https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751
УДК 633.11: 631.5: 631.84: 631.559.2: 631.8.022.3

(cc) BY

Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области

© 2020. А. А. Сухарев✉, Г. В. Овсянникова
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация

Исследования (2017-2019 гг.) проводили в южной зоне Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Изучали эффективность сроков внесения (осенью при прекращении вегетации, весной по таломерзлой почве и в фазу кущения культуры) аммиачной селитры (N_{30}, N_{30+30}) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Краса Дона при различных нормах высева семян (500, 600, 700 шт/м^2). Мягкая озимая пшеница сорта Краса Дона, возделываемая по предшественнику «подсолнечник», положительно реагировала на двукратную азотную подкормку осенью и весной (N_{30} осенью при прекращении осенней вегетации + N_{30} весной по таломерзлой почве). В этом варианте была сформирована наибольшая урожайность – 6,09-6,18 т/га. Превышение над контрольным вариантом (без азотных подкормок) составило 2,38-2,63 т/га в зависимости от нормы высева, что значительно превосходит уровень $НСР_{05}$ в опыте ($НСР_{05}$ = 0,24 т/га). В варианте при норме высева семян 500 шт/м^2 был получен максимальный экономический эффект – рентабельность составила 121,3 %, а условный чистый доход 34268 руб/га. Внесение азотных подкормок способствовало повышению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г (в контроле 39,8-40,2 г) и содержания клейковины в зерне до 20,5-21,8 % (в контроле – 18,6-18,8 %).

Ключевые слова: *Triticum aestivum, норма высева, азотные подкормки, срок внесения подкормки, урожайность, экономическая эффективность*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № 0706-2019-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сухарев А. А., Овсянникова Г. В. Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):743-751. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751

Поступила: 01.09.2020 Принята к публикации: 05.11.2020 Опубликована онлайн: 10.12.2020

Periods of ammonium nitrate application during the cultivation of soft winter wheat variety Krasa Dona in the southern part of the Rostov region

© 2020. Aleksander A. Sukharev✉, Galina V. Ovsyannikova
Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Russian Federation

The studies were carried out in the southern part of the Rostov region in 2017-2019 on typical carbonate chernozem. Studied was the efficiency of periods of ammonium nitrate application (N_{30}, N_{30+30}) in autumn when the vegetation season is finished, in spring in the thawed soil, and during the tillering phaseon the yield and quality of winter wheat grain of Krasa Dona variety by different seed sowing rates (500, 600, 700 pcs/m^2). Soft winter wheat variety Krasa Donacultivated after sunflower has shown a good reaction to double nitrogen top-dressing in autumn and in spring (N_{30} in autumn when the autumn growing season is finished + N_{30} in spring on thawed soil). In this variant there has been formed the largest yield of 6.09-6.18 t/ha. The productivity excess over the control variant (without nitrogen top-dressings) was 2.38-2.63 t/ha, depending on the seeding rate, which significantly exceeded the level of LSD_{05} in the experiment (LSD_{05} = 0.24 t/ha). In addition, in this variant with the-seeding rate of 500 pcs/m^2 the maximum economic efficiency was obtained. The profitability was 121.3 %, and the contingent net income was 34,268 rub/ha. The application of nitrogen fertilizing provided an increase in the mass of 1000 grains to 42.6-43.0 g (39.8-40.2 g in the control) and increased the gluten content in the grain to 20.5-21.8 % (18.6-18.8 % in the control).

Keywords: *Triticum aestivum, seeding rates, nitrogen top-dressing, time of top-dressing application, productivity, economic efficiency*

Acknowledgment: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignmentof Agricultural Research Center «Donskoy»(theme No. 0706-2019-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Sukharev A. A., Ovsyannikova G. V. Periods of ammonium nitrate application during the cultivation ofsoft winter wheat variety Krasa Dona in the southernpart of the Rostov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):743-751. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751

Received: 01.09.2020 Accepted for publication: 05.11.2020 Published online: 10.12.2020

