

## Эффективность применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник

А. С. Попов<sup>1</sup>, А. А. Сухарев<sup>✉</sup>, Г. В. Овсянникова<sup>1</sup>, Н. С. Кравченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

✉ E-mail: vniizk30@mail.ru

**Аннотация.** В исследовании приведены результаты внесения различных сроков и видов азотных удобрений при возделывании мягкой озимой пшеницы. **Цель** – установить урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы при внесении азотных подкормок по предшественнику подсолнечник. Научные исследования проведены в Аграрном научном центре «Донской» в 2017–2019 гг. Аммофос и сульфат аммония вносили под предпосевную культивацию; мочевины и карбамидно-аммиачную смесь, аммиачную селитру применяли в виде подкормок в разные сроки активной вегетации озимой пшеницы. **Методы.** Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017–2019 гг. При закладке и проведении опыта, учете урожайности использовали общепринятые методики; технология возделывания озимой пшеницы и дозы азотных подкормок соответствует Зональным системам земледелия Ростовской области. **Научная новизна.** Впервые для мягкой озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области определены лучшие сроки, способы и дозы внесения азотных подкормок различными видами удобрений. **Результаты.** Было установлено значительное влияние сроков внесения азотных удобрений на урожайность, а также на качество озимой пшеницы. Дробное внесение аммиачной селитры в дозе  $N_{90}$  способствовало получению максимальной в опыте урожайности – 6,15 т/га, а прибавка урожайности в сравнении с контрольным вариантом составила 2,34 т/га, или 61,4 %. Дополнительная урожайность от применения азотных удобрений на других вариантах опыта составила от 0,90 до 2,26 т/га. Осеннее внесение сульфата аммония в дозе  $N_{30}$  под предпосевную культивацию является эффективным агроприемом, способствующем дополнительному увеличению урожайности на 0,55–0,64 т/га. Высокая эффективность азотных подкормок была обеспечена повышением элементов продуктивности растений, а именно массой зерна с колоса и числом продуктивных стеблей. Азотные подкормки способствовали повышению качественных показателей продукции. Установлено, что при дробном внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{90}$  были получены наибольшие экономические показатели – условный чистый доход (30 117 руб/га) и производственная рентабельность (112,9 %).

**Ключевые слова:** озимая пшеница, азотные удобрения, подкормка, урожайность, качество зерна, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Попов А. С., Сухарев А. А., Овсянникова Г. В., Кравченко Н. С. Эффективность применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 33–43. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-33-43.

**Дата поступления статьи:** 19.05.2022, **дата рецензирования:** 13.06.2022, **дата принятия:** 01.07.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

Основной продовольственной культурой в мире является пшеница [1, с. 24; 2, с. 2627]. Россия – один из главных производителей и экспортеров озимой пшеницы [3, с. 1]. Однако ее средняя урожайность в нашей стране остается на низком уровне. Одной из главных задач отрасли растениеводства является увеличение производства зерна [4, с. 123]. В мире за последние 50 лет увеличение валового сбора зерна происходит за счет увеличения урожайности [5, с. 16]. Значительному увеличению урожайности

озимой пшеницы способствует использование при ее возделывании азотных удобрений [6, с. 951; 7, с. 1406; 8, с. 9–10; 9, с. 1702].

Азотные удобрения, вносимые как подкормки, не только увеличивают урожайность, но и способствуют повышению таких показателей качества, как содержание белка и клейковины [10, с. 1029; 11, с. 501].

Азотные удобрения являются наиболее используемыми в мире. На их долю приходится 80 % от всех применяемых удобрений. Самые распростра-

ненные виды азотных удобрений – это аммиачная селитра, карбамид и карбамидно-аммиачная смесь (КАС-32) [12, с. 9].

Растения озимой пшеницы обладают высокой потребностью в азоте, но использование азота из удобрений часто затруднено из-за нестабильности его соединений [13, с. 3; 14, с. 1911]. Различные виды азотных подкормок с разной эффективностью потребляются растениями озимой пшеницы, что оказывает решающее воздействие на формирование урожайности. Кроме того, большое значение имеет и срок внесения азотных подкормок [15, с. 332].

В рекомендациях по осуществлению азотных подкормок в Ростовской области нет определенных критериев для использования той или иной подкормки<sup>1</sup>.

Поэтому целью наших исследований являлся поиск оптимальных сроков, способов, видов и доз внесения азотных подкормок, влияющих на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, а также установление экономической эффективности их применения.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017–2019 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. При закладке и проведении опыта, учете урожайности использовали: методику полевого опыта Б. А. Доспехова; основы научных исследований в агрономии В. Ф. Моисейченко и др.; технологию возделывания озимой пшеницы и дозы азотных подкормок согласно Зональным системам земледелия Ростовской области.

