

## МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КАК ОСНОВА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В РАСТЕНИЯХ

**Якомаскин Степан Степанович<sup>1</sup>**, аспирант кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

**Каргин Василий Иванович<sup>1</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

**Зубарев Алексей Алексеевич<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель руководителя по научной работе

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

e-mail: karginvi@yandex.ru

<sup>2</sup>Агрохимическая компания «Союзхим»

115404, г. Москва, Солнцевский проспект, д. 14, оф. 31

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

Основной целью исследований явилось изучение влияния одного из важных биологических факторов, а именно, минерального питания и некорневой подкормки жидкими комплексными удобрениями (ЖКУ) на урожай ячменя. В ООО СП «Богдановское» Старошайговского района Республики Мордовия были заложены полевые опыты в 2020-2022 гг. Выявлено влияние уровней минерального питания в среднем за три года, что способствовало увеличению урожайности ячменя на 0,46-0,77 т/га, а также увеличению массы соломы на 0,71-1,36 т/га. Однако, увеличение уровня минерального питания до  $N_{90}P_{90}K_{90}$  не способствовало существенному повышению урожайности ячменя, а наибольшее значение массы соломы было получено на варианте  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – 4,60-5,64 т/га. Некорневая подкормка ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» увеличила продуктивность культуры на 0,37-0,50 т/га и количество соломы на 0,58-0,86 т/га в зависимости от уровня минерального питания. Наиболее благоприятные условия для формирования урожая зерна складывались на варианте с ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» - 4 л/га. Увеличение количества ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» до 6 л/га не оказывало существенного влияния на урожайность ячменя. Количество соломы в зависимости от некорневой подкормки увеличивалось на варианте  $N_{90}P_{90}K_{90}$  с ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в количестве 4 л/га и была наибольшей (21,7 %). Наибольшая урожайность была получена на варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  с некорневой подкормкой 4 л/га (3,92 т/га). Масса соломы достигла высоких значений на вариантах с внесением минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (5,48 т/га) и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (5,60 т/га) и некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» 4 л/га.

### Введение

Рост и развитие растений – это основа физиологических процессов, происходящих в растениях. Основным ключевым моментом в физиологии растений является оптимальное соотношение основных биологических факторов, к числу которых относятся: активные среднесуточные температуры, условия увлажнения, аэрация почвы, световой и пищевой режимы [1, 2].

Оптимальное сочетание биологических факторов способствует активизации важных физиологических процессов в растении – фотосинтез, дыхание, процессы обмена веществ, что в свою очередь повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды [3-6].

Одна из важных задач физиологии растений – это изучение влияния основных биологических факторов на формирование биологического и хозяйственного урожая сельскохозяйственных культур [7].

Исследования, проведенные рядом авторов [8-20], показывают, что различные виды удобрений, регуляторы роста и применение бактериальных биопрепаратов положительно влияют на урожайность и качественные показатели любой сельскохозяйственной культуры.

### Материалы и методы исследований

Основной целью наших исследований явилось изучение влияния одного из важных биологических факторов – минерального питания на урожай ячменя, в ООО СП «Богдановское» Старошайговского района Республики Мордовия были заложены полевые опыты в 2020-2022 гг. по следующей схеме:

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); 2. ЖКУ – 2 л/га; 3. ЖКУ – 4 л/га; 4. ЖКУ – 6 л/га.

Сорт ячменя – Нур, первая репродукция. Предшественник – кукуруза.

Площадь делянок – 1280 м<sup>2</sup> (минеральные удобрения), 320 м<sup>2</sup> (ЖКУ). Повторность опыта - четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное.

Минеральные удобрения (диаммофоска, аммиачная селитра) вносили весной под предпосевную подготовку почвы согласно схеме опыта, некорневую подкормку в фазу кущения – начало выхода в трубку растений ячменя проводили жидкими комплексными удобрениями (ЖКУ) «Агрис» марки «АзотКалий» в количестве 2, 4 и 6 л/га.

