

В период развития растений (колосование-полная спелость) количество $N-NO_3 + N-NH_4$ в почве постепенно уменьшается. Динамика в почве минерального азота при возделывании сортов Чиллаки, Купава и Деметра близка друг другу, Санзар 8 при применении $N_{250}P_{175}K_{125}$ кг д.в./га отличается от других сортов. Во время вегетационного периода озимой пшеницы динамика количества фосфора в почве похожа на динамику минерального азота.

При применении одинакового количества минерального удобрения под сорта Купава и Деметра на протяжении вегетационного периода, количество фосфора в слое почвы 0-30 см выше чем у сорта Санзар 8, а сорт Чиллаки находится между ними.

Во всех вариантах опыта в слое почвы 0-30 см количество K_2O повышается с момента роста растений до образования зерна, затем до периода созревания зерна уменьшается.

На сорта озимой пшеницы Чиллаки, Купава и Деметра положительное действие оказывали дозы $N_{200}P_{140}K_{100}$ и $N_{250}P_{175}K_{125}$ кг д.в./га.

Литература

1. Лазарев В.И. Зависимость урожайности озимой пшеницы от основных природных и антропогенных факторов // Зерновые культуры. – 1997. – №3. – С. 16-17.
2. Мустақимов Г.Д. Ўсимликлар физиологияси ва микробиология асослари. – Тошкент: Ўқитувчи, 2015. – 124-165 б.
3. Наумова Н.Б., Макарикова Р.П. Динамика содержания различных форм фосфора в темно-серой лесной почве под влиянием внесения фосфорных удобрений и глюкозы // Агрохимия. – 2002. – №12. – С. 12-20.
4. Никитиш В.И., Личко В.И., Е.В.Орехова. Эффективность последовательного фосфорного удобрения в зависимости от остаточного количества фосфатов в почве и обеспеченности растений азотом и влагой // Агрохимия. – 2001. – №11. – С. 34-42.
5. Рискеева Х.Т. Закономерности трансформации азота антропогенных почв // Тезисы докладов II съезда почвоведов и агрохимиков. Узбекистан, 16 ноября 1995 г. – Ташкент: РЦНТИ Узинформ агропром, 1995. – С. 33-34.
6. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений. – М.: Наука, 1971. – С. 460-482.
7. Саттаров Д. Сорт, почва, удобрения и урожай. – Ташкент: Мехнат, 1988. – С. 31-35.
8. Хакимов Ш. 3. Динамика минерального азота в почвах в период развития сортов озимой пшеницы // Вестник Прикаспия. – 2016. – №3. – С. 18-22.
9. Хакимов Ш. 3. Минеральное питание озимой пшеницы // Вестник Прикаспия. – 2018. – №1. – С. 11-13.

THE INFLUENCE OF NPK DYNAMICS ON THE DOSES OF MINERAL FERTILIZERS FOR WINTER WHEAT

Sh.Z. Khakimov, Candidate of Agricultural Sciences, Namangan Institute of Engineering and Technology sh.xakimov@mail.ru.
(tel: +99893-923-00-41)

In the studied varieties, during the experiment of the development period (spike-full ripeness) of plants, the amount of $N-NO_3+N-NH_4$ in the soil gradually decreases. The dynamics of mineral nitrogen in the soil of the varieties Chillaki, Kupava and Demetra are close to each other, Sanzar-8, the use of $N_{250}P_{175}K_{125}$ kg/ha differs from other varieties. During the growing season of winter wheat, the dynamics of the amount of active phosphorus in the soil is similar to that of mineral nitrogen. When using the same amount of mineral fertilizer in the Kupava and Demetra varieties, during the growing season the amount of active phosphorus in the soil layer 0-30 cm is higher than Sanzar-8, and the Chillaki variety is between them. In all experimental variants of mixing in a 0-30 cm soil layer, the amount of K_2O increases from the moment of plant accumulation until a grain is obtained, then, until the period of grain ripening, decreases.
Key words: period of development, dynamics, varieties of winter wheat, nitrate and ammonium nitrogen, rates of mineral fertilizers, phosphorus, potassium, ratio.