Варианты удобрений:

1. Контроль.
2.  $N_{30}$  – аммиачная селитра (по таломерзлой почве).
3.  $N_{30}$  – аммиачная селитра (начало весеннего кушения).
4.  $N_{60}$  – КАС-32 ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения).
5.  $N_{60}$  – аммиачная селитра ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения).
6.  $N_{90}$  – сульфат аммония ( $N_{30}$  – под предпосевную культивацию) + КАС-32 ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения).
7.  $N_{90}$  – сульфат аммония ( $N_{30}$  – под предпосевную культивацию) + аммиачная селитра ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения, +  $N_{30}$  – конец весеннего кушения).
8.  $N_{90}$  – аммиачная селитра ( $N_{30}$  – по таломерзлой почве,  $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения).

9.  $N_{90}$  – аммиачная селитра ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения) + мочевины ( $N_{30}$  – колошение).

10.  $N_{90}$  – аммиачная селитра ( $N_{30}$  – начало весеннего кушения,  $N_{30}$  – конец весеннего кушения) + мочевины ( $N_{30}$  – налив зерна).

В нашем опыте применялись следующие азотные удобрения: аммиачная селитра ( $NH_4NO_3$ ), мочевины ( $NH_2)_2CO$ , карбамидно-аммиачная смесь (КАС-32), сульфат аммония ( $NH_4)_2SO_4$ ) и карбамид (мочевина) ( $NH_2)_2CO$ . Во всех вариантах опыта внесен аммофос (N:  $P_2O_5$ , 12:52) в дозе  $P_{60}$  кг д. в./га.

Предшествующая культура – подсолнечник. Исследуемый сорт – мягкая пшеница сорта Лидия.

За годы исследований осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам. В 2016/2017 сельскохозяйственном году сумма за год была на уровне среднесуточных показателей – 585,9 мм (норма – 582,4 мм), а в 2017/2018 сельскохозяйственном году (453 мм) и 2018/2019 сельскохозяйственном году (527 мм) их количество было ниже нормы.

Среднесуточная температура воздуха в 2016/2017 сельскохозяйственном году составила 10,0 °C (норма – 9,7 °C), а в 2017/2018 и 2018/2019 сельскохозяйственных годах составила 11,8 °C. В осенне-зимний период, когда температура воздуха имела положительные значения, растения озимой пшеницы возобновляли вегетацию.

Гидротермические условия вегетационного периода за годы исследований были благоприятными для роста и развития озимой пшеницы.

#### Результаты (Results)

В среднем за годы исследований использование азотных подкормок оказало существенное влияние на урожайность мягкой озимой пшеницы (таблица 1).

Согласно полученным данным, урожайность мягкой озимой пшеницы на контрольном варианте (без применения азотных подкормок) составила 3,81 т/га, а однократная азотная подкормка по таломерзлой почве в дозе  $N_{30}$  аммиачной селитрой (вариант 2) способствовала увеличению урожайности на 0,90 т/га, или на 23,7 %.

Внесение аммиачной селитры ( $N_{30}$ ) в начале весеннего кушения (вариант 3) способствовало увеличению урожайности на 1,16 т/га, или на 30,4 % в сравнении с контрольным вариантом. Однако при существующем уровне НСР<sub>05</sub> в опыте (НСР<sub>05</sub> = 0,31) разница между вторым вариантом была несущественной.

Двукратная подкормка аммиачной селитрой (вариант 5) увеличивала урожайность до 5,52 т/га, или в сравнении с контрольным вариантом на 1,71 т/га. Таким образом, внесение  $N_{60}$  дробно в фазу весеннего кушения способствовало увеличению урожайности на 44,8 %. Подкормка в начале весеннего кушения увеличивала урожайность на 1,16 т/га, а

<sup>1</sup> Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. Г. Бондаренко, Ф. И. Горбаченко, В. П. Горячев [и др.]. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2013. 250 с.

дополнительное внесение азота в конце весеннего кушения увеличивало урожайность только на 0,55 т/га, то есть ее влияние на урожайность было ниже почти на 64 %. Таким образом, эффективность более поздней подкормки (в конце весеннего кушения) существенно снижалась по сравнению с ранней подкормкой в начале кушения.

