

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА
И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.16«321»:631.82:631.445.4

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_37

**Изменение пищевого режима чернозема выщелоченного
под яровым ячменем при внесении минеральных удобрений**Николай Георгиевич Мязин¹, Полина Алексеевна Сушкевич², Анна Николаевна Кожокина³✉^{1,2,3}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия³annakozh27@yandex.ru✉

Аннотация. В полевом опыте в 2019–2021 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ изучали влияние внесения минеральных удобрений на пищевой режим почвы под яровым ячменем. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным малогумусным среднемощным тяжелосуглинистым на покровных суглинках. На 4 из 12 вариантах опыта изучалось влияние внесения различных форм азотных удобрений – аммиачной селитры и сульфата аммония в дозах по N₄₅, на фоне применения аммофоса и хлористого калия в дозе N₁₅P₆₀K₆₀. Результаты исследований показали, что внесение минеральных удобрений под ячмень на черноземе выщелоченном способствовало накоплению запасов минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве и, как следствие, повышению урожайности. Использование аммиачной селитры в дозе N₄₅ к началу вегетации ярового ячменя увеличивало запасы азота в метровом слое почвы на 20,7 кг/га по отношению к фону, а внесение сульфата аммония в той же дозе – на 32,3 мг/кг почвы. Содержание подвижных форм фосфора и калия на удобренных вариантах опыта в слое 0–40 см к началу вегетации по отношению к контролю увеличивалось незначительно – соответственно на 2–4 и на 7–14 мг/кг почвы. Форма азотного удобрения на содержание подвижного фосфора и калия в почве влияния не оказывала. За годы исследований были получены математически достоверные прибавки урожая ячменя по отношению к контролю. В среднем за 2019–2021 гг. урожайность на удобренных вариантах опыта составляла 29,2–35,5 ц/га, на контроле – 21,5 ц/га. Максимальная урожайность ячменя получена на варианте внесения сульфата аммония: прибавка к контролю составляла 14,0 ц/га, к фону – 6,3 ц/га.

Ключевые слова: яровой ячмень, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения, пищевой режим, урожайность

Для цитирования: Мязин Н.Г., Сушкевич П.А., Кожокина А.Н. Изменение пищевого режима чернозема выщелоченного под яровым ячменем при внесении минеральных удобрений // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 37–44. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_37-44.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Changes in the nutrient status of leached chernozem
under spring barley with the application of mineral fertilizers**Nikolay G. Myazin¹, Polina A. Sushkevich², Anna N. Kozhokina³✉^{1,2,3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia³annakozh27@yandex.ru✉

Abstract. In 2019-2021, in field experiment on the territory of "Agrotechnology" Educational Research and Technology Center of Voronezh State Agrarian University the authors investigated the changes in the nutrient status of leached chernozem under spring barley with the application of mineral fertilizers. The soil in the experimental plot was represented by leached low-humus medium-deep heavy loamy chernozem on clay loam mantle. In 4 out of 12 variants of the experiment, the authors studied the effect of applying various forms of nitrogen fertilizers, i.e. ammonium nitrate and ammonium sulfate in the doses of N₄₅ against the background of applying ammophos and potassium chloride in the dose of N₁₅P₆₀K₆₀. Research results showed that the application of mineral fertilizers under barley on leached chernozem contributed to the accumulation of reserves of mineral nitrogen, labile phosphorus and exchangeable potassium in the soil and, as a result, increased the yield. The application of ammonium nitrate in the dose of N₄₅ by the beginning of the growing season of spring barley increased nitrogen reserves in a 1-meter soil layer by 20.7 kg/ha against the background of fertilized variant, while the application of ammonium sulfate in the same dose provided an increase by 32.3 mg/kg of soil. The content of labile forms of phosphorus and potassium in the fertilized experimental variants in the layer of 0-40 cm by the beginning of the growing season increased only slightly compared to control: by 2-4 and 7-14 mg/kg of soil, respectively. The form of nitrogen fertilizer had no influence on the content of labile

phosphorus and potassium in the soil. Over the years of research, mathematically significant increases in the yield of barley have been obtained compared to control. In 2019-2021 the average yield was 29.2-35.5 c/ha in the fertilized variants and 21.5 c/ha in the control one. The highest yield was obtained in the variant with the application of ammonium sulfate: the increase in yield was 14.0 c/ha compared to control and 6.3 c/ha against the background of fertilized variant.