УДК:631.81.095.337

DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.15

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ, ВСХОЖЕСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

М.Е. Ламмас¹, А.В. Шитикова², д.с.-х.н.,
¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127550, Москва, ул. Прянишникова, д.31А, lm190587@mail.ru
²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
125434, Москва, ул. Тимирязевская, д.49, plant@rgau-msha.ru

Представлены результаты исследований по влиянию росторегулирующей активности биостимуляторов на всхожесть семян ярового ячменя сорта Михайловский, энергию и интенсивность прорастания зерна. Максимальные значения показателя энергии прорастания получены в вариантах с обработкой биостимуляторами роста растений Альбит и Гиберлон, где она составила 88% (на контроле 75%). В лабораторных условиях под действием комплексного препарата-антидота биологического происхождения Альбит отмечено увеличение всхожести в варианте с обработкой препаратом Альбит на 13% по сравнению с контролем. Установлено влияние биостимуляторов Гиберлон и Альбит на увеличение длины и массы ростка и корешков.

Ключевые слова: яровой ячмень, биостимуляторы роста, лабораторная всхожесть семян, энергия прорастания, качество зерна, проростки, регуляторы роста, агрохимикаты.

Для цитирования: Ламмас М.Е., Шитикова А.В. Влияние биостимуляторов роста на энергию прорастания, всхожесть и интенсивность прорастания семян ярового ячменя// Плодородие. – 2021. – №5. – С. 61-64. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.15.

Ячмень – одна из наиболее потребляемых и важных культур во всем мире, что также обусловлено его потенциалом устойчивости к стрессу для пищевых, медицинских и промышленных целей (ФАО). Ячмень относится к числу наиболее устойчивых растений к различным видам стресса. Однако в течение ранней весны (рост проростков) и середины лета (летняя засуха) рост и урожайность ячменя могут быть снижены из-за засушливого стресса. В последнее время в производстве широко распространены приемы экзогенной регуляции стресса за счет использования природных или синтетических регуляторов роста растений (PGR). Предпосевная обработка семян служит важным агроприемом, стимулирующим прорастание. Неблагоприятные условия в период уборки и хранения могут оказывать влияние на показатели энергии прорастания и всхожести ячменя [12-14].

Во время прорастания семян ячменя происходят важные морфологические и физиологические изменения, включая развитие органов и тканей и активацию метаболических путей. Прорастание и состояние покоя семян регулируются абсцизовой кислотой, гиббереллинами, активными формами кислорода (АФК), активными формами азота (RNS) и рядом других факторов. Во время прорастания сухие семена ячменя быстро впитывают воду, что приводит к увеличению объема семян, как правило, через 14-18 ч после прорастания из семян при комнатной температуре (от 25 до 30 °C) возникают колеоризы, корни появляются в течение 24 ч. Когда часть зародыша выступает из семенной оболочки, процесс прорастания завершен. Продолжается рост корешков и колеоптиле. Зрелые сухие семена ячменя обладают высокой устойчивостью к высушиванию и абиотическому и биотическому стрессам, но по мере прорастания устойчивость постепенно снижается [16].

В РФ в настоящее время 70% кормов для сельскохозяйственных животных состоит из ячменя, эта культура также входит в страховой фонд Российской Федерации [21].

Урожай всех сельскохозяйственных культур зависит, в первую очередь, от качества посевного материала. Ячмень, имея короткий период вегетации и быстрый темп роста и развития в начальные фазы, может успешно возделываться и давать стабильные урожаи как в северных, так и в южных регионах нашей страны [10]. В последнее время вопросам охраны окружающей среды уделяют достаточно большое внимание. Немалый интерес в данном вопросе представляет применение физиологически активных веществ, позволяющих управлять продукционным процессом сельскохозяйственных культур на самых ранних этапах [4, 8].

Методика. Исследования по изучению действия биостимуляторов на всхожесть и энергию прорастания семян ячменя, морфобиологические свойства проростков, особенности формирования зерна проводили в лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и регуляторов роста растений при ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» в 2021 г. Всхожесть и энергию прорастания семян ячменя определяли в соответствии с общепринятой методикой (ГОСТ 12038-84); массу 1000 семян – по ГОСТ 12042-80 [5].

В нашем опыте рассматривали влияние росторегулирующих препаратов с разным механизмом действия: Эпин-Экстра (200 мл/т), Циркон (2 мл/т), Гибберелон (50 г/т), Альбит (30 мл/т), Рестарт, Ж (0,1 мл/т), Эмистим (1 мл/т) на энергию прорастания, лабораторную всхожесть семян ярового ячменя среднеспелого сорта Михайловский.