Анализируя полученные данные при внесении аммиачной селитры по таломерзлой почве (прибавка урожая – 0,90 т/га), при внесении в начале весеннего кушения (прибавка урожая – 1,16 т/га) и в кон-

це весеннего кушения (прибавка урожая – 0,55 т/га), можно предположить, что суммарная прибавка урожайности от внесения аммиачной селитры в дозе  $N_{90}$  составит 2,61 т/га. Фактически же такая доза аммиачной селитры (вариант 8) увеличивала урожайность озимой пшеницы до 6,15 т/га, то есть прибавка была ниже расчетной на 0,27 т/га. Внесение аммиачной селитры в дозе  $N_{90}$  способствовало получению максимальной в опыте урожайности. Прибавка урожая в сравнении с контрольным вариантом составила 2,34 т/га, или 61,4 %).

Таблица 1  
Урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений в среднем за 2017–2019 гг., т/га

Вариант опыта	Урожайность	± к контролю
1. Контроль	3,81	–
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (по таломерзлой почве)	4,71	0,90
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (начало весеннего кушения)	4,97	1,16
4. $N_{60} - KAC-32$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	5,22	1,41
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	5,52	1,71
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), $KAC-32$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	5,86	2,05
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	6,07	2,26
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – по таломерзлой почве, $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	6,15	2,34
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – колошение)	5,42	1,61
10. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – налив зерна)	5,39	1,58
НСР <sub>05</sub>	0,31	

Table 1  
Productivity of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers, on average in 2017–2019, t/ha

Variant of the trial	Productivity	± to the control
1. Control	3.81	–
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	4.71	0.90
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	4.97	1.16
4. $N_{60} - UAN-32$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	5.22	1.41
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	5.52	1.71
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + $UAN-32$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	5.86	2.05
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	6.07	2.26
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – in frozen soil, $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	6.15	2.34
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – in heading phase)	5.42	1.61
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – in kernel-filling period)	5.39	1.58
LSD <sub>05</sub>	0.31	

В варианте, где вносили карбамидно-аммиачную смесь дробно – в начале и в конце весеннего кушения по  $N_{30}$  (вариант 4), прибавка в сравнении с контрольным вариантом составила 1,41 т/га. В аналогичном варианте с применением аммиачной селитры (вариант 5) прибавка урожая достигала 1,71 т/га, что на 0,30 т/га выше. Однако достоверной прибавки между 4 и 5 вариантами не установлено.

Внесение сульфата аммония осенью под предпосевную культивацию было эффективным. В 6 варианте внесение азотных удобрений способствовало увеличению урожайности на 0,64 т/га по сравнению с вариантом 4, где применяли только КАС-32. При использовании подкормки аммиачной селитрой на фоне внесения сульфата аммония ( $N_{30}$ ) (вариант 7) дополнительная урожайность была выше варианта 5 на 0,55 т/га, но на 0,08 т/га уступала варианту 8, где азотные удобрения в дозе  $N_{90}$  применяли в виде подкормок аммиачной селитрой.

Таким образом, осеннее внесение сульфата аммония в дозе  $N_{30}$  под предпосевную культивацию является эффективным агроприемом, способствующем получению достоверной прибавки урожая.

Важную роль играют складывающиеся погодные условия, такие как продолжительная осенняя вегетация и возобновление вегетации растений в зимний период.

Высокая эффективность азотных подкормок была обеспечена повышением элементов продуктивности растений. На контроле растения озимой пшеницы формировали 426 шт/м<sup>2</sup> стеблей. Однократное внесение азота в варианте 2 увеличивало этот показатель до 500 шт/м<sup>2</sup>, или на 17,4 % (таблица 2).

Число зерен в колосе также возрастало на 0,9 шт. с 22,7 шт. на контроле до 23,6 шт. в варианте с однократным внесением аммиачной селитры. Продуктивность одного колоса, выраженная в массе зерна с одного колоса, также увеличилась до 1,06 г, или на 7,0 %. Отмечено увеличение высоты растений в данном варианте почти на 10 см – с 65,3 см до 75,6, а длина колоса составила 5,2 см, что выше, чем на контроле, на 0,7 см. Увеличение высоты растений не ухудшило показатель устойчивости соломины. Сорт Лидия отличается высокой устойчивостью к полеганию, поэтому за все годы исследований устойчивость была не ниже 5 баллов.

