



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314
УДК 633.111:661.152.3:631.445.2(438)


Научная статья / Research article

Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше

Р. Блашик¹, В.В. Носов², А.Ф. Пэлий²  

¹PhosAgro Polska Sp. z o.o., г. Варшава, Польша

²АО «Апатит», г. Москва, Российская Федерация

 APeliy@phosagro.ru

Аннотация. В полевых опытах, проведенных на супесчаной подзолистой почве в Лодзинском воеводстве (коммуна Велюнь, волость Масловице) на Опытной станции Польского научно-исследовательского сортоиспытательного центра, изучено влияние различных систем подкормок озимой пшеницы при интенсивной системе выращивания на урожайность и качественные показатели зерна. Почва до закладки опытов характеризовалась нейтральной реакцией почвенной среды, очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней обеспеченностью подвижным калием в 2017 и 2019 гг. и высокой обеспеченностью в 2018 г. Исходная обеспеченность почвы нитратным азотом была средней в 2017 г. и высокой в 2018 и 2019 гг. Подзолистые почвы региона, легкого гранулометрического состава, часто имеют низкую обеспеченность серой, доступной для растений. При низком содержании гумуса в таких почвах невелик резерв серы в органической форме, в связи с чем в интенсивную технологию возделывания озимой пшеницы были включены варианты с серосодержащими марками удобрений. Погодные условия вегетационных периодов 2017—2018, 2018—2019 и 2019—2020 гг. отличались недостаточным количеством выпавших атмосферных осадков в критические для формирования урожая зерна фазы развития. Урожайность зерна озимой пшеницы во все годы исследований была максимальной в варианте 3 с применением в подкормку аммиачной селитры и комплексного серосодержащего удобрения Araviva NPK(S) 15:15:15(10). Прибавка относительно заложенного с осени фосфорно-калийного фона (двойной суперфосфат и калий хлористый) составила 25, 34 и 30 % в 2018, 2019 и 2020 г. соответственно. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы в опыте 6,93 т/га была получена в варианте 3 в 2019 г. Такая система подкормок озимой пшеницы обеспечивала стабильное получение высокого дополнительного дохода.

© Блашик Р., Носов В.В., Пэлий А.Ф., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: озимая пшеница, серосодержащие удобрения, урожайность зерна, минеральное питание

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 27 октября 2021 г., принята к публикации 20 апреля 2022 г.


Для цитирования: Блашик Р., Носов В.В., Пэлий А.Ф. Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 299—314. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314

Efficiency of early spring feeding of winter wheat complex fertilizers on light podzolic soil in Poland

Roman M. Blashik¹, Vladimir V. Nosov², Alexandr F. Peliy²  

¹PhosAgro Polska Sp. z o.o., Warsaw, Poland

²Apatit company, Moscow, Russian Federation

 APeliy@phosagro.ru

Annotation. Field experiments were carried out on sandy loamy podzolic soil in the Łódź Voivodship (Wieluń commune, Masłowice parish) at the Experimental Station of the Polish Research Variety Testing Center, to study the effect of various winter wheat feeding systems with an intensive cultivation system on yield and grain quality indicators. The soil before conducting the experiments was characterized by a neutral reaction of the soil environment, a very high level of mobile phosphorus, and an average content of mobile potassium in 2017 and 2019, and high availability in 2018. The initial level of nitrate nitrogen in the soil was medium in 2017 and high in 2018 and 2019. The podzolic soils of the region, with a light granulometric composition, often have a low supply of sulfur available to plants. With a low content of humus in such soils, there is a small reserve of sulfur in organic form, and therefore, variants with sulfur-containing fertilizers were included in the intensive technology of winter wheat cultivation. Weather conditions of the growing seasons 2017—2018, 2018—2019 and 2019—2020 differed by an insufficient amount of atmospheric precipitation during the growth stages critical for grain formation. The yield of winter wheat grain in all years of research was maximum in variant 3 with the use of ammonium nitrate and complex sulfur-containing fertilizer Apaviva NPK(S) 15:15:15(10) as top dressing. The yield increase resulted from the autumn phosphorus-potassium application (double superphosphate and potassium chloride) was 25, 34 and 30 % in 2018, 2019 and 2020, respectively. The maximum grain yield of winter wheat in the experiment of 6.93 t/ha was obtained in variant 3 in 2019. Such a system of winter wheat top dressing provided a stable high additional income.

Keywords: winter wheat, sulfur-containing fertilizers, grain yield, mineral nutrition

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received 27 October 2021. Accepted 20 April 2022.

For citation: Blashik RM, Nosov VV, Peliy AF. Comprehensive assessment of *Krascheninnikovia ceratoides* L. development and its productive potential in reclaimed pastures of arid zone. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):299—314. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314

Введение

Возделывание современных, высокопродуктивных сортов озимых культур требует новых подходов к минеральному питанию растений, учитывающих ряд факторов. «При выращивании зерновых озимых культур схема минерального питания растений должна включать несколько приемов внесения удобрений, а именно: основное и припосевное с использованием комплексных марок удобрений и подкормки азотными удобрениями с учетом планируемой урожайности и почвенно-климатических условий в зоне возделывания. Такой подход обеспечивает получение как высокой урожайности, так и высокого качества зерна без рисков полегания культур», считают В.А. Бурлуцкий [1], А.Ф. Пэлий [2].

По мнению ряда авторов А.Я. Айдиева [3], Н.И. Цимбаллист [4], В.Д. Соловченко [5] и R. Shi, Y. Zhang [6] «урожайность возделываемых культур формируется за счет эффективного плодородия почвы, которое характеризуется наличием в почве усвояемых растениями форм питательных веществ и влаги»^{1, 2, 3, 4}. Озимая пшеница — культура, предъявляющая повышенные требования к почвенному плодородию и обладающая большой отзывчивостью на внесение удобрений, считают П.Ф. Политько [7], В.И. Лазарев [8], А.А. Ореховская [9].

