

Научная статья

Original article

УДК 631.416:54-38

DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_16

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО И АММОНИЙНОГО
АЗОТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА
ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ**

OPTIMIZATION OF NITRATE AND AMMONIUM NITROGEN CONTENTS
BASED ON THE APPLICATION OF DIFFERENT FORMS OF NITROGEN
MINERAL FERTILIZERS IN WINTER WHEAT CROPS ON LEACHED
CHERNOZEM



Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Ситников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ректор Ставропольского государственного аграрного университета, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), ORCID: 0000-0002-7557-555X

Громова Наталья Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(903)445-79-37, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Гарибджанян Гайк Арменович, аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. 8(8652) 35-22-82, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Устименко Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. 8(8652) 35-22-82, E-mail: ustimenko_elen_a_26@mail.ru

Yesaulko Alexander Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Dean of the Faculty of Agrobiology and Land Resources, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, trans. Zootechnical, 12), tel. +7(962) 400-41-95, ORCID: 0000-0003-0441-9055, E-mail: aesaulko@yandex.ru

Sitnikov Vladimir Nikolaevich, PhD in Agricultural Sciences, Rector, Stavropol State Agrarian University, Associate Professor, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, FGBOU VO Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, Zootechnical Lane, 12), ORCID: 0000-0002-7557-555X

Gromova Natalya Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Stavropol, Zootekhnii Lane, 12), tel. +7(903)445-79-37, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Garibdzhanyan Gaik Armenovich, postgraduate student of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017,

Stavropol, Zootekhnichesky Lane, 12), tel. 8(8652) 35-22-82, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Ustimenko Elena Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Stavropol, Zootekhnicheskiy lane, 12), tel. 8(8652) 35-22-82, E-mail: ustimenko_elena_26@mail.ru.

Аннотация. Исследования проведены в 2017-2019 гг. с целью изучения дробного внесения в ранневесеннюю подкормку жидких и твердых минеральных азотных удобрений на содержание в 0-20 см слое чернозема выщелоченного нитратного и аммонийного азота и урожайность озимой пшеницы в условиях Ставропольской возвышенности. Научная новизна исследований заключалась в том, что впервые в Ставропольском крае было проведено комплексное изучение видов, доз и кратности внесения азотных удобрений в посевах озимой пшеницы. В зависимости от изучаемых факторов установлено оптимальное содержание в почве доступных форм азота и влияние на уровень урожайности культуры. Схема опыта предполагала исследование следующих вариантов: Эксперимент был заложен на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ. фактор А - вид удобрения (аммиачная селитра; КАС-32); фактор В - доза внесения удобрений (35, 70, 105, 140 кг/га д.в.); фактор С- кратность внесения удобрений (однократное, дробное). Первую азотную подкормку проводили в фазе полного кущения весной при возобновлении вегетации растений озимой пшеницы, при дробном внесении – вторую в конце кущения. Делянки размещали методом рендомизированных повторений в 3-х кратной повторности. Общая площадь делянки – 72 м²; учетная – 40 м². Применение аммиачной селитры в среднем значительно повышает содержание нитратного азота (19,8 мг/кг), а по сравнению с карбамидо-аммиачной смесью (19,3 мг/кг), разница составляла 0,5 мг/кг. Независимо от кратности и дозы внесения испытываемые азотные удобрения достоверно повышали содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см на 2,9-

10,5 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. При дробном внесении содержание нитратного азота казалось выше по сравнению с разовым внесением, и разница составила 1,1 мг/кг в 0-20 см слое почвы. Внесение возрастающих доз азотных удобрений способствовало достоверному повышению урожайности озимой пшеницы на 0,82-2,80 т/га по сравнению с контролем. По сравнению с однократным внесением полной дозы применение дробного удобрения повысило урожай зерна на 0,18 т/га.

