостепи Поволжья / В. А. Потушанский, И. Ф. Тимергалиев, С. Н. Немцев ; Российская академия сельскохозяйственных наук, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Ульяновск : Симбирская книга, 2003. – 86 с. – ISBN 5-8426-0034-X.
2. Application of plant growth regulators on soft white winter wheat under different nitrogen fertilizer scenarios in irrigated fields / R. J. Qin, C. Noulas, D. Wysocki, X. Liang, G. J. Wang, S. Lukas // *Agrisculture-Basel*. - 2020. - N. 7(11). - P. 305. - DOI: 10.3390/agriculture10070305.
3. Korolev, V. A. Changes in the fertility of a leached chernozem under different primary tillage technologies / V. A. Korolev, A. I. Gromovik, O. K. Borontov // *Eurasian Soil Science*. - 2016. - Vol. 49, N. 1. - P. 95-101.
4. Des Marais, D. L. Genotype-by-environment interaction and plasticity: Exploring genomic responses of plants to the abiotic environment / D. L. Des Marais, K. M. Hernandez, T. E. Juenger // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. – 2013. – Vol. 44. – P. 5-29. – DOI 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806. – EDN SOILOT.
5. Казаков, Г. И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков, В. А. Корчагин // *Земледелие*. – 2009. – № 1. – С. 26-28.
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. Мязин, Н. Г. Система удобрения / Н. Г. Мязин. – Воронеж : ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. – 350 с. – ISBN 978-5-7267-0494-4.
8. Влияние элементов агротехнологии на азотное питание озимой пшеницы / И. В. Энговатова, Е. О. Шестакова, И. Г. Сторчак, Ф. В. Ерошенко // *Аграрный научный журнал*. – 2020. – № 12. – С. 55-58. – DOI 10.28983/asj.y2020i12pp55-58.
9. Куликова, А. Х. Влияние удобрений на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном 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.
10. Система увеличения производства высококачественного зерна пшеницы / Е. В. Журав-

лева, Н. З. Милащенко, С. Н. Сапожников, С. В. Трушкин // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 3. – С. 7-10. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10301. – EDN KMYJPI.

11. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield / H. Mosanaei, H. Ajamnorazi, M. R. Dadashi [et al.] // Emirates Journal of Food and Agriculture. - 2017. - Vol. 29, No. 11. - P. 899–910.

12. The effectiveness of nitrogen-phosphorus fertilization in winter wheat (*Triticum Aestivum* L.) cultivation / P. Rusek, M. MikosSzymanska, M. Karsznia [et al.] // Bulg. J.Agric. Sci. - 2016. - No. 22. - P. 752–755.

13. Сорты и гибриды ФГБНУ «АНЦ «Донской»: каталог / Н. Е. Самофалова, О. В. Скрипка, Д. М. Марченко [и др.] ; ФГБНУ Аграрный научный центр Донской. – Воронеж : ООО Издат-Черноземье, 2021. – 142 с. – ISBN 978-5-6043878-1-8.

14. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области / А. В. Дозоров, В. А. Исайчев, С. Н. Никитин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – 448 с. – ISBN 9875990932395.

15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для выс-

ших сельскохозяйственных учебных заведений / Б. А. Доспехов. – Москва : Альянс, 2014. - 351 с. – ISBN 978-5-903034-96-3.

16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва : ООО Группа Компаний Море, 2019. - Вып. 1. - 384 с.

17. Немцев, С. Н. Агрометеорологические 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.

18. Хакимов, Р. А. Формирование урожайности озимой пшеницы по занятому пару в зависимости от уровня минерального питания / Р. А. Хакимов, С. А. Никифорова, Н. В. Хакимова // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 2. – С. 33-40. – DOI 10.24411/0235-2451-2021-10205. – EDN PUAELN.

19. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat / S. Simsek, J. Ohm, H. Lu, M. Rugg, W. Berzonsky, M. Alamri, M. Mergoum // J. Sci. Food Agric. – 2014. - Vol. 94. - P. 205-212.

