

Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки на изменение морфо-биометрических показателей растений ячменя

Степан Степанович Якомаскин¹, Василий Иванович Каргин¹, Алексей Алексеевич Зубарев²

¹Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

²СоюзХим, г. Москва, Россия

e-mail: karginvi@yandex.ru

Аннотация. В результате проведенных опытов в 2020–2022 гг., которые были заложены в ООО Сельхозпредприятие «Богдановское» Старошайговского района Республики Мордовии на аллювиальной почве реки Сивинь, установлено влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марка «АзотКалий» на морфо-биометрические показатели растений ячменя. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению высоты растений на 4,5–9,5 см и длины колоса на 0,6–1,5 см. Наибольшая высота растений (73,0 см), длина колоса (8,4 см), масса зерна с колоса (0,69–0,78 г) и масса 1000 зерен (39,6–41,7 г) была получена на третьем варианте ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Некорневая подкормка жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марка «АзотКалий» положительно повлияла на изменение высоты растений ячменя на 2,7–5,9 см, длины колоса на 0,7–1,6 см, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен. Дальнейшее увеличение уровня минерального питания ($N_{90}P_{90}K_{90}$) и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марка «АзотКалий» в количестве 6 л/га не способствовало существенному изменению изучаемых показателей. Минеральные удобрения в среднем за три года увеличивали урожайность ячменя на 14,6–5,8 %, наибольшими значения были на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$. Некорневая подкормка жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марка «АзотКалий» увеличивала урожайность культуры на 0,31–0,56 т/га, или 11,4–16,7 % в зависимости от уровня минерального питания. Наиболее благоприятные факторы для формирования урожая ячменя складывались на варианте с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{60}P_{60}K_{60}$ (3,40–3,95 т/га) и некорневой подкормкой жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марка «АзотКалий» в количестве 4 л/га (3,92 т/га), об этом свидетельствуют данные изучаемых биометрических показателей растений.

Ключевые слова: ячмень; урожайность; минеральные удобрения; жидкие комплексные удобрения; аллювиальная почва.

Для цитирования: Якомаскин С. С., Каргин В. И., Зубарев А. А. Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки на изменение морфо-биометрических показателей растений ячменя // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 34–39. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i4pp34-39>.

AGRONOMY

Original article

Influence of levels of mineral nutrition and foliar feeding on the change in morpho-biometric parameters of barley plants

Stepan S. Yakomaskin¹, Vasily I. Kargin¹, Alexey A. Zubarev²

¹National Research Mordovia State University named after N.P. Ogaryov, Saransk, Russia

²SoyuzKhim, Moscow, Russia

Abstract. As a result of the experiments carried out in 2020–2022, which were laid at the Bogdanovskoye Agricultural Enterprise LLC in the Staroshaigovsky District of the Republic of Mordovia on the alluvial soil of the Sivin River the influence of the levels of mineral nutrition and foliar feeding with liquid complex fertilizers “Agris” brand “AzotKaliy” on the morpho-biometric parameters of barley plants was established. The fertilization contributed to an increase in plant height by 4.5–9.5 cm and ear length by 0.6–1.5 cm. The highest plant height (73.0 cm), ear length (8.4 cm), grain weight per ear (0.69–0.78 g) and the weight of 1000 grains (39.6–41.7 g) was in the third variant ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Foliar top dressing with “Agris” brand “AzotKaliy” positively influenced the





change in the height of barley plants by 2.7–5.9 cm, ear length by 0.7–1.6 cm, grain weight per ear and weight of 1000 grains. A further increase in the level of mineral nutrition ($N_{90}P_{90}K_{90}$) and foliar fertilizing with “Agris” brand “AzotKaliy” in the amount of 6 l/ha did not contribute to a significant change in the studied parameters. Mineral fertilizers on average over three years increased the yield of barley by 14.6–5.8%, the highest values was after $N_{60}P_{60}K_{60}$ fertilization. Foliar top dressing with “Agris” brand “AzotKaliy” increased crop yield by 0.31–0.56 t/ha, or 11.4–16.7%, depending on the level of mineral nutrition. The most favorable factors for the formation of the barley crop were after application of mineral fertilizers in the amount of $N_{60}P_{60}K_{60}$ (3.40–3.95 t/ha) and foliar top dressing of “Agris” brand “AzotKaliy” in the amount of 4 l/ha (3.92 t/ha), this is evidenced by the data of the studied biometric indicators of plants.