Key words: spring barley, leached chernozem, mineral fertilizers, nutrient status, yield

For citation: Myazin N.G., Sushkevich P.A., Kozhokina A.N. Changes in the nutrient status of leached chernozem under spring barley with the application of mineral fertilizers. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):37-44. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_37-44.

В ведение

Ячмень относится к числу древнейших возделываемых растений земного шара. Разностороннее использование, высокая урожайность, скороспелость, неприхотливость к условиям выращивания – все эти положительные качества определили большое народнохозяйственное значение ячменя и ареал его распространения. Многообразие форм позволяет выращивать эту культуру везде, где возможно земледелие. Ячмень возделывается во всех странах мира и занимает до 97,7 млн га, или более 12% общей площади посевов зерновых культур на земном шаре [8], что определяет его место после пшеницы, риса и кукурузы.

Большой интерес к ячменю, который проявляется в практике мирового земледелия, связан прежде всего с его универсальностью. По данным ФАО, до 50% мирового производства идет на приготовление различных комбикормов, 15% – на пищевые и 16–18% – непосредственно на кормовые цели. Общеизвестно также использование зерна ячменя для получения солодовых экстрактов (в спиртовой, текстильной, кондитерской и пивоваренной промышленности) [2]. За последние 10 лет были отмечены колебания посевных площадей, занимаемых ячменем, и определенные колебания урожайности: в 2014/2015 сельскохозяйственном году в мире производилось 139,8 млн т, по прогнозам специалистов к 2024/2025 г. она должна возрасти до 148,5 млн т.

Более 1/3 всех мировых площадей ячменя сосредоточено в России, где в среднем 60% общих сборов этой культуры используется на кормовые цели, приблизительно по 20% качественного зерна перерабатывается пивоваренной и крупяной промышленностью и экспортируется.

Вследствие относительно слабого развития корневой системы и короткого периода вегетации для получения высоких урожаев ячменя необходимы плодородные почвы [1]. Для роста и развития для зерновых, как и для всех культурных растений, вместе с другими факторами внешней среды (свет, теплота, вода и CO₂) первостепенное значение имеет обеспечение минеральными элементами питания [4]. Минеральные элементы включены во все ступени обмена веществ и в образование органической массы и урожая [10].

Применение удобрений в строго научно обоснованной системе является важнейшим условием интенсификации сельскохозяйственного производства, регулирующим круговорот питательных веществ в почве и улучшающим питание растений [6, 9], что позволит обеспечить достижение максимальной продуктивности выращиваемых сельскохозяйственных культур [7].

Особенно большое значение для выяснения роли разных элементов (кальция, магния, азота, калия, фосфора, а также и серы) в жизни растений имел метод водной культуры (метод выращивания растений на солевых растворах), разработанный немецкими физиологами Ю. Саксом и И. Кнопом в 1860–1865 гг. Сера входит в число девяти макроэлементов, жизненно необходимых для питания растений [3, 11]. Учитывая вышеизложенное, целью представленных исследований являлось изучение влияния эффективности сульфата аммония как серосодержащего удобрения, а также аммиачной селитры на изменение некоторых агрохимических показателей чернозема выщелоченного под яровым ячменем, а также его урожайность.