В состав (ЖКУ) «Агрис» марки «АзотКалий» входят следующие компоненты: г/л: K<sub>2</sub>O – 110, N – NH<sub>2</sub> – 100, ZnO – 1,6, CuO – 1,6, MnO – 1,6, SO<sub>3</sub> – 1,1, MgO – 1,1, FeO – 0,2, B – 0,2, Mo – 0,5, Co – 0,1, Se – 0,3, комплекс аминокислот – 20.

Предпосевная подготовка семян включала в себя протравливание фунгицидом Атик, КЭ (1 л/т) совместно с ЖКУ «Агрис» марки «Форсаж» (1 л/т).

Срок посева – первая декада мая. Норма высева – 4,5 млн./шт./га на глубину 4-5 см.

#### Результаты исследований

Научные исследования проводились в сельхозпредприятии «Богдановское» на аллювиальной среднегумусной (5,5 %) слабокислой (5,3) среднесуглинистой почве р. Сивинь Республики Мордовия Старошайговского района в 2020-2022 гг.

Агрохимические анализы почвы по годам и в среднем за три года представлены в таблице 1.

Почва опытного участка характеризуется средним содержанием фосфора (91 мг/кг) и марганца (53,7 мг/кг), повышенным- калия (170 мг/кг), цинка (1,6 мг/кг) и бора (1,9 мг/кг).

Существует два источника потребления растениями питательных элементов: корневое и флорное (внекорневое) питание растений. При переходе растений из вегетативной в генеративную фазу развития одни элементы (азот, фосфор, калий, сера) способны к реутилизации (повторное использование), другие (цинк, медь, марганец, железо) лишены такой возможности.

Реакция почвенной среды (рН) оказывает прямое влияние на потребление питательных элементов корневой системой растений.

На почвах с кислой реакцией среды таковой является аллювиальная почва опытного участка (5,3), снижается доступность для растений таких элементов, как К, Са, Mg, P, Mo.

Для устранения недостатков в сбалансированном питании растений было принято решение изучить особенности корневого и некор-

Таблица 1

#### Агрохимические анализы аллювиальной почвы реки Сивинь

Год	рН	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	MnO, мг/кг	ZnO, мг/кг	B, мг/кг
2020	5,2	6,8	84	163	33	2,2	1,8
2021	4,8	5,0	110	126	51	1,3	1,8
2022	5,8	4,6	79	221	77	1,2	2,0
Среднее	5,3	5,5	91	170	53,7	1,6	1,9

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
Среднемноголетнее 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
Среднемноголетнее 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
Среднемноголетняя норма				
	1,1	1,1	0,9	1,0

невого питания растений на примере ячменя.

Метеоданные в годы проведения исследований представлены в таблице 2.

Среднесуточная температура воздуха в мае (16,6 °С) и июне (20,3 °С) наиболее высокой была в 2021 г., наиболее прохладным оказался 2022 г. (9,1 и 17,9 °С).

Май и июнь 2020 г. характеризовался избыточным увлажнением (103,0 и 41 мм), количество осадков в мае превысило среднемноголетнее значение (37 мм) 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 (20,0-21,7 °С), однако превышал среднемноголетнее значение (19,5 °С). Наибольшее количество осадков (54 мм) в этом месяце было отмечено в 2022 г., что превысило на 13 мм (2020 г.)

Таблица 3

Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» на урожай зерна ячменя за 2020-2022 гг.