По мнению ряда авторов А.Г. Ступакова [10], Н.В. Долгополова [11] и В.Д. Соловченко [12] «из агротехнических приемов, определяющих урожайность и качество продукции, оптимизация минерального питания с учетом предшественников, гранулометрического состава почвы, является важнейшим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур».

Посевы озимой пшеницы занимают самую большую площадь среди других культур во всем мире, это одна из ведущих продовольственных культур [13—15]. На легких почвах риск вымывания элементов питания возрастает, поэтому целесообразным приемом применения удобрений для получения стабильно-высоких урожаев является дробное их внесение.

Цель исследования — изучить эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше.

Материалы и методы исследования

Почва опытных участков, расположенных на Опытной станции Польского научно-исследовательского сортоиспытательного центра (Лодзинское воеводство, коммуна Велюнь, волость Масловице), — супесчаная подзолистая легкого гранулометрического состава. Почва характеризовалась нейтральной реакцией

¹ Мельникова О.В. Агроэкологическое обоснование биологизации растениеводства на юго-западе Центрального региона России: автореф. дис. ... д-ра с. — х. наук. Брянск: Брянская ГСХА, 2009. 46 с.

² Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во МГУ, 2004. 753 с.

³ Растениеводство: учебник / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. М.: ИНФРА-М, 2018. 612 с.

⁴ Ступаков А.Г. Агрохимическое обоснование системы удобрения зерно-свекловичного севооборота на черноземе выщелоченном (в условиях западной части ЦЧЗ): автореф. дисс. ... д-ра с. — х. наук. М.: Агроэкоинформ, 1998. 36 с.

почвенной среды, очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней обеспеченностью подвижным калием в 2017 и 2019 гг. и высокой обеспеченностью подвижным калием в 2018 г. (табл. 1). Исходная обеспеченность почвы нитратным азотом (слой 0—60 см) была средней в 2017 г. и высокой — в 2018 и 2019 гг. Предшественники в 1, 2 и 3-й сезоны различались: озимый рапс, горох и соя соответственно.

Таблица 1

Предшественники, сорта озимой пшеницы, сроки посева и исходная агрохимическая характеристика супесчаной подзолистой почвы (0–20 см)

Год проведения опыта	Предшественник	Сорт озимой пшеницы	pH _{KCl}	N-NO ₃ [*]	Подвижные формы**	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/кг почвы		
2017/2018	Озимый рапс	Аркадия	6,4	12	188	178
2018/2019	Горох	Артист	6,2	65	231	202
2019/2020	Соя	Аркадия	6,0	73	320	169

* В слое 0–60 см.

**По методу Эгнера – Рима (ДЛ-метод) в вытяжке 0,02 М лактата Са и 0,02 М HCl.

Table 1

Forecrops, varieties of winter wheat, sowing dates and initial agrochemical characteristics of sandy loamy podzolic soil (0–20 cm)

Research year	Forecrop	Winter wheat variety	pH _{KCl}	N-NO ₃ [*]	Mobile forms **	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
				mg/kg soil		
2017/2018	Winter rapeseed	Arkadiya	6.4	12	188	178
2018/2019	Pea	Artist	6.2	65	231	202
2019/2020	Soybean	Arkadiya	6.0	73	320	169

* In the layer 0–60 cm.

**According to the Egner-Riem method (DL-method) in the extract of 0.02 M Ca lactate and 0.02 M HCl.

Сезон 2017—2018 гг. в центральной части Польши характеризовался более высоким температурным режимом и обильными атмосферными осадками в осенне-весенний период, однако летом осадков было меньше относительно среднеголетних показателей (рис. 1, 2). Метеонаблюдения в регионе проводятся с 1951 г.

В целом вегетационный период в 2018—2019 гг. характеризовался засушливыми условиями — количество выпавших атмосферных осадков было ниже климатической нормы, а среднемесячная температура воздуха превышала норму. Так, в июне 2019 г. выпало в 1,5 раза меньше осадков, а среднемесячная температура воздуха была на 4,5 °С выше по сравнению со среднеголетними значениями. Ранний посев озимой пшеницы (20.09.2018) уберег растения от осенней засухи в фазу прорастания семян.

Сезон 2019—2020 гг. характеризовался недостаточным атмосферным увлажнением. Количество атмосферных осадков было существенно ниже среднеголетних значений. Озимая пшеница была посеяна в ранние сроки, что позволило минимизировать негативное влияние засухи в начальный период роста и развития растений. Зима была засушливее и теплее, а весна—засушливее и холоднее по сравнению с климатической нормой. Это было серьезным лимитирующим фактором в формировании урожая озимой пшеницы.