Методика эксперимента

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений на динамику физико-химических показателей чернозема выщелоченного проводили в 2019–2021 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ в мелкоделяночном полевом опыте.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным малогумусным среднемощным тяжелосуглинистым на покровных суглинках со следующими агрохимическими показателями (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Глубина отбора, см	Содержание гумуса, %	pH _{KCl}	Nг	S	V, %	P ₂ O ₅ по Чирикову, мг/кг почвы	K ₂ O по Чирикову, мг/кг почвы
			мг-экв на 100 г почвы				
0–40	5,3	5,5	2,9	29,0	90,9	49	103

Ячмень сорта Приазовский 9 размещали в полевом шестипольном севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вико-овсяная смесь на зеленый корм – озимая пшеница – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты.

1. Контроль (без удобрений).
2. N₁₅P₆₀K₆₀ – фон.
3. Фон + N₄₅ (аммонийная селитра).
4. Фон + N₄₅ (сульфат аммония).

Варианты на опытном участке расположены методом организованных повторений, последовательно шахматно в два яруса. Повторность опыта – четырехкратная. Общая площадь делянки – 31,9 м², учетная – 22 м².

В опыте использовали следующие минеральные удобрения:

- аммонийная селитра (Naa) (содержание азота – 34,5%);
- аммофос (содержание фосфора – 52%, азота – 12–13%);
- сульфат аммония (Na) (содержание азота – 21%, серы – 24%);
- хлористый калий (содержание калия – 60%).

На фоновом варианте (вариант 2) в качестве удобрений использовали аммофос и хлористый калий. На вариантах 3 и 4 к ним добавляли аммиачную селитру (вариант 3) или сульфат аммония (вариант 4).

Дозу минеральных удобрений устанавливали как рекомендованную в ЦЧР под ячмень на черноземе выщелоченном – N₆₀P₆₀K₆₀. Удобрения вносили поделаяночно вручную осенью под вспашку.

При возделывании ячменя применяли общепринятую для ЦЧР агротехнику.

В период вегетации культуры отбирали образцы почвы на глубине 1 м через каждые 20 см в 3 срока: всходы, кущение, уборка.

Растительные образцы отбирали перед уборкой урожая.

Агрохимические анализы почвенных и растительных образцов выполняли общепринятыми методами [5].

Учет урожая ячменя проводили поделаяночно комбайном «Сампо». Полученные урожайные данные статистически обрабатывали на персональном компьютере методом однофакторного дисперсионного анализа.

Метеорологические условия вегетационного периода ярового ячменя во все три года исследований складывались вполне благоприятно (табл. 2). В 2019 и 2021 гг. количество осадков за вегетационный период было выше среднемноголетних данных

соответственно на 7 и 12%, в 2020 г. – ниже на 16%. При этом в мае 2020 г., критическом периоде в отношении влаги для ячменя, количество выпавших осадков было достаточным и на 29 мм превышало среднемноголетнее значение. Сумма среднемесячных температур во все годы исследований была несколько выше среднемноголетней.

Таблица 2. Метеорологические условия периода вегетации ярового ячменя, 2019–2021 гг.

Месяц	Количество выпавших осадков, мм				Среднемесячная температура, °С			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средне- много- летнее, мм	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средне- много- летняя, °С
Апрель	33	17	67	38	10,2	7,5	8,9	8,2
Май	91	75	61	46	17,1	13,4	16,2	14,9
Июнь	12	63	98	74	22,2	21,3	21	18,5
Июль	100	29	21	62	19,2	21,9	23,9	20,5
Итого	236	184	247	220	–	–	–	–

Таким образом, температурный режим и количество выпавших осадков благоприятно отразились на развитии ярового ячменя и способствовали получению его высокой урожайности в годы проведения исследований.

Результаты и их обсуждение

Одним из основных факторов, определяющих величину и качество урожая зерновых культур, является обеспеченность почвы минеральными формами азота. Особенно в нем нуждается яровая ячмень в первой половине вегетации, когда идет интенсивный рост листьев, стеблей, генеративных органов [1].