Главную роль в получении стабильных урожаев зерна мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) играет выбор предшественника [1]. Не менее важным элементом технологии, влияющим на урожайность, является применение минеральных удобрений [2]. Немаловажное значение в повышении урожайности этой культуры и улучшении качества зерна отводится азотным подкормкам [3, 4]. Азотное питание создает благоприятные условия для кущения осенью и весной, что позволяет нарастить число продуктивных стеблей, а, следовательно, увеличить урожайность и повысить экономическую эффективность производства [5]. Рано весной озимая пшеница, как правило, испытывает недостаток азота, поэтому весеннее внесение азотных удобрений способствует значительному повышению урожайности озимых зерновых культур [6]. Однако Ростовская область подвергается изменению погодно-климатических условий (часто наблюдается поздняя весна с быстрым нарастанием температуры), что снижает эффективность весенних азотных подкормок и требует вносить коррективы в сроки их внесения, тем самым компенсируя негативные абиотические факторы [7].

В качестве предшественника для озимой пшеницы всё чаще используется подсолнечник, который благодаря своей высокой экономической эффективности может занимать в севообороте значительное место[1]. Однако, по предшественнику «подсолнечник» создаются жесткие условия для роста и развития озимой пшеницы [8]. Для компенсации негативных для растений условий по данному предшественнику рекомендуется увеличивать норму высева семян, что, в свою очередь, позволяет увеличить количество продуктивных стеблей [9]. Регулируя норму высева, можно добиться как повышения урожайности, так и качества зерна озимой пшеницы [10, 11]. Так как азотные подкормки способствуют дополнительному кущению растений, важно выяснить оптимальную норму высева мягкой озимой пшеницы при различных дозах и сроках внесения азотной подкормки.

Цель исследований – выявить влияние сроков внесения аммиачной селитры на урожай и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при различных нормах высева по предшественнику «подсолнечник».

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017-2019 гг. В качестве объекта исследований был взят сорт мягкой озимой пшеницы Краса Дона, который высевали по предшественнику «подсолнечник» с нормами высева семян 500 шт/м^2, 600 шт/м^2 и 700 шт/м^2.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,6 %, подвижного фосфора в пределах 20-22 мг/кг и обменного калия 315-320 мг/кг почвы.

Обработка почвы – рекомендованная для зоны, сроки посева в пределах оптимальных для зоны (20-30 сентября). Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см, посевная площадь делянки – 55 м^2, повторность – четырёхкратная. После уборки предшественника под основную обработку вносили 120 кг/га аммофоса ($NH_4H_2PO_4$) в физическом весе, механизировано разбросным способом. Для подкормки использовали аммиачную селитру (NH_4NO_3). Подкормки осуществляли разбросным способом вручную. Осеннюю подкормку проводили в середине ноября, весенние подкормки – в марте-апреле.

Варианты опыта:

1. Контроль (без подкормок).
2. Ранневесенняя подкормка по таломерзлой почве в дозе N_{30}.
3. Ранневесенняя подкормка по таломерзлой почве N_{30} + подкормка в фазе весеннего кущения N_{30}.
4. Осенняя подкормка N_{30} + подкормка в фазе весеннего кущения N_{30}.

Уборку урожая проводили комбайном Sampo 2010 прямым способом, учёт урожайности осуществляли весовым методом, для математической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа[2]. Экономическую эффективность производства рассчитывали по методике Н. Н. Баранова с соавторами.[3]

[1]Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2013. Ч. I. 248 с.

[2]Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., Агропромиздат. 1985. 351 с.

[3]Баранов Н. Н., Кореньков Д. А., Михайлова И. И., Васильева В. А., Синдрякова И. Ф., Поташева И. А. Экономика использования удобрений. М.: Колос, 1974. 320 с.

