

## Влияние регуляторов роста и погодных условий на минеральное питание и продуктивность ячменя

А. А. Неверов<sup>✉</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур

А. С. Верещагина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии Наук 460051, РФ, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1;

<sup>✉</sup>nevalex2008@yandex.ru

**Резюме.** В 2021...2023 гг. в степной зоне Оренбуржья изучали влияние погодных условий и двукратной внекорневой обработки посевов ячменя регуляторами роста на минеральное питание и продуктивность растений. Полевые опыты закладывались в четырёхкратном повторении, площадь одной делянки – 100 м<sup>2</sup>, размещение вариантов – систематическое. Почва участка – чернозем южный среднесуглинистый, содержание гумуса 4,1 % в пахотном слое почвы. Предшественник – пшеница яровая. Дисперсионный анализ и вычисление наименьшей существенной разности (НСР) проводили в авторской программе по методике Б.А. Доспехова. Испытывали препараты на основе солей гуматов с различным содержанием макро- и микроэлементов, споровых бактерий, а также Эпсомит–кристаллогидрат сульфата магния. Установлено, что улучшение влагообеспеченности посевов способствовало большему накоплению в пахотном слое почвы доступного для растений аммонийного азота и фосфора и значительному росту продуктивности посевов. Зерновая продуктивность ячменя существенно зависела от погодных условий: в экстремальном 2021 г. – 35...63 г м<sup>2</sup>, в благоприятном 2022 г. – 443,9...478,5 г м<sup>2</sup>, что более чем в 10 раз превысило показатели продуктивности в условиях недостаточного увлажнения. Внекорневая обработка посевов ячменя водными растворами росторегулирующих препаратов в фазы кущения и выхода в трубку по-разному влияла на процессы формирования урожая в зависимости от применяемого препарата и погодных условий. Препараты Борогум-М комплексный и Борогум-М молибденовый повышали концентрацию азота в растениях в фазу колошения до 2,6 % против 2,0 % на контроле и снижали содержание калия в зерне ячменя. Все регуляторы роста положительно влияли на продуктивность ячменя в условиях хорошей влагообеспеченности за счёт роста числа продуктивных стеблей и лучшей озернённости колоса. Вне зависимости от погодных условий они стимулировали дополнительное побегообразование у ячменя, однако в случае дефицита доступной для растений влаги, заложенный потенциал большей продуктивности не реализовался и, наоборот, в благоприятных условиях происходила реализация высокого потенциала продуктивности растений.

**Ключевые слова:** ячмень, регуляторы роста, влагообеспеченность, минеральное питание, внекорневая обработка.

**Для цитирования:** Неверов А. А., Верещагина А. С. Влияние регуляторов роста и погодных условий на минеральное питание и продуктивность ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №2 (66). С. 27-35. doi:10.18286/1816-4501-2024-2-27-35

## The influence of growth regulators and weather conditions on mineral nutrition and productivity of barley

A. A. Neverov<sup>✉</sup>, A. S. Vereshchagina

<sup>1</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, Russian Federation, <sup>✉</sup>nevalex2008@yandex.ru

**Abstract.** In 2021-2023, the influence of weather conditions and double foliar treatment of barley crops with growth regulators on mineral nutrition and plant productivity was studied in the steppe zone of Orenburg region. Field experiments were laid out in fourfold repetition, the area of one plot was 100 square meters, the placement of options was systematic. The soil of the site is southern chernozem, medium loamy, humus content is 4.1% in the topsoil. The predecessor is spring wheat. The analysis of variance and calculation of the smallest significant difference (NSR) was carried out in the author's program according to the methodology of B.A. Dospikhov. Preparations based on humate salts with different contents of macro and microelements, spore bacteria, as well as Epsomite – magnesium sulfate crystallohydrate were tested. It was found that improved crop moisture supply contributed to a greater accumulation of ammonium nitrogen and phosphorus available to plants in the arable soil layer and a significant increase in crop productivity. Grain

productivity of barley significantly depended on weather conditions: in extreme 2021 – 35-63 g m<sup>2</sup>, in favorable 2022 – 443.9-478.5 g m<sup>2</sup>, which was more than 10 times higher than productivity in conditions of insufficient moisture. Foliar treatment of barley crops with aqueous solutions of growth-regulating drugs in the tillering and tube phases had a different effect on the processes of crop formation, depending on the drug used and weather conditions. Preparations: Borogum-M complex and Borogum-M molybdenum increased the nitrogen concentration in plants during the earing phase to 2.6% versus 2.0% at the control and reduced the potassium content in barley grain. All growth regulators had a positive effect on barley productivity under conditions of good moisture supply due to an increase in the number of productive stems and better grain content of the ear. Regardless of weather conditions, they stimulated additional shoot formation in barley, however, in the case of a shortage of moisture available to plants, the inherent potential for greater productivity was not realized and, conversely, under favorable conditions, a high potential for plant productivity was realized.

**Keywords:** barley, growth regulators, moisture supply, mineral nutrition, foliar treatment.

**For citation:** Neverov A. A., Vereshchagina A. S. The influence of growth regulators and weather conditions on mineral nutrition and the productivity of barley // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;2(66): 27-35 doi:10.18286/1816-4501-2024-2-27-35

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг.  
ФНЦ БСТ РАН по теме (FNWZ-2022-0014).

#### Введение

Глобальное потепление на планете, особенно за последние тридцать лет значительно ускорило процессы арридизации степных районов Оренбургской области, что в свою очередь существенно повлияло на продукционный процесс традиционных для возделывания в регионе зерновых культур. В связи с этим становится весьма актуальным поиск агротехнических приёмов для повышения стрессоустойчивости растений.