Таблица 2

Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Число продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Длина колоса, см
1. Контроль	426	22,7	0,99	65,3	4,5
2. $N_{30}$ – $NH_4NO_3$ (по таломерзлой почве)	500	23,6	1,06	75,6	5,2
3. $N_{30}$ – $NH_4NO_3$ (начало весеннего кушения)	524	23,8	1,07	76,6	5,4
4. $N_{60}$ – КАС-32 ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	523	24,2	1,13	77,2	5,7
5. $N_{60}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	539	24,5	1,17	78,0	6,0
6. $N_{90}$ – $(NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), КАС-32 ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	551	23,9	1,10	76,8	5,6
7. $N_{90}$ – $(NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	563	23,9	1,12	77,0	5,7
8. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – по таломерзлой почве, $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	558	24,4	1,15	77,8	6,0
9. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – колошение)	551	24,0	1,10	76,8	5,8
10. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – налив зерна)	551	24,0	1,11	77,1	5,8

Table 2  
Yield structure of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers,  
on average in 2017–2019

Variant of the trial	Number of productive stems, pcs/m <sup>2</sup>	Number of kernels per head, pcs.	Kernel weight per head, g	Plant height, cm	Head length, cm
1. Control	426	22.7	0.99	65.3	4.5
2. N <sub>30</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (in frozen soil)	500	23.6	1.06	75.6	5.2
3. N <sub>30</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (at the beginning of a spring tillering period)	524	23.8	1.07	76.6	5.4
4. N <sub>60</sub> – UAN-32 (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period)	523	24.2	1.13	77.2	5.7
5. N <sub>60</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period)	539	24.5	1.17	78.0	6.0
6. N <sub>90</sub> – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N <sub>30</sub> – under seedbed cultivation) + UAN-32 (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period)	551	23.9	1.10	76.8	5.6
7. N <sub>90</sub> – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N <sub>30</sub> – under seedbed cultivation) + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period)	563	23.9	1.12	77.0	5.7
8. N <sub>90</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – in frozen soil, N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period)	558	24.4	1.15	77.8	6.0
9. N <sub>90</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period) + (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (N <sub>30</sub> – in heading phase)	551	24.0	1.10	76.8	5.8
10. N <sub>90</sub> – (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ) (N <sub>30</sub> – at the beginning of a spring tillering period, N <sub>30</sub> – at the end of a spring tillering period) + (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (N <sub>30</sub> – in kernel-filling period)	551	24.0	1.11	77.1	5.8

Таблица 3  
Качественные показатели зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %
1. Контроль	784	42,8	10,3	18,1
2. N <sub>30</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (по таломерзлой почве)	789	43,4	11,0	22,1
3. N <sub>30</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (начало весеннего кушения)	794	44,8	11,2	23,2
4. N <sub>60</sub> – КАС-32 (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения)	792	43,3	11,1	21,6
5. N <sub>60</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения)	790	43,6	11,3	21,6
6. N <sub>90</sub> – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N <sub>30</sub> – под предпосевную культивацию), КАС-32 (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения)	791	43,5	10,9	22,0
7. N <sub>90</sub> – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N <sub>30</sub> – под предпосевную культивацию), NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения)	790	43,4	10,8	22,6
8. N <sub>90</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – по таломерзлой почве, N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения)	795	44,7	11,3	23,7
9. N <sub>90</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения) + (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (N <sub>30</sub> – колошение)	792	44,5	11,8	24,0
10. N <sub>90</sub> – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (N <sub>30</sub> – начало весеннего кушения, N <sub>30</sub> – конец весеннего кушения) + (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (N <sub>30</sub> – налив зерна)	797	44,6	11,8	24,3

Table 3

Qualitative kernel indicators of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers, on average in 2017–2019

Агротехнологии

Variant of the trial	Nature weight, g/l	1000-kernel weight, g	Protein, %	Gluten, %
1. Control	784	42.8	10.3	18.1
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	789	43.4	11.0	22.1
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	794	44.8	11.2	23.2
4. $N_{60} - UAN-32$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	792	43.3	11.1	21.6
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	790	43.6	11.3	21.6
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + $UAN-32$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	791	43.5	10.9	22.0
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	790	43.4	10.8	22.6
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – in frozen soil, $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	795	44.7	11.3	23.7
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ ( $N_{30}$ – in heading phase)	792	44.5	11.8	24.0
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ ( $N_{30}$ – in kernel-filling period)	797	44.6	11.8	24.3

Повышенный эффект от внесения однократной азотной подкормки наблюдался в начале весеннего кушения (вариант 3) в сравнении с внесением по таломерзлой почве (вариант 2). Количество продуктивных стеблей в варианте 3 составило 524 шт/м<sup>2</sup>, что на 23,0 % больше, чем на контрольном варианте, и на 4,8 % больше, чем в варианте с более ранней подкормкой (вариант 2). Количество зерен в колосе и масса зерна с колоса в варианте 3 в сравнении с вариантом 2 растут до 23,8 шт. и 1,07 г соответственно. Высота растений и длина колоса незначительно увеличивалась с 75,6 см до 76,6 см и с 5,2 см до 5,4 см соответственно.