Как видно из представленных данных (табл. 3), внесение минеральных удобрений оказало влияние на формирование азотного режима чернозема выщелоченного под яровым ячменем. Запасы минерального азота отличаются как по вариантам опыта, так и по периодам вегетации.

Так, запасы минерального азота на контрольном варианте во все фазы развития ярового ячменя были ниже, чем на удобренных вариантах. В фазе всходов содержание минерального азота на контрольном варианте в слое 0–100 см по отношению к вариантам 2, 3 и 4 составило соответственно 86,5%, 74,9 и 69,8%. Таким образом, прослеживается закономерность в накоплении минерального азота: несколько большее его содержание наблюдалось на варианте 4 (фон + сульфат аммония). Эта закономерность сохранялась до уборки ярового ячменя.

В процессе вегетации изучаемой культуры происходило заметное снижение запасов минерального азота на всех вариантах опыта. Так, если по всходам запасы минерального азота в слое 0–100 см по вариантам опыта изменялись от 116,7 на контроле до 134,9–167,2 кг/га на удобренных вариантах, то перед уборкой эти показатели были соответственно 81,7 и 85,6–99,8 кг/га. Что касается форм минерального азота, то во все сроки наблюдений нитратная форма преобладала над аммонийной.

Вид азотного удобрения оказал определенное влияние на накопление форм минерального азота, которое отчетливо проявилось в фазе всходов. Так, если при внесении аммиачной селитры (вариант 3) запасы нитратного азота в слое 0–100 см составили

137,7 кг/га, то при внесении сульфата аммония (вариант 4) – 130,5 кг/га, тогда как запасы аммонийного азота были соответственно 17,9 и 36,7 кг/га. Это связано, на наш взгляд, с тем, что в аммиачной селитре примерно половина азота находится в нитратной форме, а половина – в аммонийной. В сульфате аммония весь азот находится в аммонийной форме. К уборке, вследствие происходящих в почве процессов аммонификации и нитрификации, эта зависимость нивелируется.

Таблица 3. Динамика запасов минерального азота в почве под яровым ячменем, среднее за 2019–2021 гг., кг/га

Варианты опыта	Слой, см	Сроки отбора образцов								
		Всходы			Кущение			Перед уборкой урожая		
		N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃ + N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃ + N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃ + N-NH ₄
1. Без удобрений – контроль	0–40	40,0	6,6	46,6	22,8	10,0	32,8	23,9	14,4	38,3
	0–100	103,0	13,7	116,7	51,4	19,7	71,1	53,1	28,7	81,7
2. N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ – фон	0–40	46,6	8,7	55,4	26,4	13,7	40,1	21,5	16,0	37,5
	0–100	116,2	18,8	134,9	55,6	24,4	80,0	55,8	29,8	85,6
3. Фон + N ₄₅ (Naa)	0–40	56,7	8,7	65,4	26,8	13,2	40,0	25,3	17,7	43,0
	0–100	137,7	17,9	155,6	56,7	24,4	81,1	58,4	37,0	95,3
4. Фон + N ₄₅ (Na)	0–40	50,4	18,6	69,0	27,3	16,0	43,3	21,1	21,5	42,6
	0–100	130,5	36,7	167,2	59,3	28,7	88,0	59,2	40,5	99,8

Следует отметить, что запасы минерального азота в слое 0–100 см во все сроки наблюдений на варианте внесения сульфата аммония были несколько выше, чем при внесении аммиачной селитры. Запасы минерального азота от всходов к уборке снизились от 167,2 до 99,8 кг/га при внесении сульфата аммония, тогда как на варианте внесения аммиачной селитры эти показатели были соответственно 155,6 и 95,3 кг/га, что также, на наш взгляд, связано с разным соотношением форм азота в этих удобрениях.