Для получения высоких урожаев ячменя хорошего качества важную роль играет обеспеченность растений микроэлементами. Кроме микроэлементов, одним из биологических резервов повышения продуктивности сельскохозяйственных растений являются стимуляторы роста, т. е. вещества, выполняющие роль адаптогенов, которые влияют на жизненные процессы в растениях, но не являются источником питания [1, 2].

Двукратная обработка посевов ярового ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом N<sub>90</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub> увеличивала урожайность зерна на 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 13,9 кг соответственно [3]. Применение регулятора роста Фитовитал на удобренном фоне повышало урожайность зерна ячменя на 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,3 соответственно.

В условиях Пензенской области при внекорневой подкормке лучшие результаты на всех изучаемых культурах получены при совместном двукратном применении регуляторов роста и микроудобрений в фазу кущения (розетки) и бутонизации. Урожайность увеличивается на 26,6...52,3 %, содержание масла в семенах рапса – на 2,7 %, содержание белка в зерне тритикале – на 2,3...2,6 % [4].

Большинство микроэлементов, а также сера, железо обладают слабой подвижностью в растениях, не могут использоваться в растениях повторно. Недостаток микроэлементов негативно отражается на азотном, фосфорном, нуклеиновом

обмене, нарушает синтез хлорофилла, угнетает репродуктивную функцию [5]. В результате снижается урожайность, ухудшается его качество.

Учитывая сложность определения «способа действия» биостимулятора и признавая необходимость обеспечения легитимности рынка биостимуляторов, авторы [6] предполагали, что основное внимание в исследованиях биостимуляторов должно быть сосредоточено на доказательстве эффективности и безопасности и определении широкого механизма действия без требования определения конкретного способа действия.

Внекорневое применение различных микроэлементов оказывает биостимулирующее действие, и наилучшие результаты наблюдаются в стрессовых для растений условиях.

Отзывчивость растений на действие биопрепаратов зависит от многих условий (вида растения, плодородия почвы, содержания в ней воды, длины дня, интенсивности освещения, продолжительности вегетационного периода, температуры), и изменение любого из них делает результаты непредсказуемыми и ненадежными [7].

Опыт показывает, что для получения высокого эффекта регуляторы роста следует применять на различных стадиях роста и развития растений, тем более что каждый препарат имеет свою «специализацию» [8].

В растениях микроэлементы либо входят в состав ферментов, либо активизируют их работу. Они необходимы растениям в ничтожно малых количествах; увеличение или уменьшение концентрации их в растворе сверх оптимальной приводит к угнетению и даже гибели организма. Отрицательное действие неоптимальных доз микроэлементов также связано с нарушением деятельности ферментативного аппарата клеток и, следовательно, обмена веществ в растениях [9, 10, 11, 12].

Регуляторы роста растений также играют значительную роль в процессе развития растений и

таким образом модулируют реакцию растений на абиотические стрессы. Было обнаружено, что они нейтрализуют повреждения, вызванные абиотическими стрессами. Например, внекорневое опрыскивание СК нейтрализует негативные последствия засухи и усиливает процесс восстановления растений [13-15].

Наименее изученными остаются вопросы о влиянии регуляторов роста на минеральное питание растений.

Цель исследований – изучение влияния погодных условий и двукратной внекорневой обработки посевов ячменя регуляторами роста на минеральное питание и продуктивность растений.

#### Материалы и методы

Исследования проводили в 2021...2023 гг. на опытном поле ФНЦ БСТ РАН в Оренбургском районе Оренбургской области методом закладки полевого опыта.

Почва участка – чернозем южный среднесуглинистый, содержание гумуса 4,1 % в пахотном слое почвы. Предшественник – пшеница яровая.

Полевой опыт однофакторный – двукратное внекорневое опрыскивание посевов ячменя ростостимулирующими препаратами в фазы: кущения и выхода в трубку (перед колошением) из расчёта 250 л рабочего раствора на 1 га.

Учетная площадь – 100 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Размещение делянок – систематическое.

Варианты опыта:

1. Контроль (обработка водой)
2. Бионекс-Кеми растворимый (5 кг на 1 га)
3. Гуми 20М калийный (0,4 л на 1 га)
4. Борогум-М комплексный (1 л на 1 га)
5. Борогум - М молибденовый (1 л на 1 га)
6. Эпсомит (5 кг на 1 га)

Все препараты за исключением Эпсомита на основе солей гуматов с различным содержанием макро- и микроэлементов, споровых бактерий производства НВП «БашИнком».

Эпсомит – кристаллогидрат сульфата магния производства Южно-Уральского завода магниевых соединений, г. Кувандык Оренбургской области.

Подвижные формы фосфора и обменного калия определяли в почвах – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205-91; нитратный и аммонийный азот – ионометрическим методом, ГОСТ 26951-86;

Исследования выполняли на оборудовании Испытательного центра ЦКП БСТ РАН (аттестат аккредитации RA.RU.21ПФ59 от 12.10.2015; www.цкп-бст.рф; http://цкп-рф.ru/цкп/77384).

Дисперсионный анализ и вычисление наименьшей существенной разности (НСР) проводили в авторской программе по методике Б.А. Доспехова (2011) (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). 6-е изд. Москва: Альянс, 2011. 352 с.)

#### Результаты

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными: в 2021 г. – неудовлетворительные начальные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы – 101 мм сопровождалась в дальнейшем экстремально высокой дневной температурой воздуха свыше 30°C в течение всего периода вегетации. Обеспеченность растений влагой, рассчитанная по методу А.М. Алпатьева ( $K_{Ann}$ ), наблюдали на уровне 20 % на протяжении всего периода вегетации.