Дополнительные азотные подкормки в вариантах 4–10 в небольших пределах увеличивали число продуктивного стеблестоя в сравнении с вариантом 3 – в среднем они способствовали приросту на 15–39 шт. стеблей, или на 2,8–7,4 %. Высота растений и длина колоса также практически не изменялись, варьируя от 77,1 см до 78,0 см и от 5,6 см до 6,0 см соответственно. Дополнительные азотные подкормки изменяли главным образом продуктивность колоса. И если число зерен практически не изменялось (разница между вариантами 2–3 и 4–10 не превышала 1,3–3,8 % в пользу последних), то масса зерна в колосе возрастала с 1,06–1,07 г в вариантах 2–3 до 1,10–1,17 г в вариантах 4–10, или на 3,7–10,4 %.

Азотные подкормки способствовали повышению качественных показателей продукции, однако прямой закономерности роста содержания белка и клейковины при повышении дозы вносимого азота выявлено не было. Содержание белка и клейковины в зерне на контроле составило 10,3 % и 18,1 % соответственно (таблица 3).

Однократное внесение аммиачной селитры в вариантах 2 и 3 способствовало повышению содержания белка и клейковины до 11,0–11,2 % и до 22,1–23,2 % соответственно, причем отмечена тенденция к повышению качества при более поздней подкормке (вариант 3). В вариантах 4, 5 и 8 содержание белка и клейковины составило 11,1–11,3 % и 21,6–23,7 %, но в вариантах 6 и 7 оно снижалось до 10,8–10,9 и 22,0–22,6 % соответственно. Из данных таблицы 3 видно, что сульфат аммония, вносимый осенью, увеличивает урожайность мягкой озимой пшеницы, однако не оказывает практически никакого влияния на содержание белка в зерне. Мочевина, вносимая в фазу колошения и в фазу налива зерна (варианты 9 и 10), повышала качество продукции, а содержание белка в зерне составило 11,8 %, а клейковины – 24,0–24,3 %, т. е. в относительном исчислении содержание белка и клейковины повышалось на 4,4–9,2 % и 1,2–11,1 % соответственно.

Экономическая эффективность производства мягкой озимой пшеницы определялась главным образом ее урожайностью. Наименьшая урожайность зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лидия по предшественнику подсолнечник была отмечена на контроле (3,81 т/га). В этом варианте были наименьшими уровень условного чистого дохода – (11 336 руб/га) и рентабельность производства (49,1 %), а себестоимость тонны зерна была наибольшая – 6060 руб. (таблица 4).

Однократное внесение подкормки аммиачной селитрой в вариантах 2 и 3 способствовало повышению урожайности, а следовательно, рентабельности производства до 81,1 и 88,9% и чистого дохода на 8 363 руб/га и на 10 262 руб/га соответственно. Таким образом, внесение подкормки аммиачной селитрой ( $N_{30}$ ) в начале весеннего кушения позволило практически удвоить условный чистый доход в сравнении с контрольным вариантом.

Двукратное внесение КАС-32 в варианте 4 также дало высокий экономический эффект – рентабельность составила 89,5 %, а условный чистый доход – 22 752 руб/га, что на 11 416 руб/га выше, чем

на контрольном варианте, и на 1154 и 2053 руб/га выше, чем при однократном внесении аммиачной селитры в вариантах 2 и 3 соответственно. Максимальный экономический эффект наблюдался в варианте 8, где аммиачная селитра вносилась в дозе  $N_{90}$ . Высокая урожайность мягкой озимой пшеницы в этом варианте позволила получить условный чистый доход в размере 30 117 руб/га, а рентабельность производства зерна составила 112,9 %.

Варианты с внесением аналогичной дозы азота ( $N_{90}$ ), но при использовании других его форм и сроков внесения (сульфат аммония и КАС-32) уступали по этим показателям варианту 8. В варианте 6 при внесении сульфата аммония ( $N_{30}$ ) под предпосевную культивацию и подкормок КАС-32 сумма условного чистого дохода составила 27 514 руб/га, а рентабельность – 102,0 %. В варианте 7 при внесении сульфата аммония ( $N_{30}$ ) под предпосевную культивацию и подкормок аммиачной селитрой ( $N_{30}$  в начале весеннего кушения и  $N_{30}$  в конце весеннего кушения) условный чистый доход и рентабельность составили 28 826 руб/га и 106,6 % соответственно и были выше, чем в варианте 6.