Фактор		Урожайность зерна, т/га				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
	среднее	3,02	2,53	3,45	3,00				
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	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
	среднее	3,42	3,08	3,89	3,46				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	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
	среднее	3,76	3,28	4,27	3,77				
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	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
	среднее	3,76	3,33	4,09	3,73				
Среднее	Без (ЖКУ)	3,02	2,53	3,45	3,00	0	0	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	3,42	3,08	3,89	3,46	0,46	15,3	0,37	11,7
	ЖКУ - 4 л/га	3,76	3,28	4,27	3,77	0,77	25,7	0,49	15,5
	ЖКУ - 6 л/га	3,76	3,33	4,09	3,73	0,73	24,3	0,50	15,9
	среднее	3,49	3,06	3,93	3,49				
НСР <sub>05</sub> частных различий		0,47	0,15	0,18	0,24				
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,23	0,08	0,09	0,12				
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,23	0,08	0,09	0,12				

и 11 мм (2021 г.) соответственно. Среднемноголетнее количество осадков (60 мм) превышало значения по годам на 19 (2020 г), 17 (2021 г.) и 6 мм (2022 г.).

Август наиболее прохладным был в 2020 г. (16,8 °С), два последующих года по температурному режиму были близкими 21,4 (2021 г.) и 21,9 °С (2022 г.). По количеству выпавших осадков август месяц (45 мм) в 2020 и 2021 гг. совпадает, 2022 г. был исключительно засушливым (0 мм).

Внесение минеральных удобрений и некорневой подкормки ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в период вегетации растений ячменя оказало существенное влияние на увеличение продуктивности культуры.

В годы исследований влияние изучаемых факторов (минеральные удобрения и ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий») проявлялось не однозначно. Наиболее

благоприятными условиями для роста и развития растений складывались в 2020 и 2022 гг., это подтверждают показатели урожая основной (зерно) и побочной (солома) продукции. Наименьшие значения изучаемых показателей (зерно/солома) на всех исследуемых вариантах были получены в 2021 г. (табл. 3 и 4).

Минеральные удобрения способствовали увеличению урожайности ячменя в среднем за три года на 0,46-0,77 т/га или 15,3-25,7 %, особенно на варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Дальнейшее увеличение уровня минерального питания до N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> не способствовало существенному увеличению изучаемого показателя.

Некорневая подкормка ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в период кущения – начало выхода в трубку растений ячменя увеличила продуктивность культуры на 0,37-0,50 т/га или 11,7-15,9 % в зависимости от уровня минерального питания. Наиболее

Таблица 4

Влияние уровней минерального питания и некорневой подкормки ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» на урожай побочной продукции (солома) ячменя за 2020-2022 гг.

Фактор		Урожайность соломы, т/га				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)	3,58	2,71	4,12	3,47	0	0	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	3,95	3,14	4,68	3,92	0	0	0,45	13,0
	ЖКУ - 4 л/га	4,07	3,27	5,06	4,13	0	0	0,66	19,0
	ЖКУ - 6 л/га	4,05	3,31	4,95	4,10	0	0	0,63	18,2
	среднее	3,91	3,11	4,71	3,91				
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Без (ЖКУ)	4,06	3,39	4,81	4,09	0,62	17,9	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	4,53	3,94	5,45	4,64	0,72	18,4	0,55	13,4
	ЖКУ - 4 л/га	4,75	4,18	5,77	4,90	0,77	18,6	0,81	19,8
	ЖКУ - 6 л/га	4,72	4,14	5,71	4,86	0,76	18,5	0,77	18,8
	среднее	4,51	3,91	5,43	4,62				
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	Без (ЖКУ)	4,58	3,59	5,38	4,51	1,04	30,0	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	5,08	4,34	6,22	5,21	1,29	32,9	0,70	15,5
	ЖКУ - 4 л/га	5,33	4,58	6,53	5,48	1,35	32,7	0,97	21,5
	ЖКУ - 6 л/га	5,31	4,56	6,52	5,46	1,36	33,2	0,95	21,1
	среднее	5,07	4,27	6,16	5,17				
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	Без (ЖКУ)	4,68	3,81	5,31	4,60	1,13	32,6	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	5,18	4,51	6,00	5,23	1,31	33,4	0,63	13,7
	ЖКУ - 4 л/га	5,56	4,85	6,40	5,60	1,47	35,6	1,00	21,7
	ЖКУ - 6 л/га	5,61	4,90	6,41	5,64	1,54	37,6	1,04	22,6
	среднее	5,26	4,52	6,03	5,27				
Среднее	Без (ЖКУ)	3,91	3,11	4,70	3,91	0	0	0	0
	ЖКУ - 2 л/га	4,51	3,91	5,43	4,62	0,71	18,2	0,58	13,9
	ЖКУ - 4 л/га	5,07	4,27	6,16	5,17	1,26	32,2	0,86	20,6
	ЖКУ - 6 л/га	5,26	4,52	6,03	5,27	1,36	34,8	0,85	20,4
	среднее	4,69	3,95	5,58	4,74				
НСР <sub>05</sub> частных различий		0,64	0,22	0,34	0,35				
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,32	0,11	0,17	0,17				
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,32	0,11	0,17	0,17				