Напротив, погодные условия первой половины вегетации 2022 г. до фазы молочной спелости зерна были близки к оптимальным, что оказало существенное положительное влияние на формирование урожая ячменя.

В мае выпало 127 мм осадков – наибольшее количество за всю историю метеонаблюдений по г. Оренбургу. Май характеризовался холодной погодой, среднесуточная температура воздуха в течение всего месяца составила 12,2°C против 15,3°C по норме. Влагообеспеченность посевов по методу А.М. Алпатьева ( $K_{Ann}$ ) достигла 98 % от потребности растений.

В 2023 г. в 1...2-ой декадах мая среднесуточная температура воздуха находилась на уровне 14...15°C, что близко к среднегодовым значениям показателя за этот период. После проведения сева 12 мая выпало 12 мм осадков, что оказало благоприятное влияние на дружное и полное появление всходов яровых зерновых культур. Однако, в третьей декаде мая установилась аномально жаркая погода с температурой 22,8°C, что на 6°C выше нормы. Наряду с высокой температурой среднесуточный дефицит влажности воздуха повысился до критических значений 20 гПа при отсутствии продуктивных осадков. В данный период времени у ячменя, посеянного 5-го мая, наступила фаза формирования 3-го листа – начала кущения и формирования вторичной корневой системы растений. В первой декаде июня температура продолжала находиться на аномально высоком уровне 23,2°C при высоком дефиците влажности воздуха 18 гПа и отсутствии продуктивных осадков. В течение 21-го дня аномальная жара при отсутствии осадков оказала крайне неблагоприятное воздействие на посевы ячменя в период прохождения фазы кущения и формирования узловых корней.

Во второй и третьей декадах июня температура воздуха понизилась до 20,7°C и 17,1°C, что близко к норме и выпало 32 мм осадков за этот период: 16,5 мм во второй декаде и 15 мм – в третьей. Посевы ячменя во второй и третьей декадах проходили фазы выхода в трубку - колошения. Данный период проходил в более благоприятных условиях.

Влагообеспеченность посевов ( $K_{Ann}$ ) ячменя находилась на уровне 36% от потребности растений, что характеризует недостаточное увлажнение в течение всего вегетационного периода.

#### 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Обеспеченность почвы элементами минерального питания в годы исследований различалась существенно (табл. 1).

В 2021 и 2023 гг содержание нитратного и аммонийного азота было низким (3,0...6,2 мг кг<sup>-1</sup> и 3,0...13,1 мг кг<sup>-1</sup>) в течение всего периода активной вегетации. В 2022 г. из-за обильных осадков в мае и июне и прохладной погоды содержание нитратного азота не превысило 2 мг кг<sup>-1</sup>, однако содержание в почве аммонийного азота 22,7 мг кг<sup>-1</sup> соответствовала средней обеспеченности в период появления всходов и поднялось до высокой – 46,0 мг кг<sup>-1</sup> – в фазу колошения.

Содержание подвижного фосфора в 2021 и 2023 гг. было средним 17,8...31,3 мг кг<sup>-1</sup> в течение всего вегетационного периода, в 2022 г. – высоким – 38,3...44,5 мг кг<sup>-1</sup>. Обеспеченность почвы обменным калием в годы исследований была: высокой в 2021 г. – 316...351 мг кг<sup>-1</sup> и очень высокой в 2022 г. – 469...619 мг кг<sup>-1</sup>, средней в 2023 г. – 195...226 мг кг<sup>-1</sup>.

В условиях хорошей влагообеспеченности ( $K_{\text{длп}}=98\%$ ) наблюдали высокое и очень высокое содержание в почве аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия. При недостаточном атмосферном увлажнении ( $K_{\text{длп}}=20...36\%$ ) содержание в почве нитратного и аммонийного азота было низким в течение всего периода вегетации.

Обеспеченность почвы минеральными элементами питания: азотом и фосфором в значительной степени ( $R=0,99$ ) коррелировала с влагообеспеченностью посевов ячменя. Улучшение влагообеспеченности способствовало большему накоплению в пахотном слое почвы доступных для растений аммонийного азота и фосфора.

Известно, что тканевая диагностика в сравнении с почвенной точнее отражает обеспеченность растений основными элементами минерального питания (табл. 2).

Таблица 1. Содержание элементов минерального питания в пахотном слое почвы, мг кг<sup>-1</sup>

Год	Влагообеспеченность посевов ( $K_{\text{длп}}$ ), %	N-NH <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
		всходы	колошение	всходы	колошение	всходы	колошение	всходы	колошение
2021	20	3,0	5,1	6,2	3,5	24,5	17,8	316	351
2022	98	22,7	46,0	1,8	0,7	44,5	38,3	619	469
2023	36	13,1	11,5	5,3	4,9	31,3	22,1	226	203
Среднее	51	12,9	20,9	4,4	3,0	33,4	26,1	387	341

Таблица 2. Содержание макроэлементов в надземной массе ячменя по фазам развития, % от абсолютно сухого вещества