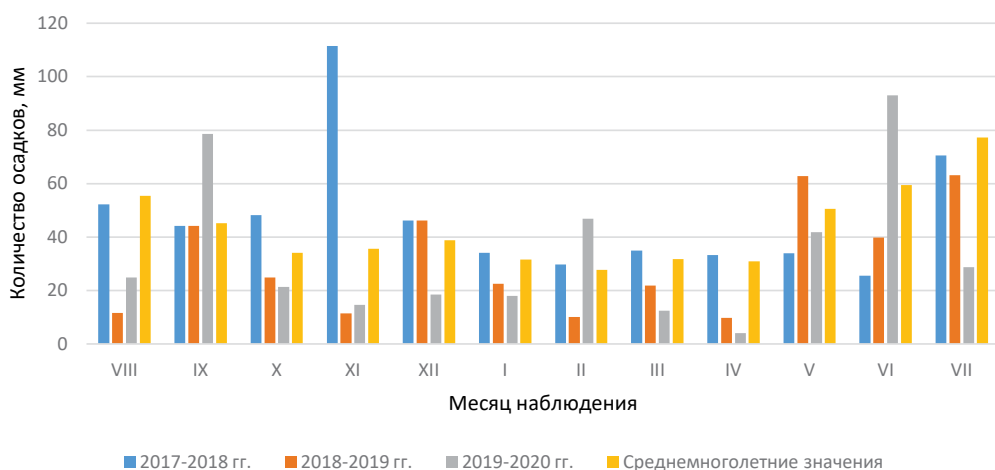


Рис. 1. Ежемесячная сумма осадков за 2017–2020 гг.

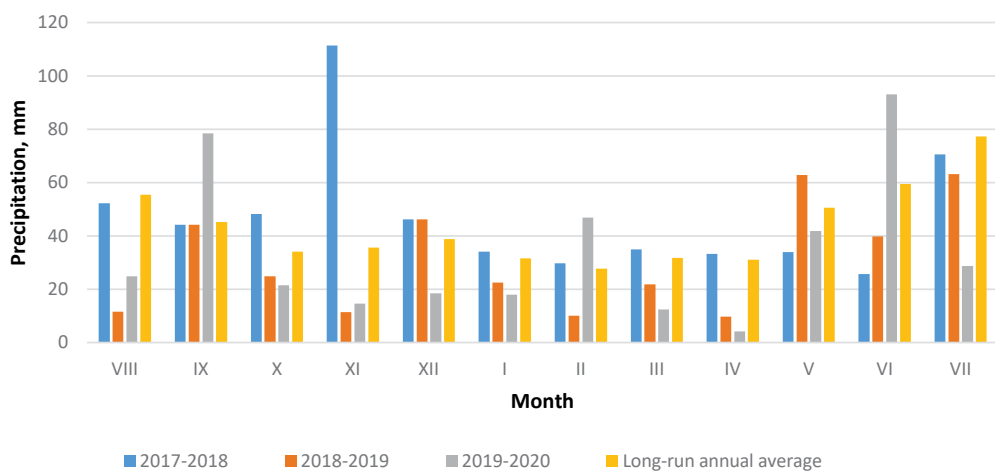


Fig. 1. Monthly precipitation for 2017–2020

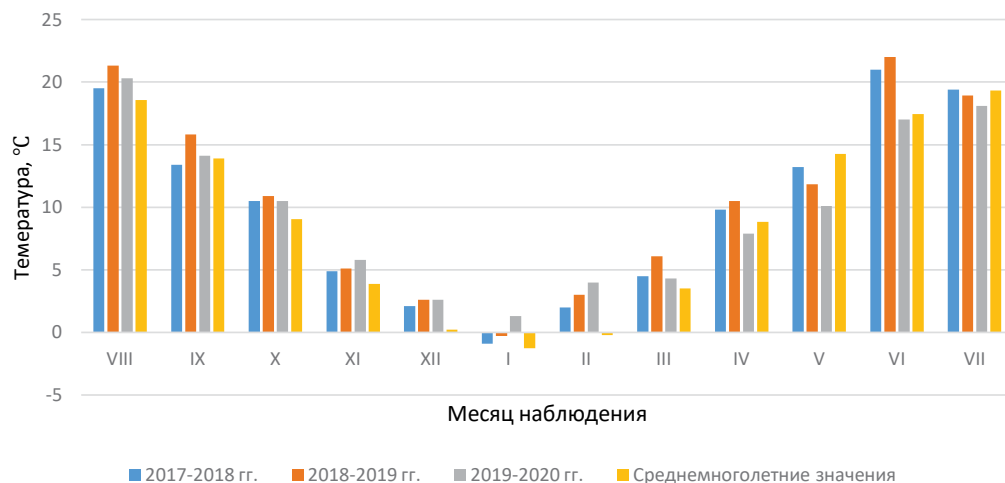


Рис. 2. Среднемесячная температура, °С, воздуха за 2017–2020 гг.

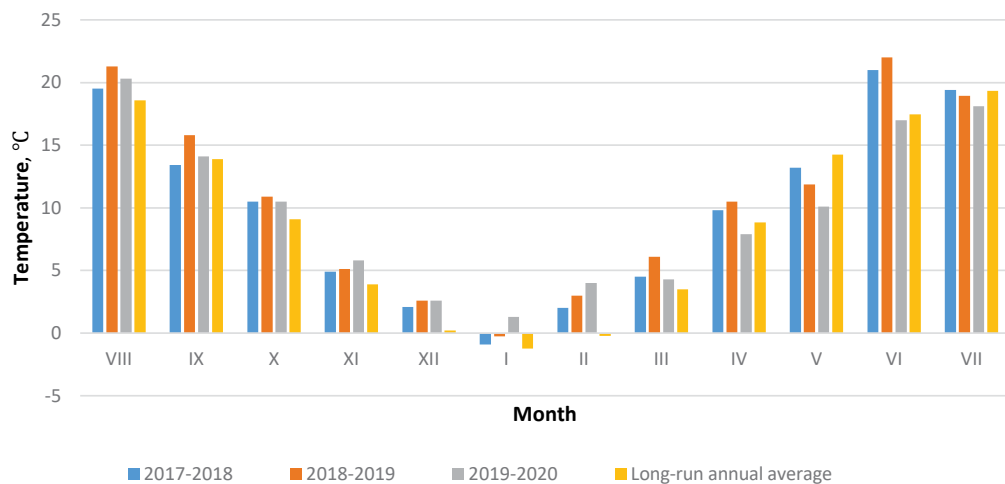


Fig. 2. Average monthly air temperature, °C, for 2017–2020

В целом вегетационный период в 2018—2019 гг. характеризовался засушливыми условиями — количество выпавших атмосферных осадков было ниже климатической нормы, а среднемесячная температура воздуха превышала норму. Так, в июне 2019 г. выпало в 1,5 раза меньше осадков, а среднемесячная температура воздуха была на 4,5 °С выше по сравнению со среднегодовыми значениями. Ранний посев озимой пшеницы (20.09.2018) уберег растения от осенней засухи в фазу прорастания семян.

Сезон 2019—2020 гг. характеризовался недостаточным атмосферным увлажнением. Количество атмосферных осадков было существенно ниже среднепогодных значений. Озимая пшеница была посеяна в ранние сроки, что позволило минимизировать негативное влияние засухи в начальный период роста и развития растений. Зима была засушливее и теплее, а весна—засушливее и холоднее по сравнению с климатической нормой. Это было серьезным лимитирующим фактором в формировании урожая озимой пшеницы.

Во всех вариантах опыта отдельно перед посевом вносили двойной суперфосфат (40 % P_2O_5) и калий хлористый (табл. 2). Вариант 1, где было только допосевное внесение фосфорно-калийных удобрений, служил контролем. В варианте 2 были добавлены две подкормки аммиачной селитрой—в середине февраля и примерно в середине марта.

Таблица 2

Схема внесения удобрений в полевом опыте на озимой пшенице

№	Вариант опыта	Удобрение	Физ. вес, кг/га	Способ и срок внесения
1	$P_{40}K_{100}$ (контроль)	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
2	$N_{150}P_{40}K_{100}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Аммиачная селитра	220	Ранневесенняя подкормка
			220	2-я подкормка
3	$N_{150}P_{85}K_{145}S_{30}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		NPK(S) 15:15:15(10)	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			Аммиачная селитра	210
4	$N_{150}P_{40}K_{100}S_{39}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Сульфонитрат аммония	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			Аммиачная селитра	110
5	$N_{150}P_{88}K_{148}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		NPK 16:16:16	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			Аммиачная селитра	210

Table 2

Fertilizer application in winter wheat field experiment

№	Variant	Fertilizer	Weight, kg/ha	Application method and time
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (control)	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		Ammonium nitrate	220	Early spring top dressing
			220	2nd dressing
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		NPK(S) 15:15:15(10)	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			210	2nd dressing
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		Ammonium sulphonitrate	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			110	2nd dressing
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		NPK 16:16:16	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			210	2nd dressing

В вариантах 3—5 дополнительно к двум подкормкам аммиачной селитрой проводили подкормку комплексными удобрениями. В варианте 3 растения подкармливали комплексным серосодержащим удобрением Araviva NPK(S) 15:15:15(10), которое выпускает Группа «ФосАгро», в варианте 4 — сульфонитратом аммония (26 % N и 13 % S) от другого производителя, а в варианте 5 — маркой NPK 16:16:16, не содержащей серу, также от другого производителя. Подкормку комплексными удобрениями выполняли в середине февраля отдельно с аммиачной селитрой. В вариантах 2—5 были выравнены дозы азота (150 кг/га).

Опыт проведен в трехкратной повторности, расположение вариантов — *рандомизированное*. Общая площадь делянки — 21 м². Осуществляли поделяночный комбайновый учет урожайности зерна озимой пшеницы.

Результаты исследования и обсуждение

Перед уборкой измерили высоту растений, а также определили массу 1000 зерен (табл. 3). Максимальные значения массы 1000 зерен у сорта Аркадия получены в варианте 3, где проводили ранневесеннюю подкормку комплексным удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10). У сорта Артист (2019 г.) наблюдали статистически достоверное повышение массы 1000 зерен при проведении подкормок азотом и серой в варианте 4 в сравнении с подкормками одной аммиачной селитрой в варианте 2.

Таблица 3

Высота растений и масса 1000 зерен озимой пшеницы в 2018–2020 гг.

№	Вариант опыта	2018 (сорт Аркадия)		2019 (сорт Артист)		2020 (сорт Аркадия)	
		Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (контроль)	96	39,6	84,0	37,2	79	57,4
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	97	38,4	86,0	38,5	84	56,0
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	94	42,8	87,0	41,2	86	57,8
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	94	39,6	86,0	42,7	83	54,1
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	100	38,6	87,0	41,5	83	54,1
	HCP ₀₅	4,3	3,12	2,2	3,91	4,8	2,6

Table 3

Plant height and 1000 grain weight of winter wheat in 2018–2020

№	Variant	2018 (cv. Arkadiya)		2019 (cv. Artist)		2020 (cv. Arkadiya)	
		Plant height, cm	1000 grain weight, g	Plant height, cm	1000 grain weight, g	Plant height, cm	1000 grain weight, g
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (control)	96	39.6	84.0	37.2	79	57.4
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	97	38.4	86.0	38.5	84	56.0
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	94	42.8	87.0	41.2	86	57.8
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	94	39.6	86.0	42.7	83	54.1
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	100	38.6	87.0	41.5	83	54.1
	LSD ₀₅	4.3	3.12	2.2	3.91	4.8	2.6

При сравнении урожайности, полученной в вариантах 1 и 2, статистически достоверных различий не обнаружено (рис. 3). Следовательно, в засушливых условиях, которые складывались за 3 сезона в 2017–2020 гг., подкормки одной аммиачной селитрой не оказывали влияния на продуктивность культуры. Сказалась, безусловно, высокая обеспеченность почвы нитратным азотом, в т. ч. после бобовых предшественников — гороха в 2019 г. и сои в 2020 г.

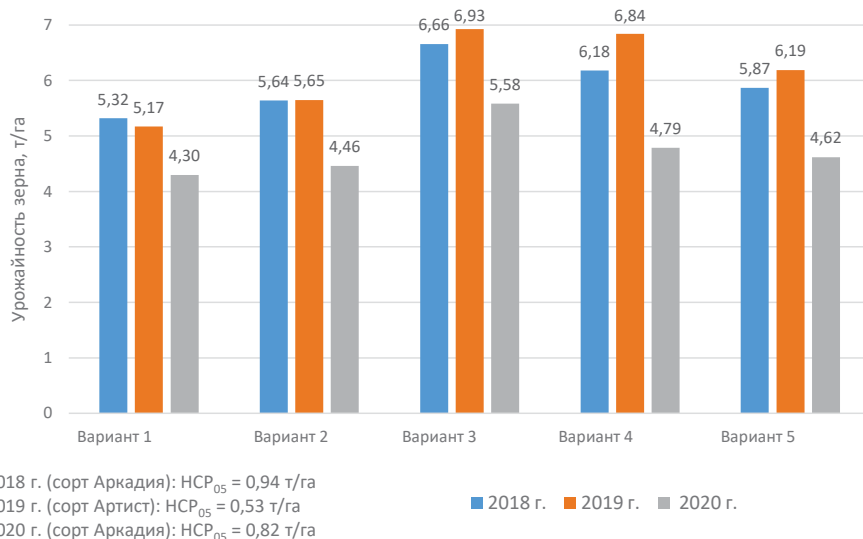


Рис. 3. Урожайность зерна озимой пшеницы (стандартная влажность — 12 %)

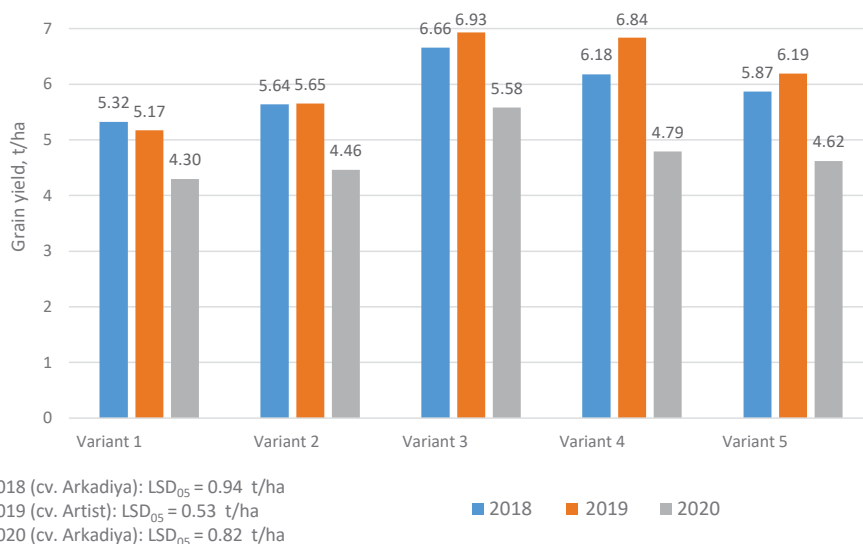


Fig. 3. Grain yield of winter wheat (standard moisture — 12 %)

В 2018 г. достоверный прирост урожайности относительно фосфорно-калийного контроля (двойной суперфосфат и калий хлористый с осени) наблюдался только в варианте 3, где в дополнение к подкормкам аммиачной селитрой проводили подкормку комплексным серосодержащим удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10).

В 2019 г. в вариантах 3—5 с дополнительными подкормками комплексными удобрениями наблюдалось достоверное увеличение урожайности зерна относительно как контрольного варианта 1 с допосевным внесением в почву только фосфора

и калия, так и варианта 2, где допосевное внесение фосфора и калия сочеталось с двумя азотными подкормками. Прибавка урожайности зерна, полученная за счет проведения подкормок комплексными удобрениями — NPK(S) 15:15:15(10), сульфитратом аммония и NPK 16:16:16, составила 10...23 %. Системы минерального питания, использованные в вариантах 3—5, были при этом одинаково эффективны в повышении урожайности зерна. Максимальная урожайность зерна (6,93 т/га) была получена в варианте 3 с внесением в кг д.в./га $N_{150}P_{85}K_{145}S_{30}$. В данном варианте опыта применение двойного суперфосфата и калия хлористого до посева комбинировалось с двумя подкормками аммиачной селитрой и одной подкормкой комплексным серосодержащим удобрением NPK(S) 15:15:15(10).

В 2020 г. только схема подкормки в варианте 3 с включением 4 элементов питания — азота, фосфора, калия и серы — обеспечила достоверный прирост урожайности относительно варианта 1, где подкормки не проводили.

Таким образом, ранневесенняя подкормка комплексным удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10) в дополнение к азотным подкормкам на фоне применения фосфорно-калийных удобрений с осени — лучшее решение при выращивании озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Центральной Польши.

Что касается содержания белка в зерне, то не было выявлено четких закономерностей при сопоставлении изученных систем питания. Так, в 2018 г. достоверное повышение содержания белка в зерне относительно фосфорного-калийного контроля получено в вариантах 2, 3 и 5 (рис. 4). Максимальное накопление белка в зерне (13,95 %) наблюдалось в варианте 2, где на фоне внесения фосфора и калия с осени были проведены две азотные подкормки весной.

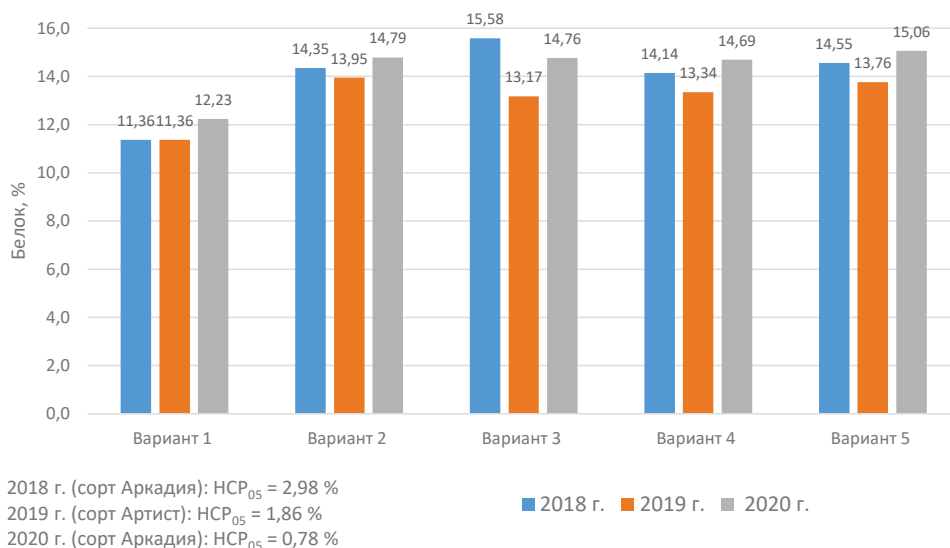


Рис. 4. Содержание белка в зерне озимой пшеницы

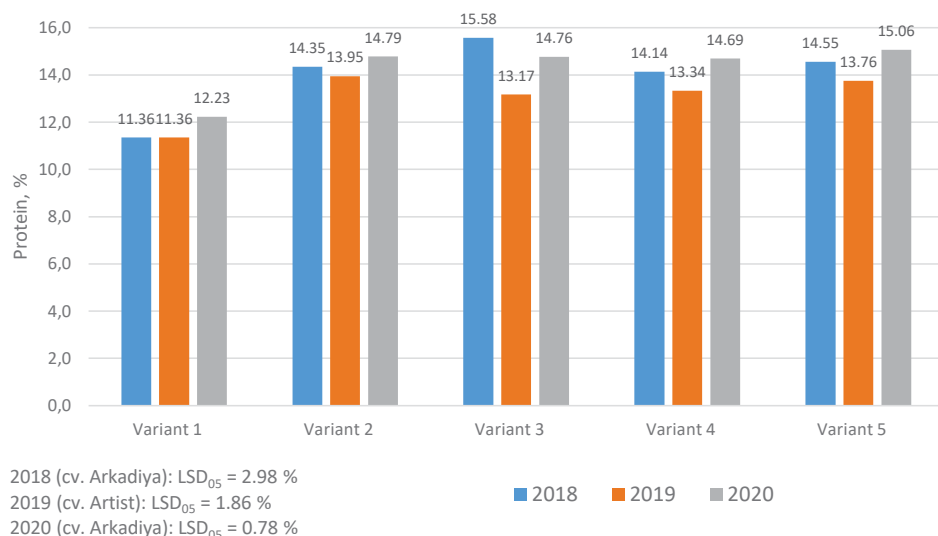


Fig. 4. Protein content in winter wheat grain

В 2019 и 2020 гг. содержание белка в зерне достоверно повысилось в вариантах 2, 4 и 5 относительно варианта 1, где использовали только фосфорно-калийные удобрения. Максимальное накопление белка в зерне в 2019 г. (13,95 %) наблюдалось в варианте 3, а в 2020 г. (15,06 %) — в варианте 5.

Стоимость весенних подкормок минеральными удобрениями, проведенных в вариантах 2—5, составила 422...791 польских злотых/га (97...174 евро/га), включая затраты на разбрасывание удобрений (табл. 4). В 2018 и 2020 гг., согласно проведенным экономическим расчетам, максимальный дополнительный доход относительно фосфорно-калийного фона с осени давала система подкормок, которую применяли в варианте 3, — 1338 и 538 польских злотых/га соответственно (308 и 118 евро/га). Затраты на уборку и доработку прибавки урожая при этом не учитывали.

Таблица 4

Экономическая эффективность использования разных систем применения удобрений под озимую пшеницу в 2018–2020 гг.

№	Затраты на приобретение удобрений весной и внесение, польских злотых/га			Урожайность зерна (стандартная влажность), т/га			Стоимость зерна*, польских злотых/га	Стоимость урожая, польских злотых/га			Экономический результат относительно контроля, польских злотых/га		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020		2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019
1	–	–	–	5,32	5,17	4,30	750	3990	3878	3225	–	–	–
2	422	422	484	5,64	5,65	4,46	800	4512	4520	3568	522	221	–141
3	642	642	701	6,66	6,93	5,58	800	5328	5544	4464	1338	1025	538

№	Затраты на приобретение удобрений весной и внесение, польских злотых/га			Урожайность зерна (стандартная влажность), т/га			Стоимость зерна*, польских злотых/га	Стоимость урожая, польских злотых/га			Экономический результат относительно контроля, польских злотых/га		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
4	478	478	531	6,18	6,84	4,79	800	4944	5472	3832	954	1117	76
5	732	732	791	5,87	6,19	4,62	800	4696	4952	3696	706	343	–320

Примечания: * стоимость зерна пшеницы (стандартная влажность): 750 польских злотых/т при содержании белка в зерне менее 13 %; 800 польских злотых/т – более 13 %; 2018 г.: 1,0 польский злотый = 0,23 евро; 2019–2020 гг.: 1,0 польский злотый = 0,22 евро.

Table 4

Economic efficiency of using different fertilizer application systems for winter wheat in 2018–2020

№	Spring fertilizer purchase and application costs, PLN/ha			Grain yield (standard moisture content), t/ha			Grain cost*, PLN/ha	Crop value, PLN/ha			Economic result relative to control, PLN/ha		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	–	–	–	5.32	5.17	4.30	750	3990	3878	3225	–	–	–
2	422	422	484	5.64	5.65	4.46	800	4512	4520	3568	522	221	–141
3	642	642	701	6.66	6.93	5.58	800	5328	5544	4464	1338	1025	538
4	478	478	531	6.18	6.84	4.79	800	4944	5472	3832	954	1117	76
5	732	732	791	5.87	6.19	4.62	800	4696	4952	3696	706	343	–320

Notes: * 1) cost of wheat grain (standard moisture content): PLN 750/t – for the grain with a protein content < 13 %; PLN 800/t – more than 13 %; 2) 2018: PLN 1.0 = EUR 0.23; 2019–2020: PLN 1.0 = EUR 0.22.

В 2019 г. экономически выигрышной была система подкормок, которую применяли в варианте 4 (1117 польских злотых/га, или 246 евро/га). В то же время в варианте 3 дополнительный доход был немногим ниже (1025 польских злотых/га, или 226 евро/га).

Таким образом, вариант 3 с комбинированием в подкормках четырех элементов питания: азота, фосфора, калия и серы — обеспечивал стабильное получение дополнительного дохода во все годы исследований.

Выводы

В полевых опытах, проведенных в центральной части Польши в период 2018–2020 гг., стабильный достоверный прирост урожайности зерна озимой пшеницы относительно варианта с осенним внесением фосфорно-калийных удобрений ($P_{40}K_{100}$), наблюдался только при сочетании подкормок аммиачной сели-

трой ($N_{34} + N_{70}$) с ранневесенней подкормкой комплексным удобрением Аравива НРК(S) 15:15:15(10), которое содержит четыре элемента питания ($N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$).

Вышеуказанная технология подкормок озимой пшеницы обеспечивала стабильное получение хорошего дополнительного дохода во все годы исследований (от 118 до 308 евро/га).

Библиографический список

1. Бурлуцкий В.А., Пэлий А.Ф. Влияние агроклиматических условий на продуктивность озимой пшеницы в условиях Мещовского Ополья // Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона: сб. науч. трудов по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием, Калуга, 19 апреля 2019 г. / под ред. В.Н. Мазурова. Калуга: Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2019. С. 242—245.
2. Пэлий А.Ф., Носов В.В., Шатохин А.Ю., Гранкина А.О., Демидов Д.В., Стеркин М.В. Применение нового кремнийсодержащего агрохимиката ФосАгро на озимой пшенице в Нечерноземной зоне РФ // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6(384). С. 42—45. doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-42-45
3. Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Котельникова М.Н. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области // Земледелие. 2017. № 1. С. 37—39.
4. Цимбалист Н.И., Алиев А.М., Сычев В.Г. Структура затрат при использовании удобрений и химических средств защиты растений в технологиях возделывания озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 4. С. 27—32. doi: 10.26105/AE.2018.4.94.006
5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Б.: Отчий дом, 2013. 372 с.
6. Shi R., Zhang Y., Chen X., Sun Q., Zhang F., Roemheld V., Zou C. Influence of longterm nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // J. Cereal Sci. 2010. № 51(1). Pp. 165—170. doi: 10.1016/j.jcs.2009.11.008 (In Chinese)
7. Политько П.М., Матюта С.В., Беленикин С.В., Капранов В.Н., Киселев Е.Ф., Проценко А.Л., Парыгина М.Н. Эффективность технологий возделывания сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» на серых лесных почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 15—21.
8. Лазарев В.И., Маслова З.С., Шершинева О.М. Агробиологическое и экономическое обоснование использования комплексных удобрений с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы // Московский экономический журнал. 2017. № 3. Режим доступа: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-15/>
9. Ореховская А.А., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Азотный режим чернозема типичного при длительном применении удобрений и урожайность озимой пшеницы // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 93—101.
10. Ступаков А.Г., Смуров С.И., Аль ДХ.Х.Х., Зюба С.Н., Куликова М.А., Ширяева Н.В. Продуктивность озимой пшеницы под влиянием минеральных удобрений и предшественников // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 1(25). С. 184—192.
11. Долгополова Н.В. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от способов подкормки и сроков внесения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 23—26.
12. Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П., Навольнева Е.В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на урожайность и экономические показатели производства пшеницы озимой // Аграрная наука. 2018. № 5. С. 46—49.
13. Cramer M.D., Lewis O.A. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants // Ann Bot. 1993. № 72(4). Pp. 359—365. doi: 10.1006/anbo.1993.1119

14. Curci P.L., Cigliano R.A., Zuluaga D.L., Janni M., Sanseverino W., Sonnante G. Transcriptomic response of durum wheat to nitrogen starvation // *Scientific Reports*. 2017. № 7. 1176. doi:10.1038/s41598-017-01377-0
15. Ma C., Liu Y.N., Liang L., Zhai B.N., Zhang H.Q., Wang Z.H. Effects of combined application of chemical fertilizer and organic manure on wheat yield and leaching of residual nitrate–N in dryland soil // *The Journal of Applied Ecology*. 2018. № 29(4). Pp. 1240—1248. (In Chinese). doi: 10.13287/j.1001-9332.201804.023

References

1. Burlutsky VA, Pely AF. Influence of agro-climatic conditions on the productivity of winter wheat in the conditions of Meshchovsky Opole. In: Mazurov VN. (ed.) *Innovative development of agricultural sectors in the region: conference proceedings*. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture; 2019. p.242—245. (In Russ.).
2. Pely AF, Nosov VV, Shatokhin AY, Grankina AO, Demidov DV, Sterkin MV. the use of a novel silicon-containing agrochemical PhosAgro to winter wheat in the Non-Chernozem zone of Russia. *International Agricultural Journal*. 2021; (6):42—45. (In Russ.). doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-42-45
3. Aydiev AY, Lazarev VI, Kotelnikova MN. Improvement of cultivation technologies of winter wheat in Kursk region. *Zemledelie*. 2017; (1):37—39. (In Russ.).
4. Tsimbalist NI, Aliev AM, Sychev VG. The cost structure of the use of fertilizers and chemical plant protection products in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). cultivation technologies. *Agrochemistry and ecology problems*. 2018; (4):27—32. doi: 10.26105/AE.2018.4.94.006
5. Solovichenko VD, Tyutyunov SI. *Pochvennyi pokrov Belgorodskoi oblasti i ego ratsional'noe ispol'zovanie* [Soil cover of the Belgorod region and its rational use]. Belgorod: Otchii dom publ.; 2013. (In Russ.).
6. Shi R, Zhang Y, Chen X, Sun Q, Zhang F, Romheld V, et al. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Cereal Sci*. 2010; 51(1):165—170. (In Chinese). doi: 10.1016/j.jcs.2009.11.008
7. Polityko PM, Matjuta SV, Belenikin SV, Kapranov VN, Kiselev EF, Proshchenko AL, et al. Efficiency of cultivation technologies of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) originated by Moscow Research Institute of Agriculture «Nemchinovka» on gray forest soils. *Agrochemistry and ecology problems*. 2015; (2):15—21. (In Russ.).
8. Lazarev VI, Maslova ZS, Shershneva OM. Agrobiological and economic substantiation of the use of complex fertilizers with micronutrients in the cultivation of winter wheat. *Moscow Economic Journal*. 2017; (3):12. Available from: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-15/> (In Russ.).
9. Orekhovskaya AA, Stupakov AG, Kulikova MA. Nitrogen regime of typical chernozem with long-term use of fertilizers and winter wheat yield. *Scientific life*. 2018; (12):93—101. (In Russ.).
10. Stupakov AG, Smurov SI, Al Dhuhaiabawi HK, Ziuba SN, Kulikova MA, Shiryayeva NV. Productivity of winter wheat under the influence of mineral fertilizers and precursors. *Innovations in agricultural complex: problems and perspectives*. 2020; 1(25):184—192. (In Russ.).
11. Dolgopolova NV. Influence of mineral fertilizers on winter wheat wild resistance depending on methods of connection and terms of application. *Vestnik of Kursk state agricultural academy*. 2018; (1):23—26. (In Russ.).
12. Solovichenko VD, Nikitin VV, Karabutov AP, Navolneva EV. The impact of crop rotation, methods of tillage and fertilizers on the yield and economic performance of winter wheat. *Agrarian science*. 2018; (5):46—49. (In Russ.).
13. Cramer MD, Lewis OA. The influence of nitrate and ammonium nu-trition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. *Ann Bot*. 1993; 72(4):359—365. doi:10.1006/anbo.1993.1119
14. Curci PL, Cigliano RA, Zuluaga DL, Janni M, Sanseverino W, Sonnante G. Transcriptomic response of durum wheat to nitrogen starvation. *Scientific Reports*. 2017; (7):1176. doi:10.1038/s41598-017-01377-0
15. Ma C, Liu YN, Liang L, Zhai BN, Zhang HQ, Wang ZH. Effects of combined application of chemical fertilizer and organic manure on wheat yield and leaching of residual nitrate–N in dryland soil. *The Journal of Applied Ecology*. 2018; 29(4):1240—1248. (In Chinese). doi: 10.13287/j.1001-9332.201804.023

Об авторах:

Блашик Роман Михайлович — менеджер отдела по технологиям возделывания культур, ФосАгро-Польша, Польша, Варшава, улица Рондо, вторая линия, стр. 1, 00-124; e-mail: rblaszyk@phosagro.com

Носов Владимир Владимирович— кандидат биологических наук, начальник центра компетенций, АО «Апатит», 119333, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 55/1, стр. 1; e-mail: VVNosov@phosagro.ru

SPIN-код: 4225-9307

Пэлий Александр Федорович— ведущий специалист центра компетенций, АО «Апатит», 119333, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 55/1, стр. 1; e-mail: APeliy@phosagro.ru

ORCID: 0000-0002-0717-7533

About authors:

Blashik Roman Mikhailovich— manager of the department of crop cultivation technologies, PhosAgro Polska Sp. z o.o., 1 Rondo ONZ, 00-124, Warsaw, Poland, e-mail: rblaszyk@phosagro.com

Nosov Vladimir Vladimirovich— Candidate of Biological Sciences, Head of the Competence center, Apatit company, 55/1, Leninsky ave., Moscow, 119333, Russian Federation; e-mail: VVNosov@phosagro.ru
SPIN-code: 4225-9307

Peliy Alexandr Fedorovich— Leading Specialist, Competence center, Apatit company, 55/1, Leninsky ave., Moscow, 119333, Russian Federation; e-mail: APeliy@phosagro.ru

ORCID: 0000-0002-0717-7533