благоприятными условиями для формирования урожая складывались на варианте с ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» 4 л/га. Увеличение количества ЖКУ «Агрис» до 6 л/га не оказывало существенного влияния на урожайность культуры.

Изменение массы побочной продукции (солома) находилось в прямой зависимости от урожайности зерна ячменя.

Внесение минеральных удобрений увеличивало массу соломы на 0,71-1,36 т/га или 18,2-34,8 %. Наибольшее значение изучаемого показателя было получено на варианте N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – 4,60-5,64 т/га.

Количество соломы в зависимости от некорневой подкормки увеличивалось на 0,58-0,86 т/га или 13,9-20,6 %. На варианте N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> с ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» в количестве 4 л/га масса соломы была наибольшей (5,60 т/га или 21,7 %).

### Обсуждение

Большое значение отводится мало изученному вопросу, а именно некорневой подкормке растений жидкими комплексными удобрениями, применение которых в оптимальные фазы развития растений усиливает корневое питание растений и срабатывает принцип «насоса»- потребления питательных элементов из почвы. Кроме этого растения своевременно, через ассимиляционный аппарат получают полноценное питание [1]. Целью исследования явилось изучение влияния жидкого комплексного удобрения «Агрис» марки «АзотКалий» и минеральных удобрений на увеличение урожая и массы соломы ячменя. Проведены агрохимические анализы почвы и проанализированы метеорологические условия в период вегетации растений по годам. Выяв-

лено влияние уровней минерального питания в среднем за три года, что способствовало увеличению урожайности ячменя на 0,46-0,77 т/га. Также увеличивало массу соломы на 0,71-1,36 т/га. Некорневая подкормка жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «АзотКалий» увеличила продуктивность культуры на 0,37-0,50 т/га, а также количество соломы на 0,58-0,85 т/га в зависимости от уровня минерального питания. Наиболее благоприятные условия для формирования урожая зерна складывались на варианте с жидкими комплексными удобрениями «Агрис» марки «АзотКалий» - 4 л/га.

#### Заключение

Таким образом, проведенные исследования в центральной части поймы р. Сивинь на аллювиальной среднесуглинистой почве показали, что внесение минеральных удобрений и некорневой подкормки ячменя способствовали увеличению урожая и массы соломы культуры. Наибольшая урожайность была получена на варианте  $N_{60}P_{60}K_{60}$  с некорневой подкормкой 4 л/га (3,92 т/га). Масса соломы достигла высоких значений на вариантах с внесением минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (5,48 т/га) и  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (5,60 т/га) и некорневой подкормкой ЖКУ «Агрис» марки «АзотКалий» 4 л/га.