Интенсивность процесса снижения запасов азота в слое 0–100 см от всходов к уборке была различной по вариантам опыта: наиболее это было заметно в период вегетации на варианте 4 (фон + сульфат аммония) – на 40,4%. На других вариантах значения снижения запасов минерального азота были немного меньше – на 30%, 36,6 и 38,7% на контроле, варианте 2 (фон – аммофос + калий хлористый) и варианте 3 (фон + аммонийная селитра) соответственно. Такая закономерность обусловлена, вероятнее всего, более высоким урожаем, а значит, и большим выносом на вариантах внесения удобрений.

Таким образом, внесение минеральных удобрений под яровой ячмень на черноземе выщелоченном способствовало значительному накоплению запасов минерального азота в почве как в слое 0–40 см, так и слое 0–100 см, что создавало благоприятный азотный режим в течение всей вегетации.

Результаты наблюдений за динамикой содержания подвижного фосфора и обменного калия под озимой пшеницей представлены в таблице 4.

Таблица 4. Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в почве под яровым ячменем, среднее за 2019–2021 гг., мг/кг почвы

Варианты опыта	Фазы отбора образцов								
	Всходы			Кущение			Уборка		
	Слой почвы, см								
	0–20	20–40	0–40	0–20	20–40	0–40	0–20	20–40	0–40
P₂O₅									
1. Без удобрений – контроль	53	42	48	55	39	47	49	40	45
2. N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ – фон	56	45	50	58	50	54	52	42	47
3. Фон + N ₄₅ (Naa)	58	46	52	62	52	57	54	41	48
4. Фон + N ₄₅ (Na)	58	44	51	59	49	54	53	42	47
K₂O									
1. Без удобрений – контроль	104	97	100	113	96	104	102	92	97
2. N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ – фон	117	102	109	128	116	122	112	101	122
3. Фон + N ₄₅ (Naa)	122	105	114	126	109	118	119	104	118
4. Фон + N ₄₅ (Na)	122	108	107	127	114	111	120	103	112

Из представленных данных видно, что в слое 0–20 см на всех вариантах опыта во все сроки наблюдений отмечается большее содержание подвижного фосфора и обменного калия по сравнению с нижним слоем 20–40 см.

Внесение минеральных удобрений способствовало некоторому увеличению содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия во всех слоях почвы. Так, если в фазе всходы на контрольном варианте в слое 0–40 см содержалось 48 мг/кг подвижного фосфора и 100 мг/кг обменного калия, то на вариантах с внесением удобрений эти показатели были соответственно 50–52 и 107–114 мг/кг.

К концу вегетации содержание подвижного фосфора снижалось по всем вариантам опыта, что связано с выносом этого элемента питания урожаем. При этом следует отметить, что содержание в почве обменного калия, напротив, незначительно возросло по сравнению с началом вегетации, что связано, на наш взгляд, с благоприятными гидротермическими условиями, способствующими переходу калия из недоступного для растений состояния в доступное.

Интенсивность процесса снижения содержания подвижного фосфора от всходов к уборке была гораздо менее выражена, чем минерального азота, и изменялась в пределах 6–8% по вариантам опыта.

Основным результирующим показателем действия удобрений является величина собранного урожая. Данные урожайности за период проведения исследований, представленные в таблице 5, свидетельствуют о том, что этот показатель за три года увеличился незначительно: от 19,8 до 23,4 ц/га на контрольном варианте и от 31,6–33,5 до 35,3–38,2 ц/га на вариантах внесения полной дозы удобрений. Самый низкий урожай в 2019 г. можно объяснить количеством осадков в июле, когда их выпало 100 мм против 62 мм средней многолетней, что затрудняло процесс уборки и увеличило потери.

Внесение удобрений во все годы проведения исследований как в полной дозе, так и на фоновом варианте объяснило достоверную прибавку урожайности по отношению к контролю.

Внесение азотных удобрений (варианты 3 и 4) давало математически доказуемую прибавку по отношению к фону (вариант 2). В среднем за 3 года эта прибавка составила 4,1–6,3 ц/га.

Таблица 5. Влияние удобрений на урожайность ярового ячменя ц/га, среднее за 2019–2021 гг.