Таблица 4  
Экономическая эффективность возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Валовой доход, руб/га	Условный чистый доход, руб/га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1. Контроль	34 446	11 336	6 060	49,1
2. $N_{30}$ – $NH_4NO_3$ (по таломерзлой почве)	43 990	19 699	5 154	81,1
3. $N_{30}$ – $NH_4NO_3$ (начало весеннего кушения)	45 888	21 598	4 887	88,9
4. $N_{60}$ – КАС-32 ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	48 165	22 752	4 872	89,5
5. $N_{60}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	51 675	26 197	4 618	102,8
6. $N_{90}$ – $(NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), КАС-32 ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	54 498	27 514	4 605	102,0
7. $N_{90}$ – $(NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – под предпосевную культивацию), $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	55 875	28 826	4 454	106,6
8. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – по таломерзлой почве, $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения)	56 783	30 117	4 336	112,9
9. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – колошение)	51 311	24 668	4 916	92,6
10. $N_{90}$ – $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – начало весеннего кушения, $N_{30}$ – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ ( $N_{30}$ – налив зерна)	51 059	24 415	4 940	91,6

Table 4

*Economic cultivation efficiency of the winter bread wheat variety 'Lidiya' when using nitrogen fertilizers, on average in 2017-2019*

Агротехнологии

Variant of the trial	Gross income, rubles/ha	Conditional net income, rubles/ha	Net cost, rubles/ha	Profitability, %
1. Control	34 446	11 336	6 060	49.1
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	43 990	19 699	5 154	81.1
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	45 888	21 598	4 887	88.9
4. $N_{60} - UAN-32$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	48 165	22 752	4 872	89.5
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	51 675	26 197	4 618	102.8
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + UAN-32 ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	54 498	27 514	4 605	102.0
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ ( $N_{30}$ – under seedbed cultivation) + $NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	55 875	28 826	4 454	106.6
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – in frozen soil, $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period)	56 783	30 117	4 336	112.9
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ ( $N_{30}$ – in heading phase)	51 311	24 668	4 916	92.6
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ ( $N_{30}$ – at the beginning of a spring tillering period, $N_{30}$ – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ ( $N_{30}$ – in kernel-filling period)	51 059	24 415	4 940	91.6

Несмотря на то что азотная подкормка, вносимая «на силу» зерна (варианты 9 и 10), способствовала повышению качественных показателей, уровень условного чистого дохода и рентабельность здесь были ниже, чем в вариантах 6 и 7, составив 24 668 руб/га и 24 415 руб/га и 92,6 % и 91,6 % соответственно.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Сельхозтоваропроизводителям при возделывании мягкой озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник для подкормок рекомендуется использовать аммиачную селитру как наиболее эффективное удобрение в дозе  $N_{90}$  по действующему веществу. Подкормку рекомендуется осуществлять дробно по  $N_{30}$ : по таломерзлой почве, в начале весеннего кушения и в конце весеннего кушения. Внедрение этого элемента технологии в производ-

ство позволит озимой пшенице сформировать максимальную урожайность зерна (до 6,15 т/га) и получить высокие экономические показатели (условный чистый доход – 30 117 руб/га, производственная рентабельность – 112,9 %).

Замена аммиачной селитры карбамидно-аммиачной смесью, сульфатом аммония, вносимыми осенью под предпосевную культивацию, незначительно снижает продуктивность мягкой озимой пшеницы (до 5,86 и 6,07 т/га), но приводит к существенному снижению экономической эффективности.

Подкормки растений карбамидом как в фазу колошения, так и в фазу налива зерна повышали содержание белка и клейковины в зерне мягкой озимой пшеницы до 11,8 % и 24,3 % соответственно, но не способствовали повышению урожайности.

#### Библиографический список

1. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Влияние сорта, предшественника, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на радиационный режим посевов озимой пшеницы // Аграрный Вестник Урала. 2019. № 5 (184), С. 23–27. DOI: 10.32417/article\_5d5157e4602168.55330898.
2. Hawkesford M. J. Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. Iss. 10. Pp. 2627–2632. DOI: 10.1093/jxb/erx079.