Keywords: barley; productivity; mineral fertilizers; liquid complex fertilizers; alluvial soil.

For citation: Yakomaskin S. S., Kargin V. I., Zubarev A. A. Influence of levels of mineral nutrition and foliar feeding on the change in morpho-biometric parameters of barley plants. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(4):34–39. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i4pp34-39>.

Введение. Минеральное питание растений стимулирует основные физиологические процессы, происходящие в растениях [3, 5, 6]. Положительная динамика в процессах дыхания, фотосинтеза и синтеза более сложных веществ (белков, липидов, углеводов) оказывает непосредственное влияние на изменение биометрических показателей растений (высота растений, длина колоса, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен) и соответственно урожайности культуры. Особая роль в этих процессах отводится как основному внесению минеральных удобрений, так и некорневой подкормке растений [4, 7–9].

Большое значение отводится мало изученному вопросу, а, именно некорневой подкормке растений жидкими комплексными удобрениями (ЖКУ), применение которых в оптимальные фазы развития растений усиливает ксилемное (корневое) питание растений. Срабатывает принцип «насоса», потребление питательных элементов из почвы и удобрений возрастает до 16–20 %. Кроме того, растения своевременно через ассимиляционный аппарат (флоэмное питание) получают полноценное питание, сбалансированное макро-, мезо- и микроэлементами и аминокислотами. Большинство микроэлементов находится в максимально доступной для растений хелатной форме [1, 2].

Одной из основных наших целей явилось изучение влияния жидкого комплексного удобрения (ЖКУ) «Агрис» марка «АзотКалий» и минеральных удобрений на изменение морфо-биометрических показателей и урожайности ячменя.

Методика исследований. Опыты были проведены в ООО Сельхозпредприятие «Богдановское» на аллювиальной среднегумусной (5,5 %), слабокислой (5,3), среднесуглинистой почве р. Сивинь Республики Мордовии Старошайговского района в 2020–2022 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические анализы аллювиальной почвы реки Сивинь

Тип почвы	pH	Гумус, %	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	MnO, мг/кг	ZnO, мг/кг	B, мг/кг
Аллювиальная среднесуглинистая	5,3	5,5	91	170	53,7	1,6	1,9

Высокая обеспеченность пахотного горизонта калием (170 мг/кг), цинком (1,6 мг/кг), бором (1,9 мг/кг) и среднее содержание фосфора (91 мг/кг) и марганца (53,7 мг/кг) создавали благоприятные условия для роста и развития растений ячменя.

Минеральные удобрения (диаммофоска, аммиачная селитра) вносили под предпосевную культивацию. Некорневую подкормку проводили ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в фазу кущения – начало выхода в трубку растений согласно схеме опыта.

Фактор А (минеральные удобрения): 1) без удобрений (контроль); 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Фактор В (жидкие комплексные удобрения): 1) контроль (без внесения ЖКУ); ЖКУ – 2 л/га; ЖКУ – 4 л/га; ЖКУ – 6 л/га.

В состав (ЖКУ) «Агрис» марка «АзотКалий» входят следующие компоненты, г/л: K_2O – 110, $N-NH_2$ – 100, ZnO – 1,6, CuO – 1,6, MnO – 1,6, SO_3 – 1,1, MgO – 1,1, FeO – 0,2, B – 0,2, Mo – 0,5, Co – 0,1, Se – 0,3, комплекс аминокислот – 20.



Культура – ячмень. Сорт – Нур, первая репродукция. Предшественник – кукуруза. Размер делянки первого порядка (минеральные удобрения) – 1280 м² (учетная 960 м²), второго (ЖКУ) – 320 м² (учетная 240 м²). Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное.