Варианты опыта	Годы			Средняя за три года	Прибавка урожая			
	2019	2020	2021		к контролю		к фону	
					ц/га	%	ц/га	%
1. Без удобрений – контроль	19,8	21,7	23,1	21,5	–	–	–	–
2. N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀ – фон	28,2	28,9	30,3	29,2	7,7	35,8	–	–
3. Фон + N ₄₅ (Naa)	31,6	33,1	35,3	33,3	11,8	54,8	4,1	14,0
4. Фон + N ₄₅ (Na)	33,5	34,7	38,2	35,5	14,0	65,1	6,3	21,6
HCP _{0,95}	1,4	1,3	1,8					
Sx,%	1,5	1,3	1,7					

Если сравнивать эффективность аммиачной селитры и сульфата аммония, то во все годы исследований на варианте внесения сульфата аммония получена достоверная прибавка урожайности по сравнению с аммиачной селитрой. В среднем за три года прибавка по отношению к контролю составила 11,8 ц/га (54,8%) при внесении аммиачной селитры и 14,0 ц/га (65,1%) при внесении сульфата аммония.

Таким образом, сульфат аммония на черноземе выщелоченном под ячмень по эффективности превосходит аммиачную селитру, что, на наш взгляд, связано с наличием в его составе серы.

Выводы

1. Внесение минеральных удобрений под ячмень на черноземе выщелоченном способствовало накоплению запасов минерального азота в почве и созданию благоприятного азотного режима в течение всей вегетации. При этом во все сроки наблюдений запасы минерального азота в слое почвы 0–100 см на варианте с сульфатом аммония были несколько выше, чем при внесении аммиачной селитры.

2. В течение вегетации ярового ячменя запасы минерального азота уменьшались на всех вариантах опыта. К уборке запасы минерального азота на контрольном варианте снизились на 35 кг/га в метровом слое, на удобренных вариантах эти показатели изменялись в пределах 49,3–67,4 кг/га, что обусловлено более высокой урожайностью на этих вариантах и, как следствие, большим выносом азота.

3. Внесение минеральных удобрений под ячмень на черноземе выщелоченном способствовало накоплению подвижного фосфора и обменного калия в почве и повышению урожайности ячменя.

4. Внесение минеральных удобрений повышало урожайность зерна ярового ячменя. Наибольшая прибавка к контролю (14,0 ц/га) отмечена на варианте внесения сульфата аммония, что обусловлено содержанием серы в этом удобрении.

Список источников

1. Безлер Н.В., Щеглов Д.И. Растениеводство: учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2011. 52 с.
2. Ерешко А.С., Хронюк В.Б., Бершанский Р.Г. и др. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай: монография. Волгоград: ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, 2013. 160 с.
3. Жуйков Д.В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 11. С. 32–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11105.
4. Кожокина А.Н., Мязин Н.Г., Столповский Ю.И. Влияние многолетнего применения удобрений на урожайность корнеплодов и вынос элементов питания сахарной свеклы // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 04–05 декабря 2018 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. С. 174–180.
5. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амеляничик О.А. и др. Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
6. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н., Столповский Ю.И. и др. Пищевой режим чернозема выщелоченного под свеклой сахарной в зависимости от доз минеральных удобрений // Аграрная наука. 2017. № 9-10. С. 14–16.

7. Мязин Н.Г. Система удобрения: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. 350 с.
8. Сахибгареев А.А., Гареев Д.Б. Возделывание ячменя в Башкортостане. Уфа: Б. и., 1997. 91 с.
9. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия: учебник. Москва: Колос, 1977. 240 с.
10. Шпаар Д., Гинапп Х., Дрегер Д. и др. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка, использование): учебно-практическое руководство. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. 656 с.
11. Шевякова Н.И. Метаболизм серы в растениях. Москва: Наука, 1979. 165 с.