3. Bloomberg заявил о лидерстве России на рынке пшеницы [Электронный ресурс] // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2020/09/24/bloomberg-zaiavil-o-liderstve-rossii-na-rynke-pshenicy.html> (дата обращения: 18.05.2022).
4. Власенко Б. К., Рябцева Н. А. Потенциал *triticum aestivum* L. донской селекции // Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного Центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 26. С. 123–127.
5. Федорова В. И., Кузьменко С. С. Позиции Российской Федерации на мировом рынке зерна // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2018. № 3 (26). С. 16–21. DOI: 10.21777/2587-554X-2018-3-16-21.
6. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 2. Pp. 951–963. DOI: 10.2135/cropsci2016.02.0103.
7. Khaliq A., Abbas F., Farhad W., Fahad S. Comparative Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Wheat Productivity under Arid Region // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019. Vol. 19. Pp. 1406–1422. DOI: 10.1080/00103624.2020.1763385.
8. Walsh O. S., Shafian S., Christiaens R. J. Nitrogen Fertilizer Management in Dryland Wheat Cropping Systems // *Plants*. 2018. Vol. 7 (1). Article number 9. DOI: 10.3390/plants7010009.
9. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18. Iss. 8. Pp. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
10. Zörb C., Ludwig U., Hawkesford M. J. Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply // *Trends in Plant Science*. 2018. Vol. 23. Iss. 11. Pp. 1029–1037. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.08.012.
11. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 500–509. DOI: 10.15159/ar.18.064.
12. Визирская М. М., Аканова Н. И., Мамедов Г. М. Эффективность различных форм азотных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020. № 3 (375). С. 9–12. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-13040.
13. Scharf P., Lory J. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri [e-resource]. URL: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/69214/ipm1027-2018OctReviewed.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of reference: 18.05.2022).
14. Thilakarathna S. K., Hernandez-Ramirez G., Puurveen D., Kryzanowski L., Lohstraeter G., Powers L.-A., Quan N., Tenuta M. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects // *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. Iss. 6. Pp. 1910–1927. DOI: 10.1002/saj2.20145.
15. Romero C. M., Engel R. E., Chen C., Wallander R., Jones C. A. Late-Fall, Winter, and Spring Broadcast Applications of Urea to No-Till Winter Wheat II. Fertilizer N recovery, Yield, and Protein as Affected by NBPT // *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Vol. 81. Iss. 2. Pp. 331–340. DOI: 10.2136/sssaj2016.10.0333.

#### Об авторах:

Алексей Сергеевич Попов<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, ORCID 0000-0001-6593-1138, AuthorID 616729;

[popowaleksey@mail.ru](mailto:popowaleksey@mail.ru)

Александр Александрович Сухарев<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 617322;

[mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

Галина Владимировна Овсянникова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 398828

Нина Станиславовна Кравченко<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID 0000-0003-3388-1548,

AuthorID 727246

<sup>1</sup> Аграрный научный центр «Донской», Черноград, Россия

## Nitrogen fertilizers efficiency in the cultivation of winter wheat sown after sunflower

A. S. Popov<sup>1</sup>, A. A. Sukharev<sup>1✉</sup>, G. V. Ovsyannikova<sup>1</sup>, N. S. Kravchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

✉ E-mail: vniizk30@mail.ru

Агротехнологии

**Abstract.** The current paper has presented the results of applying various terms and types of nitrogen additional fertilizing in the cultivation of winter bread wheat. **The purpose** of the study was to establish the productivity and grain quality of winter bread wheat sown after sunflower, when using nitrogen additional fertilizing. Ammophos and ammonium sulfate were applied under seedbed cultivation; ammonium nitrate, urea and carbamide-ammonia mixture were used as additional fertilizing at different periods of active winter wheat vegetation. **Methods.** The research was conducted at the Agricultural Research Center “Donskoy” in 2017–2019. When laying and conducting the experiment, taking into account the yield, generally accepted methods were used; the technology of winter wheat cultivation and the dose of nitrogen fertilizing corresponds to the Zonal farming systems of the Rostov region. **Scientific novelty.** For the first time there have been determined the best terms, methods and doses of nitrogen additional fertilizing with various types of fertilizers for winter bread wheat in the southern part of the Rostov region. **Results.** There was established a significant effect of the terms of nitrogen fertilizing on productivity, as well as on winter wheat quality. Portioned application of ammonium nitrate at a dose of  $N_{90}$  contributed to obtaining the maximum productivity of 6.15 t/ha in the trial, and productivity increase in comparison with the control variant was 2.34 t/ha or 61.4 %. In other variants of the trial, productivity increase due to the use of nitrogen fertilizers ranged from 0.90 to 2.26 t/ha. Autumn application of ammonium sulfate at a dose of  $N_{30}$  under seedbed cultivation was an effective agricultural method that contributed to an additional productivity improvement on 0.55–0.64 t/ha. The high efficiency of nitrogen additional fertilizing was due to an improvement of the indicators of yield structure elements, namely, ‘kernel weight per head’ and ‘number of productive stems’. Nitrogen additional fertilizing improved qualitative characteristics of the product. There has been found out that under a portioned application of ammonium nitrate at a dose of  $N_{90}$ , there were yielded the highest economic indicators, such as 30 117 rubles/ha of conditional net income and 112.9 % of production profitability.

**Keywords:** winter wheat, nitrogen fertilizers, additional fertilizing, productivity, grain quality, economic efficiency.