Семена ячменя перед посевом протравливали фунгицидом Аттик, КЭ (1 л/т), совместно с ЖКУ «Агрис» марка «Форсаж» (1 л/т). Срок посева – первая декада мая. Норма высева – 4,5 млн шт./га на глубину 4–5 см.

Метеоданные в годы проведения исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Метеорологические условия в период вегетации растений в 2020–2022 гг.

Год	Май	Июнь	Июль	Август
Средняя температура воздуха, °С				
2020	12,3	17,3	20,4	16,8
2021	16,6	20,3	21,7	21,4
2022	9,1	17,9	20,0	21,9
Средне многолетнее количество, °С				
	13,3	17,5	19,5	17,5
Количество осадков, мм				
2020	103	41	41	45
2021	41	36	43	45
2022	51	35	54	0
Средне многолетнее количество, мм				
	37	54	60	52
Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)				
2020	2,7	0,8	0,6	0,9
2021	1,1	0,7	0,6	0,6
2022	2,6	0,6	0,9	0
Средне многолетняя норма				
	1,1	1,1	0,9	1,0

Среднесуточная температура воздуха в мае и июне наиболее высокой была в 2021 г., наиболее прохладным оказался 2022 г. Май и июнь 2020 г. характеризовались избыточным увлажнением, количество осадков в мае превысило средне многолетнее значение в 2,8 раза. По влагообеспеченности май–июнь 2021 и 2022 гг. существенно не отличались.

Температурный режим в июле в годы исследований (2020–2022 гг.) резко не отличался, однако превышал средне многолетнее значение. Наибольшее количество осадков в этом месяце было отмечено в 2022 г.

Август наиболее прохладным был в 2020 г., два последующих года по температурному режиму были близкими. По количеству выпавших осадков август в 2020 и 2021 гг. совпадает, а 2022 г. был исключительно засушливым.

Результаты исследований. Анализируя полученные данные биометрических показателей, наиболее благоприятными для развития растений были метеорологические условия в 2022 г., менее благоприятными – условия в 2021 г.

Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению высоты растений на 4,5–9,5 см (6,8–14,6 %) и длины колоса на 0,6–1,5 см (8,3–22,4 %).

Некорневая подкормка ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» положительно повлияла на изменение высоты растений ячменя на 2,7–5,9 см, или на 3,9–9,1 %, а длина колоса, соответственно на 0,7–1,6 см, или на 10,4–22,9 %.

Наибольшая высота растений (73,0 см) и длина колоса (8,4 см) были получены на третьем варианте (N₆₀P₆₀K₆₀) с некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в дозе 4 л/га. Дальнейшее увеличение уровня минерального питания (N₉₀P₉₀K₉₀) и некорневой подкормки ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в дозе 6 л/га не способствовало существенному изменению изучаемых показателей (табл. 3).

Масса зерна с колоса и масса 1000 зерен находились в прямой зависимости от уровня минерального питания и некорневой подкормки растений.

**Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки
ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» на высоту растений и длину колоса, см**