#### Библиографический список

1. Буссенго, Ж.Б. Избранные произведения по физиологии растений и агрохимии / Вводные статьи К.А. Тимирязева, Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебеяднцава; 2-е изд. – Москва: Сельхозгиз, 1957. – 544 с.
2. Либих, Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии / Юстус Либих; Ввод. статья акад. Д. Н. Прянишникова. – Москва; Ленинград: Сельхозгиз, 1936. – 407 с.
3. Сравнительная оценка эффективности использования ресурсов влаги и фотосинтетически активной радиации озимыми культурами / И. Ф. Каргин, В. Е. Камалихин, В. С. Калентьев, Р. А. Захаркина, Ю. И. Каргин, А. А. Ерофеев // Нива Поволжья. – 2012. – № 2 (23). – С. 31-35.
4. Исайчев, В. А. Влияние регуляторов роста и минеральных удобрений на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта бирюза в условиях лесостепи среднего Поволжья / В. А. Исайчев, Д. В. Плечов, Н. Н. Андреев // Нива Поволжья. – 2015. – № 4 (37). – С. 53-61.
5. Исайчев, В. А. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность растений яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, А. В. Каспировский // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (27). – С. 18-22.
6. Курсанов, А. Л. Транспорт ассимиляторов в растении / А. Л. Курсанов // АН СССР, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва: Наука, 1976. – 646 с.
7. Леопольд, А. К. Рост и развитие растений / А. К. Леопольд // Пер. с англ. А. А. Бундель [и др.]; Под ред. и с предисл. проф. И. И. Гунара. – Москва: Мир, 1968. – 494 с.
8. Haberle J., Svoboda P. Význam znaků kořenového systému pro efektivní využití zásoby vody a živin z půdního profilu. In: L. Bláha, Šerá B. (eds.): Aktuální kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu 2011 (Selected topics in plant physiology and agricultural research), Praha 2012, S. 138-145.
9. Гармаш, Н. Ю. Методические подходы к оценке качества гуминовых препаратов / Н. Ю. Гармаш, Г. А. Гармаш // Агрехимический вестник. – 2012. – № 4. – С. 17–19.
10. Дулов, М. И. Урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне среднего Поволжья при применении ресурсосберегающих технологий возделывания / М. И. Дулов, А. П. Троц // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 5. – С. 100–104.
11. Завалин, А. А. Влияние азотного удобрения и биопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на дерново-слабоподзолистой почве / А. А. Завалин, Н. С. Алметов, П. Н. Семенов, Т. М. Духанина // Агрехимия. – 2006. – № 6. – С. 33–39.
12. Кошеляев, В. В. Влияние элементов технологии на урожай и посевные качества семян озимой пшеницы / В. В. Кошеляев, Л. В. Карпова // Нива Поволжья. – 2014. – № 4 (33). – С. 60-66.
13. Петров, В. Б. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России / В. Б. Петров, В. К. Чеботарь. А. Е. Казаков // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 10. – С. 16–20.
14. Солодовников, А. П. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья / А. П. Солодовников, А. С. Линьков, С. А. Преймак, Н. В. Фисунов // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 8. – С. 29-32.
15. Солодовников, А. П. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье / А. П. Солодовников, А. Ю. Лёвкина // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 3. – С. 29-35.
16. Хронюк, Е. В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна озимого ячменя, выращиваемого в условиях южной зоны Ростовской об-

ласти / Е. В. Хронюк, В. Б. Хронюк, К. И. Пимонов, Т. В. Родина // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 30-33.

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

18. Цыкора, А. А. Применение биопрепаратов с ассоциативными азотфиксаторами при выращивании озимого ячменя в условиях Нижнего Дона / А. А. Цыкора, Р. А. Каменев, В. В. Турчин, В. К. Каменева //

Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (45). – С. 39-45.

19. Оленин О. А., Зудилин С. Н. Влияние инновационных органических удобрений и биопрепаратов на урожайность ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья / О.А. Оленин, С.Н. Зудилин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №4. С. 17–23. doi: 10.12737/46332.

20. Нуштаева А.В. Влияние микроудобрений на основе хелатных комплексов на всхожесть семян / Нуштаева А.В., Блинохвотова Ю.В., Власова Т.А., Чекаев Н.П. // Нива Поволжья. - 2021. - 1 (58). С. 17-22

## MINERAL NUTRITION AS THE BASIS OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES OCCURRING IN PLANTS

Yakomaskin S. S. <sup>1</sup>, Kargin V. I. <sup>1</sup>, Zubarev A. A. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Mordovian State University,  
430005, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya st., 68.  
e-mail: karginvi@yandex.ru

<sup>2</sup>Agrochemical company "Soyuzkhim"  
115404, Moscow, Soltsevsky ave., 14, office. 31

**Key words:** barley, productivity, mineral fertilizers, liquid complex fertilizers, alluvial soil.

The main purpose of the research was to study the influence of one of the important biological factors, namely, mineral nutrition and foliar feeding with liquid complex fertilizers on barley yield. Field experiments were laid in OOO "Bogdanovskoye" of Staroshaigovsky district of the Republic of Mordovia in 2020-2022. The influence of mineral nutrition levels was revealed on average over three years, which contributed to an increase of barley yield by 0.46-0.77 t/ha. It also increased the mass of straw by 0.71-1.36 t/ha. However, an increase of the level of mineral nutrition to  $N_{90}P_{90}K_{90}$  did not contribute to a significant increase of barley yield, and the highest value of straw mass was obtained on  $N_{90}P_{90}K_{90}$  variant - 4.60-5.64 t/ha. Foliar fertilization with liquid complex fertilizer "Agris" of "AzotKaliy" brand increased crop productivity by 0.37-0.50 t/ha and the amount of straw increased by 0.58-0.86 t/ha, depending on the level of mineral nutrition. The most favorable conditions for formation of grain yield were formed on the variant with "Agris" liquid complex fertilizer of "AzotKaliy" brand at the dose of 4 l/ha. The increase of the amount of "Agris" liquid complex fertilizer of "AzotKaliy" brand up to 6 l/ha did not have a significant impact on barley yield. The amount of straw, depending on the type of foliar feeding, increased on the  $N_{90}P_{90}K_{90}$  variant with Agris liquid complex fertilizer of AzotKaliy brand; at the dose of 4 l/ha, the straw mass was the largest (21.7%). The highest yield was obtained on the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  variant with foliar feeding of 4 l/ha (3.92 t/ha). The straw mass reached high values in the variants with application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (5.48 t/ha) and  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (5.60 t/ha) mineral fertilizers and foliar feeding with "Agris" at the dose of 4 l/ha.

### Bibliography:

1. Bussengo, Zh.B. Selected works on plant physiology and agrochemistry / Introductory articles by K.A. Timiryazev, D.N. Pryanishnikov, A.N. Lebedyantsev; 2nd ed. - Moscow: Selkhozgiz, 1957. - 544 p.
2. Liebig, Yu. Chemistry in application to agriculture and physiology / Justus Liebig; Introductory article by acad. D. N. Pryanishnikov. - Moscow; Leningrad: Selkhozgiz, 1936. - 407 p.
3. Kargin, I. F. Comparative assessment of the efficiency of using moisture resources and photosynthetically active radiation by winter crops / I. F. Kargin, V. E. Kamalikhin, V. S. Kalentiev, R. A. Zakharkina, Yu. I. Kargin, A. A. Erofeev // Niva of the Volga region. - 2012. - № 2 (23). - P. 31-35.
4. Isaychev, V. A. Effect of growth regulators and mineral fertilizers on photosynthetic parameters and productivity of winter wheat Biryuza variety in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region / V. A. Isaychev, D. V. Plechov, N. N. Andreev // Niva of the Volga region. - 2015. - № 4 (37). - P. 53-61.
5. Isaychev, V. A. Influence of growth regulators on photosynthetic activity of spring wheat plants in the conditions of the Volga forest-steppe / V. A. Isaychev, N. N. Andreev, A. V. Kaspirovsky // Vestnik of the Bashkir State Agrarian University. - 2013. - № 3 (27). - P. 18-22.
6. Kursanov, A. L. Transport of assimilators in a plant / A. L. Kursanov // Academy of Sciences of the USSR, Institute of Plant Physiology named after K. A. Timiryazev. - Moscow: Nauka, 1976. - 646 p.
7. Leopold, A. K. Plant growth and development / A. K. Leopold // Trans. from English by A. A. Bundel [and others]; Edited and with preface by prof. I. I. Gunara. - Moscow: Mir, 1968. - 494 p.
8. Haberle J., Svoboda P. Význam znaků kořenového systému pro efektivní využití zásoby vody a živin z půdního profilu. In: L. Bláha, Šerá B. (eds.): Aktuální kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu 2011 (Selected topics in plant physiology and agricultural research), Praha 2012, P. 138-145.
9. Garmash, N. Yu. Methodological approaches to assessing the quality of humic products / N. Yu. Garmash, G.A. Garmash // Agrochemical Vestnik. - 2012. - № 4. - P. 17-19.
10. Dulov, M. I. Yield and grain quality of spring soft wheat in the forest-steppe zone of the middle Volga region with application of resource-saving cultivation technologies / M. I. Dulov, A. P. Trots // Agricultural biology. - 2007. - № 5. - P. 100-104.
11. Zavalin, A. A. Influence of nitrogen fertilizer and biological products on yield and grain quality of winter wheat on soddy weakly podzolic soil / A. A. Zavalin, N. S. Almetov, P. N. Semenov, T. M. Dukhanina // Agrochemistry. - 2006. - № 6. - P. 33-39.
12. Koshelyaev, V. V. Influence of technology elements on yield and sowing qualities of winter wheat seeds / V. V. Koshelyaev, L. V. Karpova // Niva of the Volga region. - 2014. - № 4 (33). - P. 60-66.
13. Petrov, V. B. Microbiological products in biologization of agriculture in Russia / V. B. Petrov, V. K. Chebotar, A. E. Kazakov // Achievements of science and technology of the AIC. - 2002. - № 10. - P. 16-20.
14. Solodovnikov, A. P. Agrophysical, water-physical factors and weather conditions that determine the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region / A. P. Solodovnikov, A. S. Linkov, S. A. Preymak, N. V. Fisunov // Agrarian scientific journal. - 2022. - № 8. - P. 29-32.
15. Solodovnikov, A. P. Influence of soil treatment methods and agrochemicals on yield and quality of winter wheat grain in the Saratov Trans-Volga region / A. P. Solodovnikov, A. Yu. Levkina // Agrarian scientific journal. - 2020. - № 3. - P. 29-35.
16. Khronyuk, E. V. Effect of fertilizers on yield and grain quality of winter barley cultivated in the conditions of the southern zone of Rostov region / E. V.

Khronyuk, V. B. Khronyuk, K. I. Pimonov, T. V. Rodina // *Agrarian scientific journal*. - 2021. - № 4. - P. 30-33.

17. Tsykora, A. A. Influence of mineral fertilizers and bacterial products on yield of winter barley in the conditions of Rostov region / A. A. Tsykora, R. A. Kamenev, V. K. Kameneva // *Vestnik of Michurinsk State Agrarian University*. - 2021. - № 4 (67). - P. 99-103.

18. Tsykora, A. A. The usage of biopreparations with associative nitrogen fixers in cultivation of winter barley in the conditions of the Lower Don / A. A. Tsykora, R. A. Kamenev, V. V. Turchin, V. K. Kameneva // *Vestnik*

*of the Don State agricultural university*. - 2022. - № 3 (45). - P. 39-45.

19. Olenin, O. A. Influence of innovative organic fertilizers and biologies on spring barley yield in the forest-steppe of the middle Volga region / O. A. Olenin, S. N. Zudilin // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. - 2021. - № 4. P. 17-23

20. Nushtaeva, A.V. Effect of microfertilizers based on chelated complexes on seed germination / A.V. Nushtaeva, Yu.V. Blinokhvatova, T.A. Vlasova, N.P. Chekaev // *Volga Region Farmland*. – 2021. 1 (58). - P.17-22