Abstract. The studies were conducted in 2017-2019. in order to study the fractional application of liquid and solid mineral nitrogen fertilizers in early spring fertilizing to determine the content of leached nitrate and ammonium nitrogen in the 0-20 cm layer of chernozem and the yield of winter wheat in the conditions of the Stavropol Upland. The scientific novelty of the research was that for the first time in the Stavropol Territory, a comprehensive study of the types, doses and frequency of application of nitrogen fertilizers in winter wheat crops was carried out. Depending on the factors studied, the optimal content of available forms of nitrogen in the soil and the effect on the level of crop yield have been established. The experimental design involved the study of the following options: The experiment was launched at the training and experimental station of the Stavropol State Agrarian University. factor A - type of fertilizer (ammonium nitrate; CAS-32); factor B - dose of fertilizer (35, 70, 105, 140 kg/ha a.i.); factor C - frequency of fertilizer application (single, fractional). The first nitrogen fertilization was carried out in the full tillering phase in the spring when the growing season of winter wheat plants resumed, and with fractional application - the second at the end of tillering. The plots were placed using the method of randomized repetitions in 3 replicates. The total area of the plot is 72 m²; accounting - 40 m². The use of ammonium nitrate on average significantly increases the content of nitrate nitrogen (19.8 mg/kg), and compared with the urea-ammonium mixture (19.3 mg/kg), the difference was 0.5 mg/kg. Regardless of the frequency and dose of application, the tested nitrogen fertilizers significantly increased the content of nitrate nitrogen in the soil layer 0-20 cm by 2.9-10.5 mg/kg compared to the control variant. With fractional application, the content of nitrate nitrogen seemed to be higher compared to a single

application, and the difference was 1.1 mg/kg in the 0-20 cm soil layer. The introduction of increasing doses of nitrogen fertilizers contributed to a significant increase in the yield of winter wheat by 0.82-2.80 t/ha compared to the control. Compared to a single application of a full dose, the use of fractional fertilizer increased the grain yield by 0.18 t/ha.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, озимая пшеница, аммиачная селитра, карбамидно-аммиачная смесь, нитратный азот, аммонийный азот, урожайность

Key words: leached chernozem, winter wheat, ammonium nitrate, urea-ammonium mixture, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, productivity.

Важнейшей продовольственной культурой является озимая пшеница. Она служит основным продуктом питания для населения.

При выборе форм и видов минеральных удобрений необходимо учитывать усвоение элементов растениями. Несмотря на то, что нитраты и аммоний физиологически эквивалентны в питании растений, эффективность различных форм азотных удобрений близка только при оптимальных условиях поглощения. Удобрение КАС представляет собой карбамидо-аммиачную смесь, широко применяемую в сельском хозяйстве и чаще всего применяемую для подкормки озимых культур [1].

В состав карбамидо-аммиачной смеси входят аммонийные, нитратные и амидные соединения азота. Благодаря такому уникальному составу удобрение КАС обеспечивает растениям длительное насыщение азотом. Отсутствие аммиака в свободной форме исключает его испарение [2,3]

Минеральные удобрения используются для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Это считается одним из основных средств регулирования биологического круговорота, предотвращения истощения почв и деградации агроландшафтов. Важнейшим условием оптимизации сельскохозяйственного производства и эколого-экономического благополучия общества является применение удобрений с учетом физиологических потребностей растений [3].

Азотные удобрения являются важным элементом технологии возделывания озимой пшеницы. Процессы нитрификации и аммонификации почвы ранней весной замедляются по нескольким причинам, одна из причин это низкие температуры. Вследствие чего появляются признаки азотного голодания и соответственно снижается урожайность [4, 5, 6].

Одной из важнейших задач агрохимии является разумный подход к использованию удобрений, а также повышение их рентабельности за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Решением может стать внесение жидких и твердых минеральных удобрений в виде подкормки ранней весной. Увеличение их дозы позволяет значительно повысить урожайность зерна [7, 8, 9].

По мнению многих ученых, научно обоснованная система земледелия требует оптимального сочетания различных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур [8,9].

Испытания проводились в период с 2017 по 2019 гг. в Ставропольском государственном аграрном университете. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом выщелоченным среднегумусным тяжелоглинистым, имеющим следующие агрохимические характеристики: содержание гумуса (по Тюрину в редакции ЦИНАО ГОСТ 26213-91) - 5,2-5,9%, нитрифицирующая способность (ионометрический). метод, ГОСТ 26951-86) - 16-30 мг/кг, наличие подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205-91) - 26-28 и 240-260 мг/кг. Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте почвы нейтральная, с рН 6,2-6,7.