Факторы		Высота растений				Длина колоса			
А	В	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем за 3 года	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем за 3 года
Контроль (без удобрений)	Без (ЖКУ)	60,3	55,7	65,0	60,3	5,7	5,5	6,4	5,9
	ЖКУ – 2 л/га	62,6	58,8	68,0	63,1	6,6	6,3	7,2	6,7
	ЖКУ – 4 л/га	63,8	61,5	70,2	65,2	7,1	6,8	7,3	7,1
	ЖКУ – 6 л/га	65,2	62,4	69,8	65,8	7,4	6,6	7,5	7,2
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Без (ЖКУ)	64,5	59,4	70,6	64,8	6,6	6,3	7,1	6,7
	ЖКУ – 2 л/га	69,7	63,0	72,9	68,5	7,3	7,1	7,8	7,4
	ЖКУ – 4 л/га	70,1	65,3	75,0	70,1	7,9	7,6	8,4	8,0
	ЖКУ – 6 л/га	68,7	66,2	76,1	70,3	7,4	7,7	8,3	7,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Без (ЖКУ)	71,4	60,9	73,0	68,4	7,0	6,7	7,5	7,1
	ЖКУ – 2 л/га	73,8	63,1	76,7	71,2	7,9	7,6	8,2	7,9
	ЖКУ – 4 л/га	75,5	65,6	78,0	73,0	8,4	8,0	8,8	8,4
	ЖКУ – 6 л/га	74,6	67,0	78,7	73,4	8,2	8,0	8,6	8,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Без (ЖКУ)	70,5	63,1	72,7	68,8	7,1	6,7	7,3	7,0
	ЖКУ – 2 л/га	73,4	64,7	76,4	71,5	8,4	7,9	8,4	8,2
	ЖКУ – 4 л/га	77,5	67,0	79,7	74,7	8,7	8,3	8,8	8,6
	ЖКУ – 6 л/га	77,5	67,5	78,0	74,3	9,0	8,0	8,7	8,6
НСР ₀₅ частных различий		9,56	3,20	3,36	4,80	1,01	0,37	0,36	0,52
НСР ₀₅ по фактору А		4,78	1,60	1,68	2,40	0,50	0,18	0,18	0,26
НСР ₀₅ по фактору В		4,78	1,60	1,68	2,40	0,50	0,18	0,18	0,26

Наибольшие их значения – 0,69–0,78 г (масса зерна с колоса) и 39,6–41,7 г (масса 1000 зерен) были на третьем варианте ($N_{60}P_{60}K_{60}$), дальнейшее увеличение уровня минерального питания ($N_{90}P_{90}K_{90}$) не повышало значений изучаемых показателей. Некорневая подкормка ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» увеличивала изучаемые биометрические показатели (масса зерна с колоса и масса 1000 зерен), которые представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки
ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» на массу зерна в колосе и массу 1000 зерен, г**

Факторы		Масса зерна с колоса				Масса 1000 зерен			
А	В	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем за 3 года	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем за 3 года
Контроль (без удобрений)	Без (ЖКУ)	0,53	0,47	0,61	0,54	37,9	31,1	39,9	36,3
	ЖКУ – 2 л/га	0,62	0,54	0,66	0,61	39,3	32,8	41,2	37,8
	ЖКУ – 4 л/га	0,66	0,57	0,69	0,64	40,2	33,8	42,0	38,7
	ЖКУ – 6 л/га	0,65	0,58	0,71	0,65	40,5	33,9	42,2	38,9
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Без (ЖКУ)	0,62	0,53	0,68	0,61	39,2	32,3	41,9	37,8
	ЖКУ – 2 л/га	0,69	0,61	0,78	0,69	41,1	34,4	44,0	39,8
	ЖКУ – 4 л/га	0,72	0,65	0,82	0,73	42,0	35,7	45,8	41,2
	ЖКУ – 6 л/га	0,71	0,67	0,83	0,74	41,6	35,4	46,0	41,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Без (ЖКУ)	0,68	0,61	0,78	0,69	40,1	34,3	44,5	39,6
	ЖКУ – 2 л/га	0,74	0,69	0,84	0,76	41,8	35,5	46,0	41,1
	ЖКУ – 4 л/га	0,77	0,71	0,87	0,78	42,3	36,0	46,8	41,7
	ЖКУ – 6 л/га	0,79	0,71	0,85	0,78	42,7	35,7	46,6	41,7
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Без (ЖКУ)	0,67	0,62	0,80	0,70	40,6	34,3	45,0	40,0
	ЖКУ – 2 л/га	0,76	0,71	0,86	0,78	42,4	35,9	46,2	41,5
	ЖКУ – 4 л/га	0,78	0,73	0,89	0,80	42,8	36,2	46,8	41,9
	ЖКУ – 6 л/га	0,77	0,70	0,90	0,79	43,2	36,4	46,7	42,0
НСР ₀₅ частных различий		0,09	0,04	0,04	0,05	5,28	2,05	1,88	2,51
НСР ₀₅ по фактору А		0,04	0,02	0,02	0,02	2,64	1,03	0,94	1,25
НСР ₀₅ по фактору В		0,04	0,02	0,02	0,02	2,64	1,03	0,94	1,25