References

1. Bezler N.V., Shcheglov D.I. Rasteniyevodstvo: uchebnoe posobie [Crop Science: study guide]. Voronezh: Voronezh State University Press; 2011. 52 p. (In Russ.).
2. Ereshko A.S., Khronyuk V.B., Bershanskiy R.G. et al. Ozimyj yachmen': sort, udobrenie, urozhaj: monografiya [Winter barley: variety, fertilizer, crop outcome: monograph]. Zernograd: Azov-Black Sea State Agroengineering Academy Press; 2013. 160 p. (In Russ.).
3. Zhuikov D.V. Sera i mikroelementy v agrotsenozakh (obzor) [Sulfur and trace elements in agrocenoses (review)]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(11): 32-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11105. (In Russ.).
4. Kozhokina A.N., Myazin N.G., Stolpovskiy Yu.I. Vliyanie mnogoletnego primeneniya udobrenij na urozhaynost' korneplodov i vynos elementov pitaniya sakharnoj svekloy [The effect of long-term use of fertilizers on the yield of root crops and the removal of nutrients by sugar beet]. *Aktualnyye problemy agronomii sovremennoj Rossii i puti ikh resheniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 04-05 dekabrya 2018 g.)* [Actual problems of agronomy in modern Russia and ways to solve them: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Voronezh, December 04-05, 2018)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2018:174–180. (In Russ.).
5. Mineev V.G., Sychev V.G., Amelianchik O.A. et al. Praktikum po agrokhimii: uchebnoe posobie. 2-e izd., pererabotannoe i dopolnennoe [Workshop on Agrochemistry: study guide. 2nd edition, revised and enlarged]. Moscow: Moscow State University Press; 2001. 689 p. (In Russ.).
6. Myazin N.G., Kozhokina A.N., Stolpovskiy Yu.I. et al. Pishchevoj rezhim chernozema vyshchelochennogo pod svekloy sakharnoj v zavisimosti ot doz mineralnykh udobrenij [Nutrient status of leached chernozem under sugar beet depending on doses of mineral fertilizers]. *Agrarnaya nauka = Agricultural Science*. 2017;9-10:14-16. (In Russ.).
7. Myazin N.G. Sistema udobreniya: uchebnoe posobie [Fertilizer system: study guide]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2009. 350 p. (In Russ.).
8. Sakhibgarееv A.A., Gareev D.B. Vozdeliyvanie yachmenya v Bashkortostane [Cultivation of barley in Bashkortostan]. Ufa; 1997. 91 p. (In Russ.).
9. Smirnov P.M., Muravin E.A. Agrokhimiya: uchebnik [Agrochemistry: textbook]. Moscow: Kolos Press 1977. 240 p. (In Russ.).
10. Shpaar D., Ginapp Kh., Dreger D. et al. Zernovye kultury (Vyrashchivanie, uborka, dorabotka, ispol'zovanie): uchebno-prakticheskoe rukovodstvo [Cereal crops (Cultivation, harvesting, post-harvesting, usage: practical guide)]. Moscow: ID ООО "DLV АГРОДЕЛО" Press; 2008. 656 p. (In Russ.).
11. Shevyakova N.I. Metabolizm sery v rasteniyakh [Sulfur metabolism in plants]. Moscow: Nauka Press; 1979. 165 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Н.Г. Мязин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», agrohimi@agronomy.vsau.ru.

П.А. Сушкевич – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dpa93@mail.ru.

А.Н. Кожокина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», annakozh27@yandex.ru.

Information about the authors

N.G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University, agrohimi@ag.vsau.ru.

P.A. Sushkevich, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University, dpa93@mail.ru.

A.N. Kozhokina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University, annakozh27@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 26.12.2022; одобрена после рецензирования 02.02.2023; принята к публикации 15.02.2023.

The article was submitted 26.12.2022; approved after reviewing 02.02.2023; accepted for publication 15.02.2023.

© Мязин Н.Г., Сушкевич П.А., Кожокина А.Н., 2023