Объектом исследования являлся сорт озимой пшеницы Баграт.

В годы исследований предшественником для озимой пшеницы была озимая пшеница. В качестве предмета исследования выступили жидкие и твердые минеральные удобрения, кратность и дозы внесения азотных удобрений в подкормку.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

Фактор А - вид удобрения (аммиачная селитра (ГОСТ 2-2013, твердые); КАС-32 (ТУ 2181-629- 00209023-02, жидкие);

Фактор В - доза внесения удобрений (35, 70, 105, 140 кг/га д.в.);

Фактор С- кратность внесения удобрений (однократное, дробное).

На всех вариантах опыта до посева в качестве фона вносили аммофос в дозе $N_{12}P_{52}$. Контроль – без дополнительных азотных удобрений.

Первую азотную подкормку проводили в фазе полного кущения весной при возобновлении вегетации растений озимой пшеницы, при дробном внесении – вторую в конце кущения.

Таблица 1 – Варианты опыта

№	Вид удобрения	Доза N в подкормку, кг/га		Общая доза N, кг/га
		1-ю	2-ю	
К	Контроль (фон)	–	–	–
	Naa	17,5	17,5	35
1	Naa	35	–	35
2	Naa	70	–	70
3	Naa	35	35	70
4	КАС	17,5	17,5	35
5	КАС	35	–	35
6	КАС	70	–	70
7	КАС	35	35	70

Делянки размещали методом рендомизированных повторений в 3-х кратной повторности. Общая площадь делянки – 72 м²; учетная – 40 м².

Определение нитратного азота проводили ионометрическим методом с помощью ионоселективного электрода, ГОСТ 26951–86; определение аммиачного азота колориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489–91. Учет урожая проводили методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту по методике Госсортоиспытания [15].

Результаты. При внесении всех испытуемых доз азотных удобрений содержание нитратного азота в фазах вегетации растений непрерывно снижалось, начиная с фазы трубкования (25,5 мг/кг), и минимальные значения были отмечены в фазу полной спелости (12,7 мг/кг). Эта тенденция объясняется тем, что количество потребляемого азота также увеличивается с увеличением

биомассы растений, поэтому содержание в почве также уменьшается с развитием растений (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние азотных подкормок на динамику содержания нитратного азота в слое почвы 0-20 см (среднее за 2017-2019 гг.), мг/кг

Вид удобрения, А	Доза, кг/га д. в-ва, В	Кратность внесения, С	Сроки отбора, D			А, НСР ₀₅ =0,6	В, НСР ₀₅ =0,7	С, НСР ₀₅ =0,9		
			Трубкавание	Колошение	Полная спелость					
Наа	Контроль	1	18,2	13,5	8,1	19,8	14,7	19,7		
		2	18,9	14,6	9,3			20,8		
	35 _(17.5+17.5) *	1	22,7	18,4	11,5		17,6			
		2	22,1	17,7	11,2					
	70 ₍₃₅₊₃₅₎ *	1	28,2	21,2	14,3		18,9			
		2	27,7	20	13,9					
	105 ₍₇₀₊₃₀₎ *	1	29,2	20,8	14,2		23,0			
		2	33	23,4	16,6					
	140 ₍₇₀₊₇₀₎ *	1	31,3	21,5	14,7		25,2			
		2	35,5	24,6	17,7					
	КАС	Контроль	1	20	15,3		10,4	19,3		
			2	20,8	16,5		11			
		35 _(17.5+17.5) *	1	23,2	19,8		12,4			
			2	22,9	18,2		11,5			
70 ₍₃₅₊₃₅₎ *		1	27,3	19,9	12,8					
		2	28	20,4	13,6					
105 ₍₇₀₊₃₀₎ *		1	30,1	21,5	14,4					
		2	32,8	24	16,3					
140 ₍₇₀₊₇₀₎ *		1	34,1	24,3	16,2					
		2	37,3	26,9	18,5					
D, НСР ₀₅ =1,6			25,5	20,1	12,7				НСР ₀₅ =2,12	

В среднем по опыту, применение аммиачной селитры существенно увеличило содержание нитратного азота в среднем (19,8 мг/кг), по сравнению с карбамидо-аммиачной смесью (19,3 мг/кг), разница составила 0,5 мг/кг в 0-20 см слой почвы.