Вариант	Фаза развития					
	кущение			колошение		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
<b>2021 г (<math>K_{\text{длп}}=20\%</math>)</b>						
Контроль (обр. водой)	1,15	0,33	3,30	0,70	0,50	2,42
Бионекс-Кеми	1,05	0,38	3,24	0,75	0,48	2,00
Гумми 20 М	1,30	0,36	3,54	0,70	0,50	2,25
Борогум - М комплекс	1,00	0,34	3,50	0,70	0,48	2,36
Борогум - М, Мо	1,05	0,40	2,46	0,60	0,36	1,90
Эпсомит*	1,15	0,45*	3,44	0,65	0,41	2,10
НСР <sub>05</sub>	0,50	0,26	0,80	0,31	0,22	1,07
<b>2022 г (<math>K_{\text{длп}}=98\%</math>)</b>						
Контроль (обр. водой)	3,7	0,23	3,09	2,0	0,25	3,02
Бионекс-Кеми	3,6	0,23	3,59	2,1	0,25	3,15
Гумми 20 М	3,6	0,25	3,28	2,2	0,26	3,17
Борогум - М комплекс*	3,8	0,25	3,24	2,6*	0,25	2,98
Борогум - М, Мо*	3,9	0,24	3,44	2,6*	0,26	2,91
Эпсомит	3,8	0,23	3,08	2,4	0,24	3,03
НСР <sub>05</sub>	0,5	0,04	0,6	0,5	0,02	0,3
<b>2023 г (<math>K_{\text{длп}}=36\%</math>)</b>						
Контроль (обр. водой)	2,1	0,17	1,25	1,3	0,10	0,74
Бионекс-Кеми	2,0	0,16	0,87	1,3	0,11	0,75
Гумми 20 М	2,1	0,17	1,34	1,3	0,10	0,65
Борогум - М комплекс	2,0	0,17	1,01	1,1	0,10	0,73
Борогум - М, Мо	2,2	0,17	1,62	1,2	0,12	0,49
Эпсомит	1,8	0,17	1,01	1,3	0,09	0,70
НСР <sub>05</sub>	0,5	0,03	0,6	0,5	0,02	0,3
Оптимальное содержание по В.В. Церлинг	4,7-5,3	0,55-0,65	4,2-5,0	1,2-1,9	0,30-0,40	1,5-2,1

Примечание: \* различия статистически достоверны при  $p<0,05$

После первой обработки ячменя препаратами в 2021 г. содержание основных макроэлементов в сухой биомассе оставалось ниже оптимальных параметров и варьировало по азоту от 1,0 до 1,3 %, по фосфору – 0,33...0,45 %, по калию – 2,46...3,54 % в фазу кущения растений. Различия между вариантами были незначительными и находились в пределах наименьшей существенной разности.

К моменту появления колоса у растений содержание фосфора и калия в биомассе достигло оптимальных значений и составило соответственно 0,36...0,5 % и 1,9...2,42 % по вариантам опыта. Существенных различий между вариантами не наблюдалось.

В более благоприятных условиях 2022 г. через 10 дней после первой обработки посевов регуляторами роста в фазу кущения содержание в биомассе азота варьировало от 3,6 до 3,9 %, фосфора – 0,23...0,25 %, калия – 3,08...3,59 %. Существенных различий между вариантами не отмечалось. В фазу колошения после второй обработки посевов содержание в растениях азота увеличилось, особенно существенно в вариантах: Борогум-М комплексный и Борогум-М молибденовый до 2,6 % против 2,0 % на контроле. На концентрацию в сухом веществе фосфора и калия препараты не оказали влияния.

В 2023 г. существенных различий между вариантами по содержанию основных элементов минерального питания не наблюдали. В фазу кущения растений содержание азота в надземной массе

растений было 1,8...2,1 %, что выше относительно 2021 г. и ниже наиболее благоприятного 2022 г. К моменту колошения ячменя концентрация азота в биомассе варьировала 1,1...1,3 %, что соответствовало нижнему пределу оптимальной обеспеченности растений ячменя в данном элементе по градации В.В. Церлинг.

Обеспеченность растений фосфором и калием была недостаточной в обе фазы развития и находилась на низком уровне, что свидетельствует о неблагоприятных экологических условиях для усвоения этих элементов растениями.

Нами установлена связь между содержанием аммонийного азота в почве в период колошения ячменя и влагообеспеченностью периода вегетации «всходы-колошение» (рис. 1).

В течение 2021...2023 гг. образование доступного для растений азота линейно зависело от погодных условий. Улучшение обеспеченности почвы, а следовательно, и растений минеральным азотом возрастало в условиях хорошей влагообеспеченности посевов.

В свою очередь концентрация азота в биомассе также сопряженно изменялась в зависимости от обеспеченности аммонийным азотом почвы (рис. 2).

В 2021 г. лучшую зерновую продуктивность показали два варианта: Борогум – М, Мо и Эпсомит – соответственно 55 и 63 г зерна с 1 м<sup>2</sup> против 35 г на контроле (табл. 3).

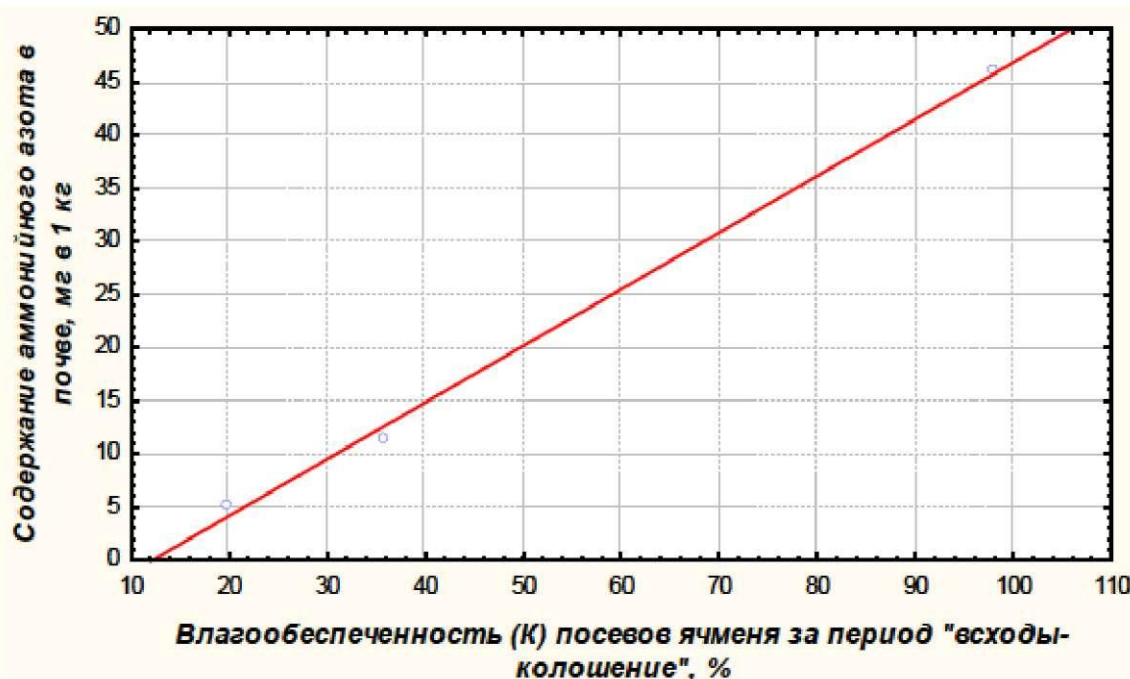


Рис. 1. Содержание аммонийного азота в почве в зависимости от погодных условий в период «всходы-колошение»

#### 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

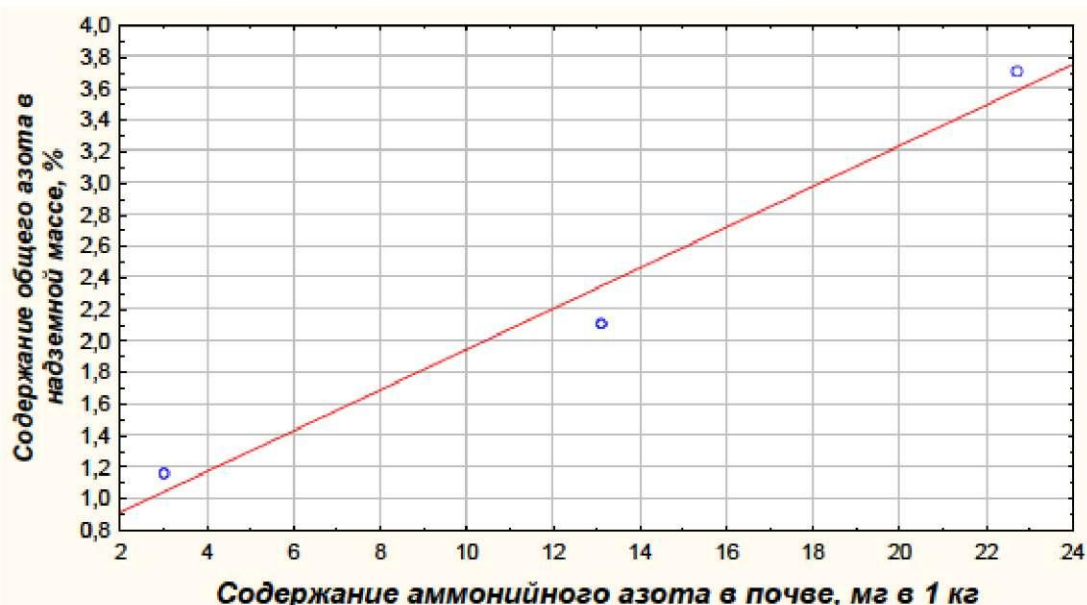


Рис. 2. Влияние обеспеченности почвы азотом на его содержание в биомассе ячменя в фазу кущения

Таблица 3. Влияние регуляторов роста на элементы структуры урожая ячменя

Вариант опыта	Надземная масса растений, г м <sup>-2</sup>	в том числе		Предуборочная густота стояния растений, шт м <sup>-2</sup>	Количество стеблей, шт на 1 м <sup>2</sup>		Доля зер на в биомассе, %	Масса 1000 зёрен, г	Число зёрен в колосе, шт
		зерна	солом		всего	продуктивных			
<b>2021 г (K<sub>Amn</sub>=20%)</b>									
Контроль (обр. водой)	189,2	35,0	154,2	218,3	414,6	187,2	18,5	37,4	5,0
Бионекс-Кеми	218,1	43,0	175,1*	196,7	369,4	183,9	19,7	37,6	6,2
Гумми 20 М	211,0	37,0	174,0*	206,1	415,8	221,6	17,5	37,5	4,4
Борогум - М комплекс	218,8	37,0	181,8*	193,4	388,0	217,9	16,9	39,4	4,3
Борогум - М, Мо	211,1	55,0*	156,1	190,4	355,7	176,6	26,1*	38,2	8,2*
Эпсомит	213,7	63,0*	150,7	217,4	407,1	227,7*	29,5*	39,6	7,0*
НСР <sub>05</sub>	20,0	15,0	22,0	27,0	45,0	30,0	7,2	2,5	1,9
<b>2022 г (K<sub>Amn</sub>=98%)</b>									
Контроль (обр. водой)	1025,0	443,9	581,1	328	892	741,3	43,3	47,5	12,6
Бионекс-Кеми	972,0	447,0	525,0	360	850	783,0*	46,0	44,7	13,4
Гумми 20 М	1054,0	448,0	606,0	340	830	705,5	42,5	42,9	14,9*
Борогум - М комплекс	1124,0*	471,2*	652,8*	381*	989*	764,0	42,0	44,1	14,1*
Борогум - М, Мо	1072,5*	478,5*	594,0	330	845	755,7	45,8	45,6	13,8*
Эпсомит	1012,8	437,2	575,6	319	922	751,2	43,2	45,9	12,6
НСР <sub>05</sub>	33,0	17,0	26,0	34,0	44,0	40,0	8,3	3,1	1,0
<b>2023 г (K<sub>Amn</sub>=36%)</b>									
Контроль (обр. водой)	402,5	172,1	230,4	348,5	615,0	456,5	42,8	36,0	10,5
Бионекс-Кеми	407,5	181,0	226,6	338,5	614,5	480,5	44,4	36,3	10,4
Гумми 20 М	422,5	187,9	234,6	348,5	602,5	465,0	44,5	37,9	10,7
Борогум - М комплекс	452,5*	202,5*	255,0*	371,5*	635,0	511,5*	44,8	38,2	10,4
Борогум - М, Мо	442,5*	202,2*	240,3*	333,5	581,0	481,5	45,7*	39,8*	10,5
Эпсомит	440,0*	229,4*	244,7*	364,5	650,0	510,0*	52,1*	40,0*	11,2
НСР <sub>05</sub>	38,0	25,0	13,0	20,0	35,0	38,0	3,0	3,0	1,1

Другие варианты опыта в большей степени положительно повлияли на прирост листостебельной массы 174...181,8 г против 154,2 г на контроле.

Доля зерна от общей биомассы в лучших вариантах составила в варианте с Борогумом – М, Мо – 26,1 %, у Эпсомита – 29,5 %, что существенно выше контроля – 18,5 %. По числу растений, стеблей и продуктивной кустистости различия между вариантами за исключением варианта с Эпсомитом несущественны. В большей степени под влиянием внекорневых подкормок в лучших вариантах по урожайности зерна произошло увеличение числа зёрен в колосе – от 6,2 (Бионекс-Кеми) до 7,0 (Эпсомит) и 8,2 (Борогум – М, Мо) против 5,0 на контроле.

В варианте с Эпсомитом число продуктивных стеблей было наибольшим в опыте – 227,7 шт. м<sup>-2</sup>, на контроле 187,2 шт. м<sup>-2</sup>.

В 2022 году наибольшая биомасса сформировалась в вариантах с Борогум – М комплексным и молибденовым – 1124 и 1072,5 г м<sup>-2</sup> против 1025 г на контроле. По массе зерна 447...478,5 г все варианты превзошли контроль – 443,9 г за исключением эпсомита – 437,2 г. Масса соломы во всех вариантах 594...652,8 г, в состав которых входили гуматы, превысила контроль – 581,1 г. Все варианты опыта за исключением Эпсомита способствовали увеличению предуборочной густоты стояния растений, на 1 м<sup>2</sup> число растений достигло 330...381 шт. против 328 шт. на контроле и 319 шт. в варианте с Эпсомитом.

Число продуктивных стеблей в опыте на 1 м<sup>2</sup> варьировало от 705 до 783 шт. при 741 шт. на контроле. Наибольшее количество стеблей с колосьями – 783 шт. отмечено в варианте с Бионекс-Кеми, 764 шт. – Борогум – М комплексный и 756 шт. – Борогум-М молибденовый. Озернённость растений несущественно различалась по вариантам опыта и находилась в пределах 42...46 % от воздушно-сухой массы снопа. Абсолютная масса 1000 зёрен варьировала от 42,9 до 47 г. Самое крупное зерно сформировалось в вариантах с меньшим количеством растений на единице площади. Число зёрен в колосе колебалось от 12,6 до 14,9 шт. Все варианты опыта по этому показателю имели превосходство над контролем за исключением Эпсомита.

В 2023 г. все варианты с обработкой посевов регуляторами роста показали преимущество перед контролем по продуктивности зерна и биомассы ячменя.

Наиболее существенные и значимые результаты получены в вариантах с препаратами Борогум-М комплексный и молибденовый, Эпсомит. Зерновая продуктивность в этих вариантах варьировала от 202,2 до 229,4 г м<sup>-2</sup> против 172,1 г – на контроле. Более высокая продуктивность зерна была достигнута за счёт роста доли зерна от общей биомассы 44,8...52,1 % против 42,8 % на контроле. Рост зерновой продуктивности в указанных вариантах произошёл преимущественно за счёт роста числа

продуктивных стеблей на единице площади 481,5...511,5 шт. м<sup>-2</sup> против 456,5 шт. на контроле, а также формирования более крупного зерна в колосе: масса 1000 зёрен в данных вариантах – 38,2...40 г и 36 г – на контроле.

#### Обсуждение

Двукратная внекорневая обработка посевов ячменя водными растворами росторегулирующих препаратов в фазы кущения и выхода в трубку поразному влияла на процессы формирования урожая в зависимости от применяемого препарата и погодных условий. Достоверно установлено положительное влияние росторегулирующих препаратов на метаболизм азота в растениях в условиях хорошей влагообеспеченности посевов. В условиях засухи и экстремально высоких температур воздуха влияние препаратов на продуктивность растений минимально.

В благоприятных условиях, напротив, роль комплексных препаратов, содержащих макро- и микроэлементы, споры бактерий и гуматы, значительно возрастает. Вне зависимости от погодных условий они стимулируют дополнительное побегообразование у ячменя, однако в случае дефицита доступной для растений влаги заложенный потенциал большей продуктивности не реализуется и, наоборот, в благоприятных условиях происходит реализация высокого потенциала продуктивности растений.

В степной зоне Оренбуржья преобладающие почвы – чернозёмы южные недостаточно обеспечены нитратными формами азота, поэтому кроме регуляторов роста необходимо, видимо, предусмотреть в технологии возделывания ячменя применение азотных удобрений. Регуляторы роста способствуют увеличению содержания в растениях азота к фазе колошения, особенно в вариантах Борогум-М комплексный и Борогум-М молибденовый до 2,6 % против 2,0 % на контроле.

Все регуляторы роста положительно влияли на продуктивность ячменя в условиях хорошей влагообеспеченности посевов за счёт роста числа продуктивных стеблей и лучшей озернённости колоса. В экстремальных условиях 2021 г. существенную прибавку урожая зерна показал магнийсодержащий препарат Эпсомит.

В некоторых исследованиях авторы [1-4] по результативности применения регуляторов роста путем внекорневой обработки посевов делают выводы о положительном влиянии именно их на формирование урожайности зерновых культур. Однако данное обобщение преждевременно и не учитывает влияние экстремальных факторов погодных условий. Очевидно, исследования проводились в условиях достаточной влагообеспеченности посевов, и распространять подобные выводы для аридных регионов является ошибкой. В условиях плохой влагообеспеченности 2021 г. ( $K_{\text{Анн}}=20\%$ ) достоверной прибавки продуктивности зерна от обработки растений регуляторами роста не получено, за

исключением препаратов Эпсомит и Борогум – М молибденовый, которые не стимулировали дополнительное побегообразование. В данном случае регуляторы роста: Бионекс Кеми, Гуми 20М, Борогум-М комплексный положительно влияли только на рост вегетативной массы – соломы.

Прав автор исследований [7] в том, что на эффективность регуляторов роста влияет множество факторов, которые необходимо учитывать. Наши исследования подтверждают правильность данного вывода, наибольший вклад в изменчивость результатов применения регуляторов роста вносят погодные условия и, особенно, влагообеспеченность посевов.

##### Заключение

Двукратная внекорневая обработка посевов ячменя водными растворами росторегулирующих препаратов в фазы кущения и выхода в трубку поразному влияет на процессы формирования урожая в зависимости от применяемого препарата и погодных условий.

##### Литература

1. Dynamic control of plant water use using designed ABA receptor agonists / A.S. Vaidya // *Science*. 2019. Vol. 366. No. 5. 6464. P. 8848
2. Leaf application of chitosan and physiological evaluation of maize hybrids contrasting for drought tolerance under water restriction / V. Veroneze-Júnior // *Brazilian Journal of Biology*. 2019. Vol. 80. P. 631-640.
3. Барбасов Н. В. Влияние систем удобрения на урожайность и вынос элементов питания при возделывании раннеспелого сорта ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sistem-udobreniya-na-urozhaynost-i-vynos-elementov-pitaniya-pri-vozdelyvanii-rannespelogo-sorta-yachmenya-na-derново> (дата обращения: 14.01.2021).
4. Кшникаткина А. Н., Еськин В. Н. Формирование урожая и качества лядвенца рогатого, расторопши пятнистой и тритикале при некорневом внесении регуляторов роста и микроудобрений // *Нива Поволжья*. 2009. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-urozhaya-i-kachestva-lyadventsa-rogatogo-rastoropshi-pyatnistoy-i-tritikale-pri-nekornevom-vnesenii-regulyatorov-rosta-i> (дата обращения: 14.01.2021).
5. Новикова Н. Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор) // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. №1 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskoe-obosnovanie-listovoi-podkormki-dlya-optimizatsii-pitaniya-zernovykh-bobovykh-kultur-v-ontogeneze-rastenii-obzor> (дата обращения: 14.01.2021).
6. Biostimulants in crop production: a global perspective / O. I. Yakhin, A. A. Lubyaynov, I. A. Yakhin et. al. // *Front Plant Sci*. 2017. Vol. 26. No. 7. P. 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049. PMID: 28184225; PMCID: PMC5266735.
7. Неверов А. А., Воскобулова Н. И. Влияние регулятора роста Мивал-Агро на ростовые процессы и формирование прибавки урожая кукурузы в зависимости от погодных условий // *Известия ОГАУ*. 2017. №5(67). С.62-65.
8. Exogenous abscisic acid and jasmonic acid restrain polyethylene glycolinduced drought by improving the growth and antioxidative enzyme activities in pearl millet / S. A. Awan. et al. // *Physiologia Plantarum*. 2021. Vol. 172. No. 2. P. 809-819.
9. The effect of foliar spraying with two types of zinc oxide on the growth and concentration of ions in sunflower varieties under salt stress was studied / S. Torabyan, M. Zahedi, A. H. Khoshgoftar, et al. // *J. Plant Nut.* 2015. No. 39. P.172-180. doi: 10.1080 / 01904167.2015.1009107.
10. Effect of zinc oxide nanoelicitors on yield, secondary metabolites, zinc and iron uptake Feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip / R. Shahoseini, M. Azizi, J. Asili et. al // *Acta Physiol. The plant*. 2020. No. 42. P. 1-18. doi: 10.1007/s11738-020-03043-x.
11. Zinc oxide nanoparticles alter the physiological response of wheat and reduce the absorption of cadmium by plants / A. Husain, S. Ali, M. Rizvan. Et al. // *Environ. Pollut.* 2018. No. 42. P. 1518-1526. doi: 10.1016/j. envpol. 2018. 08. 036.
12. Influence of morphology, surface modification and methods of application of ZnO-nps on the growth and biomass of tomato plants / E. A. P. Velasco, R. B. Galindo, L. A. Valdez-Aguilar, et al. // *Molecules*. 2020. No.5. P. 1282. doi: 10.3390 / molecules25061282.

Препараты: Борогум-М комплексный и Борогум-М молибденовый повышают концентрацию азота в растениях в фазу колошения до 2,6 % против 2,0 % на контроле и снижают содержание калия в зерне ячменя.

Все регуляторы роста положительно влияют на продуктивность ячменя в условиях хорошей влагообеспеченности за счёт роста числа продуктивных стеблей и лучшей озернённости колоса.

Вне зависимости от погодных условий они стимулируют дополнительное побегообразование у ячменя, однако, в случае дефицита доступной для растений влаги заложенный потенциал большей продуктивности не реализуется и, наоборот, в благоприятных условиях происходит реализация высокого потенциала продуктивности растений.

В условиях засухи и экстремально высоких температур воздуха рекомендуется обработка растений Эпсомитом, при хорошей обеспеченности влагой – Борогумом – М комплексным и Борогумом – М молибденовым.



13. Abiotic stress and the role of salicylic acid in plants / M. Hara, J. Furukawa, A. Sato et. al // *Anabolicscoe stress response of plants*. 2012. No. 2. P. 235-251. Springer, New York, NY.

14. Exogenous application of spermine and putrescine mitigate adversities of drought stress in wheat by protecting membranes and chloroplast ultra-structure / N. Hassan, H. Ebeed, A. Aljaarany // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2020. Vol. 26. No. 2. P. 233-245.

15. Photosynthesis product allocation and yield in sweet potato with spraying exogenous hormones under drought stress / L. Huan, J. Wang, and Q. Liu // *Journal of Plant Physiology*. 2020. No. 253. P. 153265.

#### References

1. Dynamic control of plant water use using designed ABA receptor agonists / A.S. Vaidya // *Science*. 2019. Vol. 366. No. 5. 6464. P. 8848

2. Leaf application of chitosan and physiological evaluation of maize hybrids contrasting for drought tolerance under water restriction / V. Veroneze-Júnior // *Brazilian Journal of Biology*. 2019. Vol. 80. P. 631-640.

3. Barbasov N. V. Influence of fertilizer systems on yield and removal of nutrition elements during cultivation of early-maturing barley varieties on sod-podzolic light loamy soil // *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019. No.1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sistem-udobreniya-na-urozhaynost-i-vynos-elementov-pitanija-pri-vozdelyvanii-rannespelogo-sorta-yachmenya-na-dernovo> (date of appeal: 01/14/2021).

4. Kshnikatkina A. N., Eskin V. N. The formation of yield and quality of hornworm, milk thistle and triticale with the non-root introduction of growth regulators and micronutrients // *Niva of the Volga region*. 2009. No.1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-urozhaya-i-kachestva-lyadventsa-rogatogo-rastropshi-pyatnistoy-i-tritikale-pri-nekornevom-vnesenii-regulyatorov-rosta-i> (date of application: 14.01.2021).

5. Novikova N. E. Physiological justification of leaf feeding for optimizing the nutrition of grain legumes in plant ontogenesis (review) // *Legumes and cereals*. 2018. No. 1 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskoe-obosnovanie-listovoi-podkormki-dlya-optimizatsii-pitanija-zernovyh-bobovyh-kultur-v-ontogeneze-rastanii-obzor> (date of application: 14.01.2021).

6. Biostimulants in crop production: a global perspective / O. I. Yakhin, A. A. Lubyaynov, I. A. Yakhin et. al. // *Front Plant Sci*. 2017. Vol.26. No. 7. P. 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049. PMID: 28184225; PMCID: PMC5266735.

7. Neverov A. A., Voskobulova N. I. The influence of the growth regulator Mival-Agro on growth processes and the formation of an increase in corn yield depending on weather conditions // *Izvestiya OGAU*. 2017. No. 5 (67). P. 62-65.

8. Exogenous abscisic acid and jasmonic acid restrain polyethylene glycolinduced drought by improving the growth and antioxidative enzyme activities in pearl millet / S. A. Awan. et al. // *Physiologia Plantarum*. 2021. Vol. 172. No. 2. P. 809-819.

9. The effect of foliar spraying with two types of zinc oxide on the growth and concentration of ions in sunflower varieties under salt stress was studied / S. Torabyan, M. Zahedi, A. H. Khoshgoftar // *J. Plant Nut*. 2015. No. 39. P.172-180. doi: 10.1080 / 01904167.2015.1009107.

10. Effect of zinc oxide nanoelicitors on yield, secondary metabolites, zinc and iron uptake Feverfew (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip / R. Shahoseini, M. Azizi, J. Asili et. al // *Acta Physiol. The plant*. 2020. No. 42. P. 1-18. doi: 10.1007/s11738-020-03043-x.

11. Zinc oxide nanoparticles alter the physiological response of wheat and reduce the absorption of cadmium by plants / A. Husain, S. Ali, M. Rizvan. Et al. // *Environ. Pollut*. 2018. No.42. P. 1518-1526. doi: 10.1016/j. envpol. 2018. 08. 036.

12. Influence of morphology, surface modification and methods of application of ZnO-nps on the growth and biomass of tomato plants / E. A. P. Velasco, R.B. Galindo, L.A. Valdez-Aguilar, et. al // *Molecules*. 2020. No. 5. P. 1282. doi: 10.3390 / molecules25061282.

13. Abiotic stress and the role of salicylic acid in plants / M. Hara, J. Furukawa, A. Sato et. al // *Anabolicscoe stress response of plants*. 2012. No. 2. P. 235-251. Springer, New York, NY.

14. Exogenous application of spermine and putrescine mitigate adversities of drought stress in wheat by protecting membranes and chloroplast ultra-structure / N. Hassan, H. Ebeed, A. Aljaarany // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2020. Vol. 26. No. 2. P. 233-245.

15. Photosynthesis product allocation and yield in sweet potato with spraying exogenous hormones under drought stress / L. Huan, J. Wang, and Q. Liu // *Journal of Plant Physiology*. 2020. No. 253. P. 153265.