## INFLUENCE OF FORECROPS AND SUPPLEMENTARY FERTILIZATION OF WINTER WHEAT AT DIFFERENT PERIODS OF ITS VEGETATION ON YIELD FORMATION AND GRAIN QUALITY

Khakimov R. A., Khakimova N. V.

Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - branch of the SamSC of RAS,  
433315, Ulyanovsk district, Timiryazevsky v., Institutskaya  
st., 19; Tel.: 8(84254)34-1-32; e-mail: ulniish@mail.ru;  
Tel: 89033396151 robert.khakimov@mail.ru

**Key words:** winter wheat (*Triticum aestivum* L.), complete fallow as forecrop, sown fallow (pea), time periods of application and doses of nitrogen fertilizers, yield, gluten, protein, economics.

Research on the study of effectiveness of nitrogen fertilization on productivity and quality of winter wheat grain was conducted in the conditions of the Volga region in 2017-2021. A two-factor experiment was set on leached heavy loamy black soil (humus - 6.5% by Tyurin; pH of the salt extract - 6.3-6.5;  $P_2O_5$  - 185-216;  $K_2O$  - 80-85 mg per 1 kg of soil) according to the following scheme: I - forecrop (factor A): complete and sown fallow; II. fertilization with ammonium nitrate (factor B): 1. control ( $N_0$ ); 2. autumn ( $N_{30}$ ); 3 with a seeder ( $N_{30}$ ); 4. early spring ( $N_{30}$ ); 5 early spring ( $N_{30}$ ) + at the shooting stage ( $N_{30}$ ); 6 early spring ( $N_{30}$ ) + at the shooting stage ( $N_{30}$ ) +  $N_{25}$  at the heading phase. Lack of moisture at the start of the experiments did not allow to obtain friendly seedlings (complete fallow - 75.9-78.3%, sown - 71.7-75.2%). Frequent temperature fluctuations at the beginning of the vegetation season and lack of precipitation during the period of grain filling had a negative impact on survivability of plants by the harvesting time (complete fallow - 44.9-50.3%, sown - 29.2-34.2%). The highest grain yield (4.48 t/ha) was formed when winter wheat was sown on complete fallow in combination with fertilizer application ( $N_{30}+N_{30}+N_{25}$ ), which exceeded the control by 1.11 t/ha (34.9%). High content of protein (13.7%) and gluten (31.8%) provided the variant with early spring fertilization in a scattered way at a dose of  $N_{30}$ . An increase of fertilization frequency led to a decrease of protein (13.3%) and gluten (30.4%). Cultivation of winter wheat on sown fallow reduced yield by 1.19 t/ha (36.2%) and quality parameters (protein 12.2%, gluten 26.9%) of the grain. The highest net operating profit (25,883 rubles/ha) and high profitability (136.8%) of the grain were obtained when sown on complete fallow in combination with fractional fertilization at different stages of plant development. The cost of 1 ton of grain was 4220 rubles.

### Bibliography:

1. Potushansky, V. A. Winter wheat in the forest-steppe of the Volga region / V. A. Potushansky, I. F. Timergaliev, S. N. Nemtsev; Russian Academy of Agricultural Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture. - Ulyanovsk: Simbirsk book, 2003. - 86 p. – ISBN 5-8426-0034-X.
2. Application of plant growth regulators on soft white winter wheat under different nitrogen fertilizer scenarios in irrigated fields / R. J. Qin, C. Noulas, D. Wysocki, X. Liang, G. J. Wang, S. Lukas // Agrisculture-Basel. - 2020. - N. 7(11). - P. 305. - DOI: 10.3390/agriculture10070305.
3. Korolev, V. A. Changes in the fertility of a leached chernozem under different primary tillage technologies / V. A. Korolev, A. I. Gromovik, O. K. Borontov

// Eurasian Soil Science. - 2016. - Vol. 49, N. 1. - P. 95-101.

4. Des Marais, D. L. Genotype-by-environment interaction and plasticity: Exploring genomic responses of plants to the abiotic environment / D. L. Des Marais, K. M. Hernandez, T. E. Juenger // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. - 2013. - Vol. 44. - P. 5-29. – DOI 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806. – EDN SOILOT.

5. Kazakov, G. I. Soil protection tillage in the Middle Volga region / G. I. Kazakov, V. A. Korchagin // *Agriculture*. - 2009. - № 1. - P. 26-28.

6. Toygildin, A. L. Improvement of selection of winter wheat forecrops in crop rotations of the Volga forest-steppe / A. L. Toygildin, M. I. Podsevalov, I. A. Toygildina // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2016. - № 2 (34). - P. 49-56. - DOI: 10.18286/1816-4501-2016-2-49-56

7. Myazin, N. G. Fertilizer system / N. G. Myazin. - Voronezh: FSBEI HPE VSAU, 2009. - 350 p. – ISBN 978-5-7267-0494-4.

8. Influence of agricultural technology elements on nitrogen nutrition of winter wheat / I. V. Engovatova, E. O. Shestakova, I. G. Storchak, F. V. Eroshenko // *Agrarian scientific journal*. - 2020. - № 12. - P. 55-58. – DOI 10.28983/asj.y2020i12pp55-58.

9. Kulikova, A. Kh. Influence of fertilizers on content and balance of humus in leached black soil when cultivating crops in grain-fallow crop rotation / A. Kh. Kulikova, S. N. Nikitin, G. V. Saidyasheva // *Agrochemistry*. - 2017. - № 12. - P. 7-15. – DOI 10.7868/S000218811712002X.

10. System of production increase of high-quality wheat grain / E. V. Zhuravleva, N. Z. Milashchenko, S. N. Sapozhnikov, S. V. Trushkin // *Achievements of science and technology of the AIC*. - 2020. - V. 34, № 3. - P. 7-10. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10301. – EDN KMYJPI.

11. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed deterioration and yield / H. Mosanaei, H. Ajamnorazi, M. R. Dadashi [et al.] // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. - 2017. - Vol. 29, № 11. - P. 899–910.

12. The effectiveness of nitrogen-phosphorus fertilization in winter wheat (*Triticum Aestivum* L.) cultivation / P. Rusek, M. Mikoszymanska, M. Karsznia [et al.] // *Bulg. J. Agric. sci.* - 2016. - № 22. - P. 752–755.

13. Varieties and hybrids of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Agricultural Research Center “Donskoy”: catalogue / N. E. Samofalova, O. V. Skripka, D. M. Marchenko [and others]; FSBSI Agrarian Scientific Center Donskoy. - Voronezh: OOO Izdat-Chernozemye, 2021. - 142 p. - ISBN 978-5-6043878-1-8.

14. Adaptive-landscape system of agriculture in Ulyanovsk region / A. V. Dozorov, V. A. Isaychev, S. N. Nikitin [and others]. - 2nd ed., revised. and add. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2017. - 448 p. – ISBN 9875990932395.

15. Dospekhov, B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural educational institutions / B. A. Dospekhov. - Moscow: Alliance, 2014. - 351 p. – ISBN 978-5-903034-96-3.

16. Methods of state variety testing of agricultural crops. - Moscow: OOO Group of Companies More, 2019. - Issue. 1. - 384 p.

17. Nemtsev, S. N. Agrometeorological conditions of development and causes of winter crop failure in active phase of warming / S. N. Nemtsev, R. B. Sharipova // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2019. - № 4(48). – P. 35-43. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-35-43.

18. Khakimov, R. A. Yield formation of winter wheat on sown fallow depending on mineral nutrition level / R. A. Khakimov, S. A. Nikiforova, N. V. Khakimova // *Achievements of science and technology of the AIC*. - 2021. - V. 35, № 2. - P. 33-40. – DOI 10.24411/0235-2451-2021-10205. – EDN PUAELN.

19. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat / S. Simsek, J. Ohm, H. Lu, M. Rugg, W. Berzonsky, M. Alamri, M. Mergoum // *J. Sci. Food Agric.* - 2014. - Vol. 94. - P. 205-212.