Таблица 1 – **Влияние норм высева и доз азотных подкормок на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона по предшественнику «подсолнечник», т/га (2017-2019 гг.) /**
Table 1 – **The effect of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings on the yield of soft winter wheat variety Krasa Dona sown after «sunflower», t/ha (2017-2019)**

Норма высева семян (фактор B) / Seedingrate (factor B)	*Варианты внесения азотной подкормки (фактор A) / Variants of nitrogen top-dressings (factor A)*			*Среднее по фактору A (HCP_{05} = 0,18) / Average for factor A (LSD_{05} = 0.18)*
	контроль (без подкормок) / control (no top dressings)	*N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the spring on thawed soil*	*N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение / N_{30} in the spring on thawed soil + N_{30} spring tillering*	*N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the autumn + N_{30} in the spring on thawed soil*	
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	3,46	4,58	5,42	6,09	4,89
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	3,64	4,88	5,57	6,11	5,05
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	3,81	5,06	5,66	6,18	5,18
Среднее по фактору B (HCP_{05} = 0,21) / Average for factor B (LSD_{05} = 0.21)	3,64	4,84	5,55	6,13	

HCP_{05} (для сравнения частных средних) – 0,24 / Average LSD_{05} is 0.24

Весна 2017 года была благоприятна для развития озимой пшеницы. За осенне-зимний период выпало 263,4 мм осадков, что составило 95 % от среднемноголетних за этот период, а возобновление весенней вегетации отмечено 1 марта 2017 г. Невысокие температуры весны способствовали продолжительному кущению озимых культур.

Весна 2018 года была менее благоприятна для роста и развития озимой пшеницы, чем весна 2017 года. Несмотря на то, что растения находились в хороших условиях влагообеспеченности (за осенне-зимний период выпало 307,4 мм осадков, что на 30,2 мм превысило сумму осадков по сравнению со среднемноголетним показателем), возобновление весенней вегетации наступило позже – 5 апреля 2018 г. Температура апреля на 1,8 °С превышала норму, поэтому растения получили меньше времени для дополнительного весеннего кущения, что связано с ускоренным прохождением фенологических фаз [12].

В 2019 году возобновление весенней вегетации отмечено 20 марта, превышение среднемноголетней температуры наблюдали во все весенние месяцы и в целом за весенний период оно составило 2,1 °С. Достаточно позднее возобновление вегетации и повышенный температурный режим уменьшили возможности для весеннего кущения озимой пшеницы.

Погодные условия за годы исследований отличались разнообразием, что позволило широко охарактеризовать эффективность различных сроков внесения азотных подкормок.

Результаты и их обсуждение. В среднем за 2017-2019 гг. по предшественнику «подсолнечник» урожайность составила 3,46-6,18 т/га, в зависимости от варианта опыта. Наибольшее влияние на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона оказали азотные подкормки. Доля влияния подкормок составила 93,8 %. В контрольном варианте (без внесения подкормок) урожайность озимой пшеницы составила 3,46-3,81 т/га, а при однократной подкормке в дозе N_{30} весной по таломерзлой почве – 4,58-5,06 т/га, что на 1,11-1,25 т/га, или на 32,0-32,8 % больше (табл. 1).

Двукратная азотная подкормка (N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение) увеличивала урожайность в сравнении с контрольным вариантом на 1,85-1,96 т/га, или на 51,4-53,4 %. Дополнительная подкормка в дозе N_{30} в фазу весеннего кущения способствовала получению прибавки урожая

0,60-0,84 т/га в сравнении с однократной подкормкой по таломёрзлой почве. Максимальная урожайность была получена в варианте с осенней подкормкой (N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве) – 6,09-6,18 т/га, что выше контрольного на 2,38-2,63 т/га, или 68,7-69,0 %. Анализируя данные, можно говорить о том, что по предшественнику «подсолнечник» осенняя подкормка формировала прибавку урожайности на уровне 1,13-1,51 т/га. Таким образом, осенняя подкормка превышала по эффективности внесение аммиачной селитры в фазу весеннего кущения почти в два раза.

По предшественнику «подсолнечник» в среднем за годы исследований фактор «норма высева» мало повлиял на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона (доля влияния данного фактора составила 1,2 %). В контрольном варианте (без внесения азотной подкормки) при повышении нормы высева семян с 500 до 600 шт/м^2 урожайность увеличивалась на 0,18 т/га, а при норме 700 шт/м^2 – до 0,35 т/га ($НСР_{05}$ = 0,24 т/га). Внесение одной азотной подкормки в дозе N_{30} весной по таломёрзлой почве усиливало влияние фактора «норма высева». В данном варианте рост урожайности при увеличении нормы высева семян до 600 шт/м^2 составил 0,30 т/га, при норме высева семян до 700 шт/м^2 – 0,48 т/га. Внесение двух азотных подкормок (N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение) снижало влияние фактора «норма высева», так как прибавки урожайности, полученные при увеличении нормы высева семян до 600-700 шт/м^2, не превышали уровня НСР и составили 0,15-0,24 т/га. Внесение двух азотных подкормок в варианте с осенним внесением первой подкормки (N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве) практически полностью нивелировало эффект от увеличения нормы высева. Снижение эффекта от повышения нормы высева семян с 500 до 700 шт/м^2 связано с увеличением продуктивного кущения при внесении двух азотных подкормок.

Урожай сельскохозяйственных культур формируется из составляющих его элементов структуры. В среднем за три года исследований (2017-2019 гг.) определяющими в формировании урожайности сортов озимой пшеницы были количество продуктивных стеблей на единице площади, озерненность колоса и масса зерна с колоса. Применение азотных подкормок способствовало увеличению числа продуктивных стеблей, причём данный эффект наблюдался и при увеличении нормы высева семян. В контрольном варианте без внесения азотных подкормок при норме высева 500 шт/м^2 число продуктивных стеблей составило 336 шт/м^2, в вариантах с нормой высева 600 и 700 шт/м^2 их число возрастало до 367-384 шт/м^2 (табл. 2).

Число зёрен в колосе в контроле составило 25,9 шт. во всех вариантах нормы высева, однако, наблюдалась тенденция к снижению массы зерна с колоса при увеличении нормы высева (с 1,08 до 1,04 г).

Однократное применение азотных удобрений (N_{30} по таломёрзлой почве) в варианте с нормой высева семян 500 шт/м^2 способствовало увеличению числа продуктивных стеблей до 409 шт/м^2, или на 21,7 %. В варианте с нормой высева семян 600 шт/м^2 число продуктивных стеблей составило 437 шт/м^2, что на 29,4 % выше, чем в контрольном варианте, с нормой высева до 700 шт/м^2 соответственно составило 435 шт/м^2, или на 13,3 %. Под воздействием однократной азотной подкормки также наблюдалось увеличение продуктивности колоса. В варианте с однократной азотной подкормкой весной по таломёрзлой почве в дозе N_{30} число зёрен в колосе составило 26,9-27,0 г, а масса зерна с одного колоса – 1,15-1,16 г, что соответственно на 3,7-4,3 % и 7,7-10,6 % выше контрольного варианта.

В варианте с двукратной азотной подкормкой весной (N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение) также наблюдался рост числа продуктивных стеблей в сравнении с однократным внесением аммиачной селитры. Число продуктивных стеблей в зависимости от нормы высева в данном варианте составило 455-489 шт/м^2, то есть наблюдается увеличение показателя на 5,5-12,4 % под воздействием азотной подкормки в фазе весеннего кущения. Дополнительная азотная подкормка в фазе весеннего кущения положительно повлияла на продуктивность колоса – число зёрен в колосе составило 27,6-28,0 шт. (выше на 2,9-4,2 %), а масса зерна с одного колоса достигала 1,21-1,23 г (выше на 4,9-5,7 %).

Максимальное количество продуктивного стеблестоя в среднем за годы исследований отмечено при двукратной азотной подкормке N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве. В данном варианте число продуктивных стеблей достигало 496-510 шт/м^2 в зависимости от нормы высева семян. Число продуктивных стеблей возросло на 64-86 шт/м^2, или 14,6-21,2 % в сравнении с однократным внесением подкормки весной по таломёрзлой почве.

Таблица 2 – **Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в зависимости от норм высева и доз азотных подкормок по предшественнику «подсолнечник» (среднее за 2017-2019 гг.) /**
Table 2 – **Yield structure of soft winter wheat variety Krasa Dona, sown after «sunflower» in dependence of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings (average for 2017-2019)**

Норма высева семян / Seedingrate	*Высота растений, см / Plant height, cm*	*Длина колоса, см / Length of a head, cm*	*Количество / Numberof*		*Масса зерна с колоса, г / Grainweightper head, g*
			продуктивных стеблей, шт/м² / productive stems, pcs/m²	*зерен в колосе, шт. / grains per head, pcs.*	
Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)					
500 шт/м² / 500 pcs/m²	58,2	5,5	336	25,9	1,08
600 шт/м² / 600 pcs/m²	58,7	4,8	367	25,9	1,05
700 шт/м² / 700 pcs/m²	60,6	4,3	384	25,9	1,04
N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the spring on thawed soil					
500 шт/м² / 500 pcs/m²	68,3	5,4	409	27,0	1,16
600 шт/м² / 600 pcs/m²	68,8	5,4	437	26,9	1,16
700 шт/м² / 700 pcs/m²	68,9	4,9	435	26,9	1,15
N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение / N_{30} in the spring on thawed soil + N_{30} spring tillering					
500 шт/м² / 500 pcs/m²	72,7	5,5	455	28,0	1,23
600 шт/м² / 600 pcs/m²	73,8	4,7	475	28,0	1,22
700 шт/м² / 700 pcs/m²	77,7	4,6	489	27,6	1,21
N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in th eautumn + N_{30} in the spring on thawed soil					
500 шт/м² / 500 pcs/m²	72,6	5,4	496	28,5	1,28
600 шт/м² / 600 pcs/m²	74,9	5,3	501	28,5	1,28
700 шт/м² / 700 pcs/m²	75,3	4,7	510	28,5	1,27

Продуктивность одного колоса в данном варианте также достигала максимума – число зёрен составило 28,5 шт. во всех вариантах норм высева, а масса зерна с колоса – 1,27-1,28 г. По сравнению с однократной азотной подкормкой по таломёрзлой почве число зёрен в колосе возрастало на 5,7-6,1 %, а масса зерна в колосе на 9,7-10,7 % в среднем за годы исследований. Таким образом, внесение первой азотной подкормки осенью способствовало дополнительному продуктивному кущению более эффективно, чем вторая азотная подкормка в фазе весеннего кущения.

Высота растений озимой пшеницы увеличивалась при внесении азотных подкормок с 58,2-60,6 см в контрольном варианте до 72,6-77,7 см при двукратном внесении аммиачной селитры. В меньшей степени (на уровне тенденции) повышение нормы высева семян способствовало увеличению высоты растений и уменьшению длины колоса из-за конкуренции в рядке.

Как уже говорилось выше, недостаточная обеспеченность растений азотом в период налива и созревания зерна приводит к формированию низкокачественной продукции. По качественным показателям зерно изучаемых сортов по предшественнику «подсолнечник» относится к 4-му классу качества (табл. 3).

Содержание белка в зерне мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в контроле составило 10,0-10,2 %, клейковины – 18,6-18,8 %. Масса 1000 зёрен составила 39,8-40,2 г в зависимости от срока посева. Однократное внесение азотной подкормки по таломёрзлой почве способствовало увеличению урожайности без потерь в качестве: содержание белка и клейковины в зерне составило 10,1-10,2 % и 18,5-18,9 % соответственно. В сравнении с контрольным вариантом выросла масса 1000 зёрен (41,4-41,9 г). Две азотные подкормки как в варианте «N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение», так и в варианте «N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве» также способствовали увеличению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г и 42,6 г соответственно.

Таблица 3 – **Влияние норм высева и доз азотных подкормок на качество зерна озимой пшеницы сорта Краса Дона по предшественнику «подсолнечник» (2017-2019 гг.) /**
Table 3 – **The effect of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings on the grain quality of winter wheat variety Krasa Dona sown after «sunflower» (2017-2019)**

Норма высева семян / Seedingrate	*Содержание в зерне, % / Content in the grain%*		*Масса 1000 зерен, г / 1000 grainmass, g*	*Натура, г/л / Nature weight, g/l*
	белок / protein	*клейковина / gluten*		
Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)				
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	10,0	18,6	40,2	786
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	10,2	18,8	39,8	785
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	10,0	18,6	39,6	780
N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the spring on thawed soil				
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	10,2	18,9	41,9	789
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	10,1	18,5	41,8	787
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	10,2	18,7	41,4	785
N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение / N_{30} in the spring on thawed soil + N_{30} spring tillering				
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	10,7	20,5	43,0	786
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	10,7	21,2	42,6	784
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	10,6	21,8	42,7	788
N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in th eautumn + N_{30} in the spring on thawed soil				
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	10,6	19,5	42,6	791
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	10,7	19,8	42,6	792
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	10,8	21,4	42,6	793

Кроме того, удвоенная азотная подкормка ($2N_{30}$) способствовала повышению количества клейковины в зерне по сравнению с контрольным вариантом. В варианте «N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве» содержание клейковины в зерне составило 19,5-21,4 %, в варианте «N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение» содержание клейковины в зерне достигало максимума и составило 20,5-21,8 %, что объясняется более поздним сроком внесения второй подкормки, оказавшей меньшее влияние на урожайность, но повысившей качество зерна. Содержание белка в зерне в вариантах с удвоенной подкормкой имело тенденцию к увеличению в сравнении с контрольным и составило 10,6-10,8 %. Натура зерна была выше в варианте «N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве» – 791-793 г/л в зависимости от срока посева.

В среднем за три года изучения (2017-2019 гг.) изучаемые факторы оказали различное влияние на экономическую эффективность возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона (табл. 4).

Максимальный экономический эффект получили в варианте «N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве». В данном варианте рентабельность составила 111,8-121,3 % в зависимости от нормы высева, а минимальной она была в контрольном варианте без внесения азотных подкормок – 42,0-46,1 %.

Увеличение нормы высева семян с 500 до 700 шт/м^2 обладало положительным эффектом только в контрольном варианте (без внесения азотных подкормок) и в варианте с однократным внесением аммиачной селитры (N_{30} весной по таломерзлой почве). В данных вариантах минимальная рентабельность получена при норме высева 500 шт/м^2 – 42,0 и 76,3 %, минимальным был и условный чистый доход – 10517 и 20339 руб/га соответственно. Увеличение нормы высева семян до 700 шт/м^2, несмотря на возросшие затраты на семена, привело к росту урожайности озимой пшеницы, что позволило увеличить рентабельность производства до 46,1 и 83,1 % в контроле и в варианте «N_{30}, весной по таломерзлой почве» соответственно, а условный чистый доход увеличился на 1812 и 3216 руб/га соответственно.

Таблица 4 – **Экономическая эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу при различных нормах высева по предшественнику «подсолнечник» (2017-2019 гг.) /**
Table 4 – **Economic efficiency of the use of nitrogen top-dressing for winter wheat sown after «sunflower» with various seeding rates (2017-2019)**

Норма высева семян / Seedingrate	*Урожайность, т/га / Productivity, t/ha*	*Затраты, руб/га / Costs, rubles per ha*	*Валовый доход, руб/га / Grossincome, rubles per ha*	*Условный чистый доход, руб/га / Contingentnet income, rubles per ha*	*Себестоимость, руб/т / Netcost, rublesperton*	*Рентабельность, % / Profitability, %*
Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)						
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	3,46	25038	35555	10517	7229	42,0
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	3,64	25894	37402	11508	7107	44,4
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	3,81	26750	39079	12329	7027	46,1
N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the spring on thawed soil						
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	4,58	26645	46984	20339	5822	76,3
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	4,88	27501	50064	22563	5639	82,0
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	5,06	28357	51912	23555	5608	83,1
N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение / N_{30} in the spring on thawed soil + N_{30} spring tillering						
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	5,42	28252	55642	27390	5213	96,9
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	5,57	29108	57147	28039	5229	96,3
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	5,66	29964	58071	28107	5297	93,8
N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве / N_{30} in the autumn + N_{30} in the spring on thawed soil						
500 шт/м^2 / 500 pcs/m^2	6,09	28252	62520	34268	4639	121,3
600 шт/м^2 / 600 pcs/m^2	6,11	29108	62725	33617	4764	115,5
700 шт/м^2 / 700 pcs/m^2	6,18	29964	63478	33514	4846	111,8

В вариантах с двукратным внесением азотных подкормок положительный экономический эффект от увеличения нормы высева снижался. В варианте «N_{30} весной по таломерзлой почве + N_{30} весеннее кущение» рентабельность при норме высева семян 500 шт/м^2 достигала максимума, и составила 96,9 %, снижаясь до 96,3 % при норме высева семян 600 шт/м^2 и до 93,8 % – 700 шт/м^2. Тем не менее, показатель условного чистого дохода был на 650-718 руб/га выше по более высоким нормам высева – 600 и 700 шт/м^2. В варианте с внесением двух подкормок (N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве) экономический эффект от увеличения нормы высева снижался ещё более значительно. Максимальная рентабельность получена при норме высева семян 500 шт/м^2 – 121,3 %, рентабельность снижалась до 115,5 % при норме высева семян 600 шт/м^2, а при норме 700 шт/м^2 – до 111,8 %. Условный чистый доход в этом варианте внесения подкормок при норме высева семян 500 шт/м^2 также был максимальным и достигал 34268 руб/га. С увеличением нормы высева семян до 600 шт/м^2 условный чистый доход снижался до 33617 руб/га, а при норме высева 700 шт/м^2– до 33514 руб/га.

Выводы. Мягкая озимая пшеница сорта Краса Дона положительно реагировала на двукратную азотную подкормку осенью и весной (N_{30} осенью + N_{30} весной по таломерзлой почве). В этом варианте была сформирована наибольшая урожайность зерна – 6,09-6,18 т/га. Превышение над контрольным вариантом (без азотных подкормок) составило 2,38-2,63 т/га в зависимости от нормы высева, что значительно превышает уровень $НСР_{05}$ в опыте ($НСР_{05}$ = 0,24 т/га). В этом варианте при норме

высева семян 500 шт/м^2 был получен максимальный экономический эффект – рентабельность составила 121,3 %, а условный чистый доход – 34268 руб/га. Повышение нормы высева семян до 600-700 шт/м^2 по предшественнику «подсолнечник» экономически оправдано при возделывании мягкой озимой пшеницы с однократным внесением азотных удобрений в подкормку, либо без внесения их. В подобных условиях увеличение нормы высева способствовало росту урожайности на 0,18-0,48 т/га, рентабельности на 2,4-6,8 %, условного чистого дохода на 991-3216 руб/га. Внесение азотных подкормок способствовало повышению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г (в контроле 39,8-40,2 г) и увеличивало содержание клейковины в зерне до 20,5-21,8 % (в контроле – 18,6-18,8 %).

Список литературы

1. Попов А. С. Влагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(11):10-13. DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11102

2. Дридигер В. К., Кащаев Е. А., Стукалов Р. С., Паньков Ю. И., Войцеховская С. С. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на их урожайность и экономическую эффективность в севообороте. Земледелие. 2015;(7):20-23.

3. Есаулко А. Н., Гарибджанян Г. А., Голосной Е. В., Громова Н. В. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы. Земледелие. 2020;(3):38-40. DOI: https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310

4. Austin R. B., Ford M. A., Edrich J. A., Blackwell R. D. The nitrogen economy of winter wheat. The Journal of Agricultural Science.1977;88(1):159-167. DOI: https://doi.org/10.1017/S002185960003389X

5. 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. CropScience. 2017;57(2):951-963. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103

6. Лапшин Ю. А., Бырканова С. В. Эффективность производства фуражного зерна в одновидовых и смешанных озимых агробиоценозах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(2(39)):4-10. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21254985

7. Четвериков Ф. П., Денисов Е. П., Солодовников А. П., Панасов М. Н. Влияние абиотических факторов на урожайность озимой пшеницы в сухостепной зоне Заволжья. Зерновое хозяйство России. 2012;(6):27-30. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18753104

8. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Рыбась И. А., Иванисов М. М., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник. Зерновое хозяйство России. 2018;(6 (60)):46-49. DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49

9. Попов А. С. Нормы высева семян озимой пшеницы Лазурит в зависимости от предшественников и сроков посева в условиях Ростовской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(6):548-556. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556

10. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research. 2018;221:166-174. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028

11. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat.Chilean J.Agric. Res. 2014;74(1). DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004

12. Baker C. K., Gallagher J. N., Monteith J. L. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. Plant, Cell & Environment. 1980;3(4):285-287.

References

1. Popov A. S. *Vlagoobespechennost' posevov tverdoy ozimoy pshenitsy pri vozdelyvanii po razlichnym predshestvennikam*. [Moisture availability of winter durum wheat crops during cultivation after various forecrops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(11):10-13. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11102

2. Dridiger V. K., Kashchaev E. A., Stukalov R. S., Pan'kov Yu. I., Voytsekhovskaya S. S. *Vliyanie tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na ikh urozhaynost' i ekonomicheskuyu effektivnost' v sevooborote*. [Influence of crop cultivation technology on their productivity and economic efficiency in crop rotation]. *Zemledelie*. 2015;(7):20-23. (In Russ.).

3. Esaulko A. N., Garibdzhanyan G. A., Golosnoy E. V., Gromova N. V. *Effektivnost' primeneniya zhidkikh i tverdykh azotnykh mineral'nykh udobreniy v rannevesennyuyu podkormku posevov ozimoy pshenitsy*. [Efficiency of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers under early spring top dressing of winter wheat]. *Zemledelie*. 2020;(3):38-40. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310

4. Austin R. B., Ford M. A., Edrich J. A., Blackwell R. D. The nitrogen economy of winter wheat. The Journal of Agricultural Science. 1977;88(1):159-167. DOI: https://doi.org/10.1017/S002185960003389X

5. 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;57(2):951-963. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103

6. Lapshin Yu. A., Byrkanova S. V. *Effektivnost' proizvodstva furazhnogo zerna v odnovidovykh i smeshannykh ozimykh agrobiotsenozakh*. [The effectiveness of fodder grain production in one-species and mixed winter agrobiocenoses]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2014;(2(39)):4-10. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21254985

7. Chetverikov F. P., Denisov E. P., Solodovnikov A. P., Panasov M. N. *Vliyanie abioticheskikh faktorov na urozhaynost' ozimoy pshenitsy v sukhostepnoy zone Zavolzh'ya*. [Influence of abiotic factors upon winter wheat productivity in dry steppe zone of Zavolzhie]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2012;(6):27-30. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18753104

8. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Rybas' I. A., Ivanisov M. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. *Izuchenie urozhaynosti i elementov ee struktury u sortov ozimoy myagkoy pshenitsy po predshestvenniku podsolnechnik*. [The study of productivity and elements of its structure of the winter soft wheat varieties sown after sunflower]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018;(6 (60)):46-49. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49

9. Popov A. S. *Normy vyseva semyan ozimoy pshenitsy Lazurit v zavisimosti ot predshestvennikov i srokov poseva v usloviyakh Rostovskoy oblasti*. [Lazurit winter wheat seeding rates in dependence to the predecessors and time of sowing in the Rostov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(6):548-556. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556

10. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research. 2018;221:166-174. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028

11. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. Chilean J. Agric. Res. 2014;74(1). DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004

12. Baker C. K., Gallagher J. N., Monteith J. L. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. Plant, Cell & Environment. 1980;3(4):285-287.

Сведения об авторах

✉ **Сухарев Александр Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4172-0878**, e-mail: mns862@rambler.ru

Овсянникова Галина Владимировна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4172-0878**

Information about authors

✉ **Aleksander A. Sukharev**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», NauchnyGorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4172-0878**, e-mail: mns862@rambler.ru

Galina V. Ovsyannikova, PhD in Agricultural science, leading researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», NauchnyGorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4172-0878**

✉ – Для контактов / Corresponding author