Независимо от кратности и дозы внесения испытываемые азотные удобрения достоверно повышали содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см на 2,9-10,5 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Внесение дозы 70 кг/га д.в. по

сравнению с контролем увеличилось на 4,2 мг/кг, а внесение в дозе 105 кг/га д.в. способствовало увеличению на 8,3 мг/кг, применением дозы 140 кг/га д.в. способствовало существенному увеличению содержания нитратного азота на 10,6 мг/кг в слое почвы 0-20 см.

В среднем по опыту кратность внесения тоже внесла свои коррективы. При дробном внесении содержание нитратного азота казалось выше по сравнению с разовым внесением, и разница составила 1,1 мг/кг в 0-20 см слое почвы. По опыту в среднем максимальное содержание нитратного азота наблюдалось в вариантах с высокой дозой азота (105 и 140 кг/га д.в.).

Таким образом, применение аммиачной селитры в среднем значительно повышало содержание нитратного азота (19,8 мг/кг), а по сравнению с карбамидо-аммиачной смесью (19,3 мг/кг), разница оказалась несущественной и составляла 0,5 мг/кг. Независимо от кратности и дозы внесения испытываемые азотные удобрения достоверно повышали содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см на 2,9-10,5 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Внесение дозы 70 кг/га д.в. по сравнению с контролем увеличилось на 4,2 мг/кг, а внесение в дозе 105 кг/га д.в. способствовало увеличению на 8,3 мг/кг, применением дозы 140 кг/га д.в. способствовало увеличению содержания нитратного азота на 10,6 мг/кг в слое почвы 0-20 см. При дробном внесении содержание нитратного азота казалось выше по сравнению с разовым внесением, и разница составила 1,1 мг/кг в 0-20 см слое почвы.

При внесении всех испытываемых доз азотных удобрений содержание аммонийного азота в фазах вегетации растений непрерывно снижалось, начиная с фазы трубкования (30,2 мг/кг), с достижением минимальных значений в фазу полного созревания (18,6 мг/кг). Эта тенденция объясняется тем, что количество потребляемого азота также увеличивается с увеличением биомассы растений, поэтому содержание в почве также уменьшается с развитием растений (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние азотных подкормок на динамику содержания аммонийного азота в слое почвы 0-20 см (среднее за 2017-2019 гг.), мг/кг

Вид	Доза, кг/га	Кратнос	Сроки отбора, D	A,	B,	C,
-----	-------------	---------	-----------------	----	----	----

удобрения, А	д. в-ва, В	ть внесены, С	Трубкавание	Колошение	Полная спелость	НСП ₀₅ =0,64	НСП ₀₅ =0,82	НСП ₀₅ =0,42		
Наа	Контроль	1	27,2	22,1	15,4	24,7	22,2	26,3		
		2	27,4	22,3	15,8			26,7		
	35 _{(17.5+17.5)*}	1	30,1	25,2	16,9		25,2			
		2	28,9	23,4	16					
	70 _{(35+35)*}	1	30,9	25,9	18,3		26,1			
		2	30	25	17,2					
	105 _{(70+30)*}	1	31	26,1	18,5		28,8			
		2	33,4	28,5	21,1					
	140 _{(70+70)*}	1	31,6	27,2	19,8		30,1			
		2	34,1	29,6	22,6					
	КАС	Контроль	1	27,7	23,2		16,5	26,4		
			2	28,2	23,8		16,9			
		35 _{(17.5+17.5)*}	1	33	29,1		19,8			
			2	32,4	27,7		19,2			
70 _{(35+35)*}		1	33,6	29,5	20,9					
		2	33,3	28,6	20,5					
105 _{(70+30)*}		1	36,5	32,1	23,4					
		2	37,1	33,9	24,2					
140 _{(70+70)*}		1	37,8	33,2	25,2					
		2	38,5	34,8	26,3					
D, НСП ₀₅ =1,3			30,2	27,6	18,6		НСП ₀₅ =2,48			

По опыту, применение аммиачной селитры значительно повысило содержание аммонийного азота в среднем (24,7 мг/кг), разница по сравнению с карбамидо-аммиачной смесью (26,4 мг/кг) составила 1,7 мг/кг в 0-20 см слое почвы.

Независимо от кратности и дозы внесения азотные удобрения достоверно повышали содержание аммонийного азота в слое почвы 0-20 см на 3,0-7,9 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Внесение дозы 70 кг/га д.в. по сравнению с контролем увеличилось на 3,9 мг/кг, а внесение в дозе 105 кг/га д.в. способствовало увеличению на 6,6 мг/кг, применением дозы 140 кг/га д.в. способствовало увеличению содержания нитратного азота на 7,9 мг/кг в слое почвы 0-20 см.

По опыту максимальное содержание аммонийного азота независимо от кратности внесения зафиксировано на вариантах с высокой дозой азота (105 и 140

кг/га д.в.). Однократное внесение азотных удобрений незначительно снижало содержание аммонийного азота в слое почвы 0-20 см, разница составила 0,4 мг/кг почвы.

Так, по опыту, в среднем применение аммиачной селитры значительно повысило содержание аммонийного азота (24,7 мг/кг), а по сравнению с карбамидо-аммиачной смесью (26,4 мг/кг) и разница составила 1,7 мг/кг в 0-20 см слое почвы. Независимо от кратности и дозы внесения азотные удобрения достоверно повышали содержание аммонийного азота в 0-20 см слое почвы на 3,0-7,9 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Внесение дозы 70 кг/га д.в. по сравнению с контролем увеличилось на 3,9 мг/кг, а внесение в дозе 105 кг/га д.в. способствовало увеличению на 6,6 мг/кг, применением дозы 140 кг/га д.в. способствовало увеличению содержания нитратного азота на 7,9 мг/кг в слое почвы 0-20 см. Максимальное содержание аммонийного азота независимо от кратности внесения зафиксировано на вариантах с высокой дозой азота (105 и 140 кг/га д.в.). Однократное внесение азотных удобрений несущественно снижало содержание аммонийного азота в слое почвы 0-20 см, разница составила 0,4 мг/кг почвы и находилась в пределах ошибки опыта.

Изучаемые виды азотных удобрений не оказали существенного влияния на урожайность озимой пшеницы: - средние значения показателей фактора А (Naa и КАС), представленные в таблице 4, были на одном уровне значимости (4,56 и 4,66 т/га соответственно). Все изучаемые дозы азотных удобрений способствовали достоверной прибавке урожая по сравнению с контролем на уровне 0,82...2,80 т/га. Внесение подкормки дробным способом повысила урожайность на 0,18 т/га по сравнению с однократным внесением всей дозы. Кроме того, значительное увеличение наблюдалось только на вариантах, содержащих высокую дозу азота (140 кг/га д.в.).

Максимальная урожайность отмечена на этих же вариантах: на растворе КАС - 6,34 т/га, Naa - 6,22 т/га.

Таблица 4 – Влияние видов, доз и кратности внесения азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы, т/га (среднее за 2017–2019 гг.)

Доза, кг/га д.в. (фактор В)	Удобрение (фактор А)				Среднее по фактору В
	Наа		КАС		
	кратность внесения (фактор С)				
	однократное	двукратное	однократное	двукратное	
Контроль	3,19	3,15	3,13	3,19	3,17
35 _(17,5+17,5) *	3,92	3,92	4,10	4,00	3,99
70 ₍₃₅₊₃₅₎ *	4,53	4,69	4,65	4,67	4,64
105 ₍₇₀₊₃₅₎ *	5,09	5,36	5,26	5,46	5,29
140 ₍₇₀₊₇₀₎ *	5,54	6,22	5,76	6,34	5,97
Среднее по фактору А	4,56		4,66		
Среднее по фактору С	4,52	4,70			
НСР ₀₅ фактор А = 0,16; НСР ₀₅ фактор В = 0,34; НСР ₀₅ фактор С = 0,18; НСР ₀₅ взаимодействие АВС = 0,42					

* – дозы N при кратном внесении.

Таким образом, внесение возрастающих доз азотных удобрений способствовало достоверному повышению урожайности озимой пшеницы на 0,82...2,80 т/га по сравнению с контролем. По сравнению с однократным внесением полной дозы применение дробного удобрения повысило урожай зерна на 0,18 т/га.

Литература

1. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Громова Н. В. Оптимизация питания сортов озимой пшеницы путем внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности // Агротехнический вестник. 2018. № 4. С. 3–7.

2. Беловолова, А. А. Влияние регуляторов роста на физиологические процессы семян озимой пшеницы / А. А. Беловолова, Н. В. Громова // В сборнике: Актуальные вопросы экологии и природопользования Сборник научных трудов по материалам VI международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2018. С. 37-41.

3. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 19–25.

4. Шеуджен А. Х. Агрохимия: учеб. пособие. М.: ООО «Полиграф Юг», 2017. 860 с.

5. Агрохимия / В. Г. Минеев, В. Г. Сычёв, Г. П. Гамзиков и др. М.: ВНИИА, 2017. 854 с.

6. Responses of winter wheat production to green manure and nitrogen fertilizer on the loess plateau / Z. Dabin, Y. Pengwei, Z. Na et al. // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. No. 1. P. 361–374.

7. Завалин А. А., Соколов О. А. Азот и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 1. С. 14–17.

8. Муравин Э. А., Титова В. И. Агрохимия. М.: КолосС, 2010. 463 с.

9. Influence of crop residue management, cropping system and N fertilizer on soil N and C dynamics and sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production / J. Bakht, M. Shafi, M. Tariq Jan et al. // Soil and Tillage Research. 2009. Vol. 104. No. 2. P. 233–240.

Literature

1. Esaulko A. N., Ozheredova A. Yu., Gromova N. V. Optimization of nutrition of winter wheat varieties by applying calculated doses of mineral fertilizers to the planned level of productivity // Agrochemical Bulletin. 2018. No. 4. S. 3–7.

2. Belovolova, A. A. Influence of growth regulators on the physiological processes of winter wheat seeds / A. A. Belovolova, N. V. Gromova // In the collection: Topical issues of ecology and nature management Collection of scientific papers based on materials of the VI International Scientific and Practical Conference . - Stavropol, 2018. S. 37-41.

3. Kiryushin V. I. Mineral fertilizers as a key factor in the development of agriculture and optimization of environmental management // Achievements of Science and Technology of the АПК. 2016. No. 3. P. 19–25.

4. Sheudzhen A. Kh Agrochemistry: textbook. allowance. M.: Polygraph Yug LLC, 2017. 860 p.

5. Agrochemistry / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzikov et al. M.: VNIIA, 2017. 854 p.

6. Responses of winter wheat production to green manure and nitrogen fertilizer on the loess plateau / Z. Dabin, Y. Pengwei, Z. Na et al. // Agronomy Journal. 2015. Vol. 107. No. 1. P. 361–374.

7. Zavalin A. A., Sokolov O. A. Nitrogen and quality of wheat grain // Fertility. 2018. No. 1. P. 14–17.

8. Muravin E. A., Titova V. I. Agrochemistry. M.: KolosS, 2010. 463 p.

9. Influence of crop residue management, cropping system and N fertilizer on soil N and C dynamics and sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production / J. Bakht, M. Shafi, M. Tariq Jan et al. // Soil and Tillage Research. 2009 Vol. 104. No. 2. P. 233–240.

© Есаулко А.Н., Ситников В.Н., Громова Н.В., Гарибджанян Г.А., Устименко Е.А., 2023. *International agricultural journal*, 2023, №5, 1561-1574

Для цитирования: Есаулко А.Н., Ситников В.Н., Громова Н.В., Гарибджанян Г.А., Устименко Е.А. ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО И АММОНИЙНОГО АЗОТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ // *International agricultural journal*. 2023. №5, 1561-1574