Действие изучаемых факторов в годы исследований проявлялась неоднозначно, наибольшая их эффективность проявилась в 2022 г. Наименее благоприятными условиями для вегетации растений были в 2021 г. (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки
ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» на урожайность зерна ячменя, т/га**

Факторы		Урожайность зерна				Роль факторов			
А	В	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем за 3 года	А		В	
						т/га	%	т/га	%
Контроль (без удобрений)	Без (ЖКУ)	2,78	2,24	3,12	2,71	0	0	0	0
	ЖКУ – 2 л/га	3,04	2,55	3,47	3,02	0	0	0,31	11,4
	ЖКУ – 4 л/га	3,13	2,64	3,59	3,12	0	0	0,41	15,1
	ЖКУ – 6 л/га	3,11	2,68	3,62	3,14	0	0	0,43	15,9
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Без (ЖКУ)	3,12	2,73	3,54	3,13	0,42	15,4	0	0
	ЖКУ – 2 л/га	3,45	3,12	3,92	3,49	0,47	15,6	0,36	11,5
	ЖКУ – 4 л/га	3,57	3,24	4,07	3,63	0,51	16,3	0,50	16,0
	ЖКУ – 6 л/га	3,55	3,22	4,04	3,60	0,46	14,6	0,47	15,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Без (ЖКУ)	3,47	2,86	3,87	3,40	0,69	25,5	0	0
	ЖКУ – 2 л/га	3,77	3,33	4,30	3,80	0,78	25,8	0,40	11,8
	ЖКУ – 4 л/га	3,89	3,44	4,44	3,92	0,80	25,6	0,52	15,3
	ЖКУ – 6 л/га	3,93	3,47	4,46	3,95	0,81	25,8	0,55	16,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Без (ЖКУ)	3,45	2,93	3,71	3,36	0,65	23,9	0	0
	ЖКУ – 2 л/га	3,75	3,37	4,12	3,75	0,73	24,2	0,39	11,6
	ЖКУ – 4 л/га	3,91	3,49	4,27	3,89	0,77	24,7	0,53	15,8
	ЖКУ – 6 л/га	3,95	3,54	4,26	3,92	0,78	24,8	0,56	16,7
НСР ₀₅ частных различий		0,47	0,15	0,18	0,24				
НСР ₀₅ по фактору А		0,23	0,08	0,09	0,12				
НСР ₀₅ по фактору В		0,23	0,08	0,09	0,12				

Наиболее благоприятными условиями для формирования урожая ячменя были на варианте с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (3,40–3,95 т/га) и некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в дозе 4 л/га (3,92 т/га), об этом свидетельствуют данные изучаемых биометрических показателей растений.

Минеральные удобрения в среднем за три года увеличивали урожайность ячменя на 14,6–25,8 %, наибольшие значения были на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$. Увеличение уровня минерального питания до $N_{90}P_{90}K_{90}$ не способствовало существенному увеличению изучаемого показателя.

Некорневая подкормка растений увеличивала урожайность культуры на 0,31–0,56 т/га, или на 11,4–16,7 % в зависимости от уровня минерального питания. Наибольшая урожайность была получена на всех уровнях минерального питания с некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в дозе 4 л/га.

Заключение. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складывались на варианте с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, что способствовало увеличению высоты растений на 4,5–9,5 см и длины колоса на 0,6–1,5 см. Некорневая подкормка ЖКУ «Агрис» марка «АзотКалий» в дозе 4 л/га положительно повлияла на изменение высоты растений ячменя на 2,7–5,9 см, длины колоса на 0,7–1,6 см, массы зерна с колоса, массы 1000 зерен и увеличивала урожайность культуры на 0,31–0,56 т/га в зависимости от уровня минерального питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая энциклопедия: в 62 т. / гл. ред. С.А. Кондратов. М., 2006. Т. 9. 408 с.
2. Буссенго Ж.Б. Избранные произведения по физиологии растений и агрохимии / Вводные статьи К.А. Тимирязева, Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебеяднцева; [Предисл. проф. А.В. Петербургского]; [Коммент. и ред. перевода проф. А.Н. Лебеяднцева]. 2-е изд. М., 1957. 544 с.