**For citation:** Popov A. S., Sukharev A. A., Ovsyannikova G. V., Kravchenko N. S. Effektivnost’ primeneniya azotnykh udobreniy pri vozdelevanii ozimoy pshenitsy po predshestvenniku podsolnechnik [Nitrogen fertilizers efficiency in the cultivation of winter wheat sown after sunflower] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 33–43. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-33-43. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 19.05.2022, **date of review:** 13.06.2022, **date of acceptance:** 01.07.2022.

### References

1. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Vliyanie sorta, predshestvennika, urovnya mineral’nogo pitaniya, srokov seva i norm vyseva na radiatsionnyy rezhim posevov ozimoy pshenitsy [Effect of variety, predator, level of mineral food, terms of seva and norm seeding rates on radiation regime of crops of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 5 (184). Pp. 23–27. DOI: 10.32417/article\_5d5157e4602168.55330898. (In Russian.)
2. Hawkesford M. J. Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. Iss. 10. Pp. 2627–2632. DOI: 10.1093/jxb/erx079.
3. Bloomberg zayavil o liderstve Rossii na rynke pshenitsy [Bloomberg announced Russia's leadership in the wheat market] [e-resource] // Rossiyskaya gazeta. URL: <https://rg.ru/2020/09/24/bloomberg-zaiavil-o-liderstve-rossii-na-rynke-pshenicy.html> (date of reference: 18.05.2022). (In Russian.)
4. Vlasenko B. K., Ryabtseva N. A. Potentsial triticum aestivum l. donskey selektsii [Potential of triticum aestivum l. of Don selection] // Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo Federal’nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya. 2019. Vol. 26. Pp. 123–127. (In Russian.)
5. Fedorova V. I., Kuzmenko S. S. Pozitsii Rossiyskoy Federatsii na mirovom rynke zerna [Role of the Russian Federation on the world grain market] // Moscow Witte University Bulletin. Series 1: Economics and Management. 2018. No. 3 (26). Pp. 16–21. DOI: 10.21777/2587-554X-2018-3-16-21. (In Russian.)

6. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 2. Pp. 951–963. DOI: 10.2135/cropsci2016.02.0103.
7. Khaliq A., Abbas F., Farhad W., Fahad S. Comparative Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Wheat Productivity under Arid Region // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019. Vol. 19. Pp. 1406–1422. DOI: 10.1080/00103624.2020.1763385.
8. Walsh O. S., Shafian S., Christiaens R. J. Nitrogen Fertilizer Management in Dryland Wheat Cropping Systems // *Plants*. 2018. Vol. 7 (1). Article number 9. DOI: 10.3390/plants7010009.
9. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18. Iss. 8. Pp. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
10. Zörb C., Ludwig U., Hawkesford M. J. Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply // *Trends in Plant Science*. 2018. Vol. 23. Iss. 11. Pp. 1029–1037. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.08.012.
11. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 500–509. DOI: 10.15159/ar.18.064.
12. Vizirskaya M. M., Akanova N. I., Mamedov G. M. Effektivnost' razlichnykh form azotnykh udobreniy v usloviyakh neustoychivogo uvlazhneniya [Effectiveness of various forms of nitrogen fertilizers in conditions of unstable hydration] // *International Agricultural Journal*. 2020. No. 3 (375). Pp. 9–12. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-13040. (In Russian.)
13. Scharf P., Lory J. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri [e-resource]. URL: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/69214/ipm1027-2018OctReviewed.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of reference: 18.05.2022).
14. Thilakarathna S. K., Hernandez-Ramirez G., Puurveen D., Kryzanowski L., Lohstraeter G., Powers L.-A., Quan N., Tenuta M. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects // *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. Iss. 6. Pp. 1910–1927. DOI: 10.1002/saj2.20145.
15. Romero C. M., Engel R. E., Chen C., Wallander R., Jones C. A. Late-Fall, Winter, and Spring Broadcast Applications of Urea to No-Till Winter Wheat II. Fertilizer N recovery, Yield, and Protein as Affected by NBPT // *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Vol. 81. Iss. 2. Pp. 331–340. DOI: 10.2136/sssaj2016.10.0333.

#### **Authors' information:**

Aleksey S. Popov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, head of the department of cultivation technologies of grain and row crops, ORCID 0000-0001-6593-1138, AuthorID 616729; [popowaleksey@mail.ru](mailto:popowaleksey@mail.ru)

Aleksandr A. Sukharev<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 617322; [mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

Galina V. Ovsyannikova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 398828

Nina S. Kravchenko<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID 0000-0003-3388-1548, AuthorID 727246

<sup>1</sup> Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia