



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-1>

УДК: 631.816/633.14

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ВЛИЯНИЕ АММОНИЙНОЙ И КАЛИЙНОЙ СЕЛИТРЫ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ РЖИ ОЗИМОЙ (*SECALE CEREALE* L.)

✉ Петровцева Н.А., Пасынкова Е.Н.

Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха

Ленинградская область, д. Белогорка, Россия

✉ e-mail: petrovvtseva-natalya@rambler.ru

Представлены результаты исследований за 3 года (2019–2021) на посевах ржи озимой (*Secale cereale* L.) в Северо-Западном регионе Российской Федерации (Ленинградская область). Изучалось влияние различных доз и сроков внесения аммонийной и калийной селитры на зимостойкость и продуктивность растений озимой ржи на примере сортов Волхова и Эврика. Почва на опытных полях – дерново-подзолистая суглинистая с глубиной пахотного горизонта 20–25 см. Содержание гумуса – 2,0–2,3%, pH солевой вытяжки – 5,2–5,5. Удобрения вносили в сухом виде осенью через неделю после появления всходов, весной – при возобновлении вегетации. Изучаемые дозы удобрений в пересчете на действующее вещество по азоту составляли 0 (контроль), 30, 60 и 90 кг/га. Показано, что зимостойкость обоих сортов практически не зависела от доз и сроков внесения, а также от вида удобрений. Максимальную урожайность зерна сорт Волхова показал при дозе азота по действующему веществу 60 кг/га, сорт Эврика – 90 кг/га, при этом максимальная за все годы урожайность сорта Эврика превысила таковую сорта Волхова на 24,5%. В пределах указанных доз азота для обоих сортов наилучшим вариантом оказалось единовременное внесение весной смеси аммонийной и калийной селитры, наихудшим – единовременное внесение весной одной аммонийной селитры. В среднем по обоим сортам внесение калийной селитры весной увеличивало урожайность зерна на 16% по сравнению с вариантами, где калийную селитру не использовали.

Ключевые слова: нитрат, аммиачная селитра, азотокислый калий, сложное удобрение, подкормка по всходам, весенняя подкормка

EFFECT OF AMMONIUM AND POTASSIUM NITRATE ON WINTER HARDINESS AND YIELD OF WINTER RYE (*SECALE CEREALE* L.)

✉ Petrovtseva N.A., Pasynkova E.N.

Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka" – Branch of the Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh

Belogorka village, Leningrad region, Russia

✉ e-mail: petrovvtseva-natalya@rambler.ru

The results of research for 3 years (2019–2021) on winter rye (*Secale cereale* L.) crops in the North-West region of the Russian Federation (Leningrad region) are presented. The effect of different doses and timing of ammonium and potassium nitrate application on winter hardiness and productivity of winter rye plants on the example of Volkhova and Eureka varieties was studied. The soil in the experimental fields was sod-podzolic loamy with the depth of the arable horizon of 20–25 cm. Humus content – 2.0–2.3%, pH of the salt extract – 5.2–5.5. Fertilizers were applied in dry form in the autumn one week after the emergence of the seedlings, and in the spring – at the resumption of vegetation. The studied fertilizer doses in terms of active substance for nitrogen were 0 (control), 30, 60 and 90 kg/ha. It is shown that winter hardiness of both varieties practically did not depend on the doses and timing

of the application, as well as on the type of fertilizers. The maximum grain yield was shown by the Volkhova variety at a dose of nitrogen of 60 kg/ha, the Eureka variety – 90 kg/ha, with the maximum yield of the Eureka variety for all the years exceeding that of the Volkhova variety by 24.5%. Within the specified doses of nitrogen for both varieties, the best option was a single spring application of a mixture of ammonium and potassium nitrate, the worst - a single spring application of ammonium nitrate alone. On average for both varieties, potassium nitrate application in spring increased the grain yield by 16% compared to the variants where potassium nitrate was not used.

Keywords: nitrate, ammonium nitrate, potassium nitrate, complex fertilizer, seedling feeding, spring feeding

Для цитирования: Петровцева Н.А., Пасынкова Е.Н. Влияние аммонийной и калийной селитры на зимостойкость и урожайность ржи озимой (*Secale cereale* L.) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 12. С. 5–13. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-1>

For citation: Petrovtseva N.A., Pasynkova E.N. Effect of ammonium and potassium nitrate on winter hardiness and yield of winter rye (*Secale cereale* L.). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 12, pp. 5–13. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Озимая рожь – одна из важнейших зерновых культур не только в России, но и в ближнем зарубежье [1, 2], поэтому вопросы повышения урожая и качества ее зерна не теряют своей значимости, тем более при заметных климатических изменениях. Известно, что за столетний период средняя температура на поверхности Земли повысилась почти на 1 °C. При этом актуальными становятся вопросы изменения условий перезимовки озимых культур [3–6].

Формирование продуктивности озимой ржи во многом зависит от условий минерального питания растений в критические периоды вегетации – от всходов до ухода в зиму и при возобновлении весеннего роста. При недостатке азота в осенний период развитие озимых злаков замедляется, в результате чего их зимостойкость может снижаться. Решить проблему возмещения азота в этот период возможно за счет осенного внесения азотных удобрений. Однако их применение в осенний период может усиливать чувствительность растений к зимним морозам, особенно при затяжной теплой осени, когда существует риск перерастания растений. Общеизвест-

но, что для хорошей перезимовки растения должны накопить достаточное количество сахаров и одним из важнейших элементов, стимулирующих пластический обмен, является калий. Отсюда исходит известное положительное влияние калия на зимостойкость растений. При этом есть исследования, показывающие, что концентрация калия в узлах кущения озимых в большей степени определяется содержанием легкодоступного калия в почве при посеве и она мало зависит от предпосевного внесения калийных удобрений¹. Для успешного поглощения калия проростками важно содержание в почве обменного и легкодоступного калия, при традиционном предпосевном внесении значительная часть калия может закрепляться в необменной форме [7–9]. Также есть данные, что озимая рожь наиболее интенсивно поглощает азот и калий в фазе весеннего кущения, поэтому вопрос об оптимальных сроках и способах внесения удобрений под эту культуру остается открытым [10].

Многочисленными исследованиями установлено, что озимая рожь имеет очень высокий биологический вынос калия среди зерновых культур [11, 12]. Вместе с тем широко применяемое известкование дерново-подзо-

¹Акимова О.И. Формирование элементов зимостойкости озимой ржи в период осенного роста и развития // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 4 (172). С. 23–31.

листых почв ведет к еще большему увеличению потребности растений в калии.

Это связано с нарушением нормального соотношения К : Са в растениях в связи с увеличением поступления в растения кальция, который конкурирует в этом плане с ионами калия [13]. Также с калием могут конкурировать близкие к его ионному радиусу ионы аммония², поэтому при использовании аммонийных источников азотного питания важно обеспечить растениям достаточное количество доступного калия.

Цель исследования – изучить влияние осеннего и весеннего внесения возрастающих доз аммонийной и калийной селитры на зимостойкость и урожайность озимой ржи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в течение 3 лет (2019–2021) в Гатчинском районе Ленинградской области Северо-Западного региона Российской Федерации на опытных полях Ленинградского научно-исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка». Эксперимент проведен на растениях озимой ржи двух сортов, районированных по Северо-Западному региону РФ, Волхова (старый сорт 1988 г.) и Эврика (новый сорт 2021 г.). Почва на опытных полях – дерново-подзолистая суглинистая среднеокультуренная с глубиной пахотного горизонта 20–25 см. Содержание гумуса – 2,0–2,3%, pH солевой вытяжки – 5,2–5,5, содержание минерального азота – 1,2–1,5 мг/100 г почвы, подвижных соединений калия – 8–10 мг/100 г почвы. Посев проводили в I декаде сентября, норма высея – 4,5 млн всхожих семян/га. Общая площадь опыта – 0,1 га, опыт закладывали методом рандомизированных повторений, размер учетной площадки – 4 м² (в ее пределах для подсчета числа перезимовавших растений выделяли 0,5 м²), повторность – 3-кратная. Посев проводили сеялкой-«вертушкой», внесение удобрений осенью и весной – вручную вразброс с последующей заделкой граблями-маркерами на глубину 2,0–2,5 см. Уборку

зерна проводили селекционным комбайном «Неge».

Закладку опытов и статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли согласно общепринятым методикам (по Доспехову).

В экспериментах не применяли других химических средств кроме изучаемых удобрений. Исследовали влияние трех факторов: с калием и без калия (A), единовременное и дробное внесение удобрений (B), доза удобрения по действующему веществу (д.в.) азоту (C). Удобрения в форме NH₄NO₃ и KNO₃ вносили в сухом виде равномерно по всей площади делянки, осенью – через неделю после появления всходов, весной – при возобновлении вегетации. Общая вносимая за вегетацию доза удобрений составляла 30, 60 или 90 кг/га по действующему веществу азоту, при дробном внесении осенняя доза составляла 1/3, весенняя – 2/3 от общей дозы. Схема опыта:

1. Без удобрений (контроль).

2. С калием: 1) дробное внесение – 30 кг д.в./га по азоту (KNO₃ осенью (10 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (20 кг д.в./га)); 60 кг д.в./га по азоту (KNO₃ осенью (20 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (40 кг д.в./га)); 90 кг д.в./га по азоту (KNO₃ осенью (30 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (60 кг д.в./га)); 2) единовременное внесение – 30 кг д.в./га по азоту (KNO₃ весной (10 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (20 кг д.в./га)); 60 кг д.в./га по азоту (KNO₃ весной (20 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (40 кг д.в./га)); 90 кг д.в./га по азоту (KNO₃ весной (30 кг д.в./га по азоту) + NH₄NO₃ весной (60 кг д.в./га)).

3. Без калия: 1) дробное внесение – 30 кг д.в./га по азоту (NH₄NO₃ осенью (10 кг д.в./га) + NH₄NO₃ весной (20 кг д.в./га)); 60 кг д.в./га по азоту (NH₄NO₃ осенью (20 кг д.в./га) + NH₄NO₃ весной (40 кг д.в./га)); 90 кг д.в./га по азоту (NH₄NO₃ осенью (30 кг д.в./га) + NH₄NO₃ весной (60 кг д.в./га)); 2) единовременное внесение – 30 кг д.в./га

²Якименко В.Н. Влияние применения удобрений в агроценозах на фиксацию почвой калия и аммония // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 4. С. 9–12.

по азоту (NH_4NO_3 весной (30 кг д.в./га)); 60 кг д.в./га по азоту (NH_4NO_3 весной (60 кг д.в./га)); 90 кг д.в./га по азоту (NH_4NO_3 весной (90 кг д.в./га)).

Характеристика метеоусловий. 2019 г. Осенне-зимний период 2018/19 года характеризовался теплой затяжной осенью, обычной в последнее время для Ленинградской области, снеговой покров установился только в конце ноября при незначительном промерзании почвы. В середине февраля почва под снегом полностью оттаяла, что способствовало гибели части растений от выпревания. Погодные условия весны и начала лета были стандартными для области, июль выдался холодным и чрезмерно дождливым, что привело к полеганию части растений.

2020 г. Осенне-зимний период 2019/20 года отличался ранним наступлением холода — после 15-го сентября среднесуточная температура уже не превышала 9,5 °C. Однако зима была очень теплой, с большим количеством осадков, но без устойчивого снегового покрова, что способствовало вымыванию питательных веществ из почвы и гибели части растений от вымокания. Погодные условия в весенне-летний период в целом соответствовали обычным для Ленинградской области.

2021 г. В осенне-зимний период 2020/21 года снова наблюдалась теплая затяжная осень — снеговой покров установился в середине декабря. Летний период отличался жаркой и очень сухой погодой, ГТК за период от цветения до уборки урожая составил всего 0,3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, в условиях обычной в настоящее время для Северо-Западного региона РФ погоды в осенне-зимний период — затяжной теплой осени и умеренно холодной зимы — зимостойкость растений озимой ржи вне зависимости от сорта практически не изменялась при осеннем внесении удобрений, оставаясь на уровне контроля (см. табл. 1, 2). Слабый эффект наблюдался лишь в 2020 г., отличавшемся аномально теплой зимой. По сорту Волхова достоверное отличие от контроля наблюдалось только

Табл. 1. Зимостойкость ржи озимой сорта Волхова при осеннем внесении разных доз аммонийной и калийной селитры, 2019–2021 гг., %
Table 1. Winter hardiness of the winter rye variety Volkhova at autumn application of different doses of ammonium and potassium nitrate, 2019–2021, %

Вид вносимого осенью удобрения	Зимостойкость			
	N0	N10	N20	N30
<i>2019 г.</i>				
KNO_3	—	63,3	64,1	62,6
NH_4NO_3	—	65,8	64,6	63,4
Контроль	63,1	—	—	—
$\text{HCP}_{0,05}$			7,8	
$F_{\text{теоретическое}} A/C$			4,5/3,2	
$F_{\text{фактическое}} A/C$			0,3/0,2	
<i>2020 г.</i>				
KNO_3	—	78,1	70,5	73,9
NH_4NO_3	—	76,9	79,4	83,1
Контроль	75,8	—	—	—
$\text{HCP}_{0,05}$			6,2	
$F_{\text{теоретическое}} A/C$			4,5/3,2	
$F_{\text{фактическое}} A/C$			4,5/0,7	
<i>2021 г.</i>				
KNO_3	—	76,5	74,6	75,2
NH_4NO_3	—	80,2	73,1	76,2
Контроль	78,4	—	—	—
$\text{HCP}_{0,05}$			16,4	
$F_{\text{теоретическое}} A/C$			4,49/3,23	
$F_{\text{фактическое}} A/C$			0,04/0,32	

Примечание. Здесь и в табл. 2. N0, N10, N20, N30 — доза удобрения 0, 10, 20, 30 кг/га по действующему веществу азоту соответственно. Фактор A — вид удобрения, фактор C — доза удобрения.

в варианте с максимальной дозой аммонийной селитры и составляло всего +7,3%. Зимостойкость растений сорта Эврика несколько увеличивалась уже при N20, но в целом эффект был также мало достоверен — максимальное увеличение сохранности растений составляло 7,4% при N30. При этом внесение калия не дало ожидаемого протекторного эффекта, что

Табл. 2. Зимостойкость ржи озимой сорта Эврика при осеннем внесении разных доз аммонийной и калийной селитры, 2019–2021 гг., %

Table 2. Winter hardness of the winter rye variety Eureka at autumn application of different doses of ammonium and potassium nitrate, 2019–2021, %

Вид вносимого осенью удобрения	Зимостойкость			
	N0	N10	N20	N30
2019 г.				
KNO ₃	—	74,0	75,0	78,8
NH ₄ NO ₃	—	77,2	74,0	75,0
Контроль	74,9	—	—	—
HCP _{0,05}		12,2		
F _{теоретическое A/C}		4,5/3,2		
F _{фактическое A/C}		0,01/0,15		
2020 г.				
KNO ₃	—	76,8	75,7	79,4
NH ₄ NO ₃	—	82,4	84,2	85,3
Контроль	77,9	—	—	—
HCP _{0,05}		8,0		
F _{теоретическое A/C}		4,5/3,2		
F _{фактическое A/C}		7,0/1,0		
2021 г.				
KNO ₃	—	83,4	78	83,6
NH ₄ NO ₃	—	86,3	80,9	76,8
Контроль	84,1	—	—	—
HCP _{0,05}		11,1		
F _{теоретическое A/C}		4,5/3,2		
F _{фактическое A/C}		0,01/1,04		

может быть связано с тем, что в современных реалиях сохранность растений озимой ржи в зимний период определяется в основном не морозостойкостью, а устойчивостью к вымоканию и выпреванию, калий, как общеизвестно, способствует увеличению именно морозостойкости растений.

В табл. 3 и 4 представлены данные по урожайности сортов озимой ржи Волхова и Эврика при разных вариантах применения аммонийной и калийной селитры.

Табл. 3. Урожайность ржи озимой сорта Волхова при разных сроках и дозах внесения аммонийной и калийной селитры, 2019–2021 гг., т/га

Table 3. The yield of winter rye variety Volkhova at different dates and doses of ammonium and potassium nitrate application, 2019–2021, t/ha

Вариант	Урожайность			
	N0	N30	N60	N90
2019 г.				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,46	2,99	1,95
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,57	3,11	1,98
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,51	3,48	2,06
NH ₄ NO ₃ весна	—	2,23	2,76	1,98
Контроль	2,05	—	—	—
HCP _{0,05}		0,16		
F _{теоретическое A/B/C}		2,90/2,90/2,82		
F _{фактическое A/B/C}		4,30/87,16/62,68		
2020 г.				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,11	3,18	3,05
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,41	3,29	3,49
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	3,80	4,15	3,60
NH ₄ NO ₃ весна	—	2,93	3,29	3,97
Контроль	2,16	—	—	—
HCP _{0,05}		0,44		
F _{теоретическое A/B/C}		2,90/2,90/2,82		
F _{фактическое A/B/C}		4,48/17,23/12,32		
2021 г.				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,38	2,63	2,17
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,88	2,81	1,72
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	1,32	2,69	2,19
NH ₄ NO ₃ весна	—	1,75	2,25	1,62
Контроль	1,39	—	—	—
HCP _{0,05}		0,55		
F _{теоретическое A/B/C}		2,90/2,90/2,82		
F _{фактическое A/B/C}		2,96/16,10/11,35		
<i>Среднее за 3 года</i>				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,32	2,93	2,39
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,62	3,07	2,40
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,54	3,44	2,64
NH ₄ NO ₃ весна	—	2,30	2,77	2,52
Контроль	1,78	—	—	—

Примечание. Здесь и в табл. 4. N0, N30, N60, N90 – доза удобрения 0, 30, 60, 90 кг/га по действующему веществу азоту соответственно. Фактор A – вид удобрения, фактор B – срок внесения удобрения, фактор C – доза удобрения.

Табл. 4. Урожайность ржи озимой сорта Эврика при разных сроках и дозах внесения аммонийной и калийной селитры, 2019–2021 гг., т/га

Table 4. The yield of winter rye variety Eureka at different timing and doses of ammonium and potassium nitrate application, 2019–2021, t/ha

Вариант	Урожайность			
	N0	N30	N60	N90
<i>2019 г.</i>				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,38	2,55	3,40
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,43	2,70	2,69
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,45	2,86	3,19
NH ₄ NO ₃ весна	—	2,27	2,63	2,60
Контроль	2,21	—	—	—
HCP _{0,05}		0,35		
F _{теоретическое} A/B/C		2,90/2,90/2,84		
F _{фактическое} A/B/C		2,90/7,34/7,49		
<i>2020 г.</i>				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	3,03	4,08	3,92
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	3,51	4,17	4,78
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	3,35	4,11	5,17
NH ₄ NO ₃ весна	—	3,52	4,37	4,40
Контроль	2,75	—	—	—
HCP _{0,05}		0,48		
F _{теоретическое} A/B/C		2,90/2,90/2,84		
F _{фактическое} A/B/C		2,90/50,55/35,62		
<i>2021 г.</i>				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,06	2,38	2,13
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	1,69	2,13	1,90
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	1,44	1,63	1,75
NH ₄ NO ₃ весна	—	1,70	1,73	1,76
Контроль	1,28	—	—	—
HCP _{0,05}		0,28		
F _{теоретическое} A/B/C		2,90/2,90/2,84		
F _{фактическое} A/B/C		15,2/38,9/31,1		
<i>Среднее за 3 года</i>				
KNO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,49	3,00	3,15
NH ₄ NO ₃ осень + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,54	3,00	3,12
KNO ₃ весна + NH ₄ NO ₃ весна	—	2,41	2,86	3,37
NH ₄ NO ₃ весна	—	2,50	2,91	2,92
Контроль	2,08	—	—	—

В 2019 г. наибольшую урожайность сорт Волхова показал при N60 во всех вариантах. При обильном азотном питании (N90) в условиях дождливого июля у данного сорта наблюдалось сильное отрастание подгона, что повлекло значительное снижение урожайности. По срокам и виду вносимых удобрений при оптимальной дозе азота (N60) наиболее эффективным оказалось единовременное весеннее внесение смеси аммонийной и калийной селитры, что может свидетельствовать о положительном влиянии дополнительного источника ионов калия для развития растений в весенне-летний период. Сорт Эврика максимальную урожайность показал при N90 в вариантах с калийной селитрой. Это можно объяснить тем, что менее развитая корневая система Эврики, как более короткостебельного сорта, в условиях холодной дождливой погоды во время фазы налива зерна менее эффективно использовала питательные вещества из почвы. При этом хорошая обеспеченность калием, стимулирующим, как известно, пластический обмен, несколько исправила ситуацию при высоких дозах удобрений. Достоверных различий между вариантами с разным сроком внесения удобрений не выявлено.

В 2020 г. ситуация была сравнима с 2019 г. – урожайность сорта Волхова достоверно нарастала до N60, сорта Эврика – до N90. Определяющую роль в 2020 г. играла устойчивость растений к полеганию, так как погодные условия были благоприятны для интенсивного налива зерна, но при этом способствовали усилению полегания. При N90 степень полегания сорта Волхова достигала 60–80% во всех вариантах, устойчивого к полеганию сорта Эврика – не превышала 20%³. В результате максимальная урожайность сорта Эврика превысила максимальную урожайность сорта Волхова на 24,5%. По сроку и виду внесения удобрений наиболее эффективными в пределах оптимальных для каждого сорта доз азота, как и в 2019 г.,

³Петровцева Н.А. Новый сорт озимой ржи Эврика и оценка его устойчивости к полеганию при разных схемах применения азотных удобрений // Агробиотехнология – 2021: сборник статей международной научной конференции. (Москва, 24–25 ноября 2021 г.). М., 2021. С. 601–605.

оказались варианты единовременного внесения удобрений с присутствием калия.

В 2021 г. более эффективным оказалось дробное внесение удобрений – максимальную урожайность при этом способе растения сорта Волхова достигли при N30, Эврика – при N60. Связано это, вероятно, с продолжительной засушливой погодой, пришедшейся на весь период от цветения до уборки урожая, когда внесенные единовременно весной большие дозы удобрений не могли быть в полной мере усвоены растениями в условиях сильного дефицита влаги. Также, в отличие от предыдущих 2 лет, не проявилось положительное действие внесения калия. Это можно объяснить тем, что, как показали результаты 2019 и 2020 гг., внесение калия оказывало влияние преимущественно на весенне-летнюю вегетацию. В условиях сильной летней засухи поступление калия в растения было лимитировано не количеством элемента в почве, а способностью растений к его извлечению.

ВЫВОДЫ

1. На зимостойкость растений озимой ржи вне зависимости от сорта не оказывало влияние осеннее внесение ни аммонийной, ни калийной селитры.

2. Эффективность разных доз удобрений определялась сортом и погодными условиями: максимальную урожайность сорт Волхова достигал при низких и средних дозах вносимых удобрений (30 кг д.в./га по азоту в 2021 г. и 60 кг д.в./га по азоту в 2019 и 2020 гг.), сорт Эврика – при средних и высоких (60 кг д.в./га по азоту в 2021 г. и 90 кг д.в./га по азоту в 2019 и 2020 гг.). При этом в благоприятных условиях 2020 г. наибольшая показанная сортом Эврика урожайность превысила таковую для сорта Волхова на 24,5%.

3. В пределах одинаковых доз азота отмечено положительное влияние на урожайность внесения калия при единовременном весеннем применении удобрений – для сорта Волхова при N30 и N60, для сорта Эврика –

при N90 (за исключением крайне засушливого 2021 г., когда влияние внесения калия не проявилось). При дробном применении удобрений эффект от внесения калийной селитры отмечен только на сорте Эврика при N90.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелешкина Е.П., Бундина О.И. Производство, переработка и потребление зерна ржи в России: направления развития // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 55–59. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10144.
2. Петрович Э.А. Ржаное поле Беларусь: тенденции и перспективы развития // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 160–164.
3. Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Реализации потенциальной продуктивности озимой ржи в почвенно-климатических условиях Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (72). С. 20–27.
4. Коляда В.В. Влияние изменения климата на динамику урожайности зерновых культур в регионах Беларусь // Природопользование. 2023. № 1. С. 17–26. DOI: 10.47612/2079-3928-2023-1-17-26.
5. Мельник В.И., Бондаренко Ю.А., Бровка Ю.А., Хитриков М.А. Определение оптимальных сроков сева озимых культур на территории Беларусь в условиях современного изменения климата // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2022. № 1 (383). С. 108–127. DOI: 10.37162/2618-9631-2022-1-108-127.
6. Потапова Г.Н., Галимов К.А., Зобнина Н.Л. Влияние изменения климата осенью и зимой на возделывание озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 6. С. 18–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604.
7. Артемьевая З.С., Фрид А.С., Титова В.И. Миграционная доступность калия растениям на суглинистых почвах // Агрохимия. 2019. № 7. С. 16–26. DOI: 10.1134/S0002188119070032.
8. Завьялова Н.Е., Васбиеva M.T., Шишкив D.G., Дир Е.С. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта в условиях Предуралья // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 43–47. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13.

9. Якименко В.Н. Фиксация калия и магния почвой агроценоза // Агрохимия. 2023. № 3. С. 3–11. DOI: 10.31857/S0002188123030134.
10. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишкин Д.Г. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, содержание основных элементов питания и тяжелых металлов в озимой ржи // Агрохимия. 2021. № 4. С. 49–56. DOI: 10.31857/S0002188121040153.
11. Шайкова Т.В., Дятлова М.В., Волкова Е.С. Потребление и вынос основных элементов минерального питания озимой рожью при внесении комплексных удобрений // Плодородие. 2022. № 6 (129). С. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.01.
12. Чухина О.В., Обряева О.Д., Кулакова И.Е., Смирнов Д.Е. Урожайность зерна озимой ржи, вынос культурой элементов питания при применении удобрений в Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 2 (34). С. 62–71.
13. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., Брехов П.Т., Подрезов П.И. Взаимовлияние калийного и кальциевого режимов чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и мелиоранта // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 53–58. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/53-58.
14. Belarus. *Prirodopol'zovanie = Nature Management*, 2023, no. 1, pp. 17–26. (In Russian). DOI: 10.47612/2079-3928-2023-1-17-26.
15. Mel'nik V.I., Bondarenko Yu.A., Brovka Yu.A., Khitrikov M.A. Determination of optimal sowing periods for winter crops on the territory of Belarus in the context of modern climate change. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prochnye = Hydrometeorological Research and Forecasting*, 2022, no. 1 (383), pp. 108–127. (In Russian). DOI: 10.37162/2618-9631-2022-1-108-127.
16. Potapova G.N., Galimov K.A., Zobnina N.L. Impact of autumn and winter climate change on the cultivation of winter rye. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 6, pp. 18–21. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10604.
17. Artemyeva Z.S., Frid A.S., Titova V.I. The migration availability of potassium to plants on loamy soils. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 7, pp. 16–26. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119070032.
18. Zav'yalova N.E., Vasbieveva M.T., Shishkov D.G., Dir E.S. Potassium state of soddy-podzolic soil of long stationary experiment under the conditions of the pre-Urals. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 4 (121), pp. 43–47. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13.
19. Yakimenko V.N. Fixation of potassium and magnesium by the soil of agrocenoses. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2023, no. 3, pp. 3–11. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188123030134.
20. Zav'yalova N.E., Vasbieveva M.T., Shishkov D.G. Influence of the mineral fertilizers on sod-podzolic soil fertility, content of major nutrients and heavy metals in winter rye. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2021, no. 4, pp. 49–56. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188121040153.
21. Shaikova T.V., Dyatlova M.V., Volkova E.S. The consumption and removal of the main elements of mineral nutrition by plants of winter rye when applying complex fertilizers. *Plodorodie = Plodorodie*, 2022, no. 6 (129), pp. 3–7. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.01.
22. Chukhina O.V., Obryaeva O.D., Kulakova I.E., Smirnov D.E. Productivity of winter rye grain, yield of nutritive elements by the culture when

REFERENCES

1. Meleshkina E.P., Bundina O.I. Production, processing and consumption of rye grain in Russia: directions of development. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*, 2020, no.12, pp. 55–59. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10144.
2. Petrovich E.A. Rye field of Belarus: trends and development prospects. *Vestnik beloruskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2019, no. 4, pp. 160–164. (In Russian).
3. Mameev V.V., Nesterenko O.A. Realization of potential productivity of winter rye in soil climate conditions of the Bryansk region. *Vestnik Bryanskoi GSKhA = Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2019, no. 2 (72), pp. 20–27. (In Russian).
4. Kalyada V.V. The impact of climate change on dynamics yield of grain crops in regions of

- using fertilizers in the Vologda region. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Molochnokhozyaystvennyy vestnik*, 2019, no. 2 (34), pp. 62–71. (In Russian).
13. Myazin N.G., Kozhokina A.N., Brekhov P.T., Podrezov P.I. Interaction of potassium and calcium regimes of leached chernozem in multi-year application of fertilizers and ameliorant. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2019, no. 1, pp. 53–58. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/53-58.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Петровцева Н.А.**, старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 188338, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1; e-mail: petrovtsseva-natalya@rambler.ru

Пасынкова Е.Н., доктор биологических наук, главный научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Natalya A. Petrovtseva**, Senior Researcher; address: 1, Institutskaya St., Belogorka village, Gatchina District, Leningrad Region, 188338, Russia; e-mail: petrovtsseva-natalya@rambler.ru

Elena N. Pasynkova, Doctor of Science in Biology, Head Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.10.2023

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 27.11.2023

Дата публикации / Published 25.12.2023