3. Денисов Е.П., Солодовников А.П., Шагиев Б.З., Степанов Д.С., Полетаев И.С., Кудашова А.О. Изменение стрессовой ситуации растений яровой пшеницы при внекорневой подкормке удобрениями и биопрепаратами // Аграрный научный журнал. 2018. № 4. С. 9–12.

4. Камалихин В.Е., Иванова Н.Н., Каргин В.И. Влияние сроков внесения био- и гуминовых препаратов на продуктивность ярового многорядного ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 36–41.

5. Кудашкин М.И., Гайсин И.А., Гераськин М.М. Роль извести, удобрений и микроэлементов при проектировании севооборотов // Агрохимический вестник. 2006. № 4. С. 5–7.

6. Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии / Юстус Либих; Ввод. статья акад. Д. Н. Прянишникова; Биография, комментарии и ред. пер. проф. А. Н. Лебедянцева. М.; Ленинград, 1936. 407 с.

7. Осипов А.И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. Т. 15. № 2. С. 874–887.

8. Хронюк Е.В., Хронюк В.Б., Пимонов К.И., Родина Т.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна озимого ячменя, выращиваемого в условиях южной зоны Ростовской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 30–33.

9. Цыкора А.А., Каменев Р.А., Каменева В.К. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность озимого ячменя в условиях Ростовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (67). С. 99–103.

REFERENCES

1. Big Encyclopedia: in 62 volumes / ch. ed. S.A. Kondratov. Moscow, 2006; 9. 408 p. (In Russ.).

2. Bussengo Zh.B. Selected works on plant physiology and agrochemistry / Introductory articles by K.A. Timiryazev, D.N. Pryanishnikova, A.N. Lebedyantsev; [Foreword. prof. A.V. Petersburg]; [Comment and ed. translation by prof. A.N. Lebedyantsev]. 2nd ed. Moscow, 1957. 544 p. (In Russ.).

3. Denisov E.P., Solodovnikov A.P., Shagiev B.Z., Stepanov D.S., Poletaev I.S., Kudashova A.O. Changes in the stress situation of spring wheat plants during foliar fertilization with fertilizers and biopreparations. *The agrarian scientific journal*. 2018; 4: 9–12. (In Russ.).

4. Kamalikhin V.E., Ivanova N.N., Kargin V.I. Influence of the timing of the introduction of bio- and humic preparations on the productivity of spring multi-row barley. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; 2 (50): 36–41. (In Russ.).

5. Kudashkin M.I., Gaisin I.A., Geraskin M.M. The role of lime, fertilizers and micro-elements in the design of crop rotation. *Agrochemical Bulletin*. 2006; 4: 5–7. (In Russ.).

6. Liebig Yu. Chemistry in application to agriculture and physiology / Justus Liebig; Input. article acad. D. N. Pryanishnikov; Biography, commentary and ed. per. prof. A. N. Lebedyantsev. M.; Leningrad, 1936. 407 p. (In Russ.).

7. Osipov A.I. The role of fertilizers in soil fertility and plant nutrition // *Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them*. 2020; 15; 2: 874–887. (In Russ.).

8. Khronyuk E.V., Khronyuk V.B., Pimonov K.I., Rodina T.V. Influence of fertilizers on the yield and grain quality of winter barley grown in the conditions of the southern zone of the Rostov region. *The agrarian scientific journal*. 2021; 4: 30–33. (In Russ.).

9. Tsykora A.A., Kamenev R.A., Kameneva V.K. Influence of mineral fertilizers and bacterial preparations on the yield of winter barley in the conditions of the Rostov region. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2021; 4 (67): 99–103. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 21.10.2022; одобрена после рецензирования 15.11.2022; принята к публикации 8.12.2022. The article was submitted 21.10.2022; approved after reviewing 15.11.2022; accepted for publication 8.12.2022.