Эпин-Экстра, Р (0,025 г/л 24-эпибрасинолида) – IUPAC: (22R, 23R, 24R) – 2 α , 3 α , 22, 23-тетрагидроксис-24-метил-5 α -холестан-В-гомо-7окса-эргостан-6-он. Фитогормон класса брасиностероидов активизирует действие гиббереллина, цитокинина, ауксина, абсцизовой кислоты и гидроксикоричных кислот, регулирует развитие растений, начиная с прорастания и переход растений от вегетативного состояния к генеративному. Он обладает антибактериальным и фунгипротекторным действиями, опосредованными стимуляцией иммунитета растений. В стрессовых условиях корректирует уровень соответствующих фитогормонов и предотвращает снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Циркон, Р (0,1 г/л гидроксикоричных кислот) – природная смесь гидроксикоричных кислот, в т.ч. кофейная кислота; 3-(3,4-дигидроксифенил)-2-пропеновая кислота; хлорогеновая кислота; циклогексанкарбоновая кислота, 3-[(3-(3,4-дигидроксифенил) -1-оксо-2-пропенил) окси]-1,4,5-тригидроксис- [1S-(1-альфа,3-бета,4-альфа,5-альфа)]; цикориевая кислота; 2,3-бис[[3-(3,4-дигидроксифенил)-1-оксо-2-пропенил]-окси] бутандиовая кислота. Фенолкарбоновые соединения (фенолпропаноиды). Росторегулирующий и ростостимулирующий эффекты основаны на активизации фитогормонов и защите ИУК через механизм ингибирования активности ауксиноксидазы, а также антибактериальном и фунгипротекторном действиях, опосредованных стимуляцией иммунитета растений. Антиоксидантное действие осуществляется за счет активирования ряда антиоксидантных ферментов, таких как каталаза и супероксиддисмутаза (СОД), положительно влияющих на различные звенья клеточного метаболизма.

Гибберелон, ВРП (40 г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли) – фитогормон растений из группы дитерпеноидных кислот. Дитерпеновые производные. Гиббереллин А₃ + А₄. – Гиббереллин А₃: (3S,3aR,4S,4aR,7R,9aR,9bR,12S)-12-гидрокси-3-метил-6-метилена-сопергидро-4а,7-метан-3,9b-пропаназулен [1,2-b] фуран-4-карбоновая кислота; – гиббереллин А₄: (3S,3aR,4S,4aR,7R,9aR,9bR,12S) -12-гидрокси-3-метилена-2-оксопергидро-4а, 7-метано-3,9b-пропаноазулену [1,2-b]фуран-4-карбоновая кислота. В малых концентрациях гиббереллины широко распространены среди высших растений как эндогенные регуляторы роста. В более высоких концентрациях гиббереллины продуцируются грибами из рода *Fusarium*. Один из наиболее активных гиббереллинов – гиббереллиновая кислота (ГА₃). Механизм её действия заключается в активировании гидролитических ферментов, расщепляющих сложные запасные питательные вещества на простые легкодоступные для растения, что способствует увеличению энергии прорастания.

Альбит, ТПС (6,2 г/кг полибета-гидроксимасляной кислоты + 91,2 г/кг калия азотнокислого + 91,1 г/кг ка-

лия фосфорнокислого двузамещённого + 29,8 г/кг магния сернокислого + 181,5 г/кг карбамида) – действующее вещество препарата, биополимер полибета-гидроксимасляная кислота (ПБГК), естественное запасное вещество полезных почвенных бактерий (подобно крахмалу у растений, жиру и гликогену у животных). Продукты трансформации полигидроксимасляной кислоты обладают выраженным фитогормональным (ауксиновым) действием.

Эмистим, Р (0,01 г/л продукты метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*) – композиция продуктов метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*, выделенного из корней женьшеня, содержащая ростовые вещества цитокининовой и гиббереллиновой природы. Индуцирование пролонгированной устойчивости в растении за счет воздействия на его иммунитет продуктами метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*, активизации почвенной и внутрикорневой микрофлоры. В результате происходят повышение полевой всхожести и урожайности, снижение семенной инфекции и повышение устойчивости к болезням в период вегетации.

Рестарт, Ж (живых клеток штамма *Rhodococcus erythropolis* OPI-01, титр $1\cdot5\cdot10^9$ КОЕ/мл) – регулятор роста растений с биоантидотными свойствами. Эффект от действия препарата заключается в предупреждении негативного действия остаточных количеств гербицидов – задержка роста, отмирание корневых волосков, пожелтение и общее ослабление растений. Механизм действия пестицида Рестарт, Ж основан на способности штамма *Rhodococcus erythropolis* OPI-01 к интенсивному биоразложению действующих веществ классов имидазолинов и сульфонилмочевин [6].

Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в термостате при температуре 20°C. В каждую чашку раскладывали по 100 семян, обработанных дистиллированной водой (контрольный вариант) и растворами биостимуляторов (опытные варианты). Повторность опыта четырехкратная. Экспозиция обработки семян 1 ч.

Согласно ГОСТу 12038-84, проводили учет прорастания семян в два этапа: на 3-и сутки – определяли энергию прорастания, на 7-е сутки – всхожесть семян. В лабораторном скрининге устанавливали интенсивность прорастания семян по длине корешков и ростков, массе проростков.

Результаты и их обсуждение. В исследованиях отмечено положительное влияние обработки биостимуляторами на увеличение энергии прорастания и всхожести семян ячменя (табл. 1). Как известно, низкая энергия прорастания вызывает более продолжительное появление всходов в полевых условиях, увеличивая угрозу поражения вредителями [9].

1. Влияние биостимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян ярового ячменя сорта Михайловский (2021 г.)

Вариант	Энергия прорастания	Лабораторная всхожесть
	%	
Контроль (обработка водой)	75	72
Эпин-Экстра	84	87
Циркон	86	87
Гибберелон	88	93
Альбит	88	96
Рестарт, Ж	86	94
Эмистим	82	91
Среднее	84,1	88,6

В вариантах с обработкой биостимуляторами показатели энергии прорастания были выше, чем на контроле на 7-17%. Наиболее существенно (на 17,3%) энергия прорастания по сравнению с контролем возрастала под действием обработки фитогормона Гибберелон и препарата-антидота биологического происхождения Альбит. Применение препаратов Циркон и Рестарт, Ж позволило повысить энергию прорастания на 11%.

Оценка лабораторной всхожести позволила установить следующую закономерность: под действием применяемых препаратов всхожесть возрастала на 15-24%. При этом наиболее значимым было увеличение всхожести под действием препаратов Альбит (+24%), Рестарт, Ж (+22%), Гибберелон (+21%).

Обработка семян биопрепаратами влияла на биометрические показатели семян ярового ячменя: увеличилась длина ростков, корешков, биомасса проростков (табл. 2).

2. Биометрические показатели ярового ячменя сорта Михайловский

Вариант	Длина, см		Масса, г			
	рост-ка	кореш-ков	100 пророст-ков		корешков	
			сырая	сухая	сырая	сухая
Контроль	7,2	6,8	8,75	6,12	8,43	5,78
Эпин-Экстра	10,4	9,5	9,38	8,14	10,02	8,92
Циркон	10,6	9,7	9,43	8,09	10,64	9,23
Гибберелон	11,7	10,4	9,68	8,46	10,91	9,41
Альбит	12,6	10,2	9,82	8,55	11,90	9,84
Рестарт, Ж	11,8	9,8	9,55	8,23	10,69	9,27
Эмистим	9,9	8,6	9,38	8,19	10,25	9,30
НСР ₀₅	0,54	0,47	0,52	0,45	0,56	0,51

Максимальные показатели установлены в варианте с обработкой агрохимикатом Альбит в норме 30 мл/т. В данном варианте длина ростка была больше контроля на 5,4 см, корешков – на 3,4 см. Высокие значения отмечены также и в остальных вариантах с обработкой семян агрохимикатами, а именно, Эпин-Экстра, Циркон, Гибберелон, Рестарт, Ж, на которых длина ростка увеличилась на 44,0; 47,2; 62,5 и 63,8% соответственно, длина корешков – на 39,7; 42,6; 52,9 и 44,1% соответственно.

Аналогичные данные получены и при оценке биомассы проростков ярового ячменя сорта Михайловский. Увеличилась биомасса проростков по всем вариантам с обработкой на 7,2; 7,8; 10,6; 12,2; 9,1 и 7,2% соответственно, сухая масса проростков – на 33,0; 32,1; 38,2; 39,7; 34,4 и 33,8% соответственно. Биомасса корешков в среднем по вариантам с обработкой была выше на 27,3%, сухая масса корешков – на 61,3% по сравнению с контрольным вариантом.

Заключение. Проведенные исследования позволили установить эффективность влияния предпосевной обработки семян ячменя биостимуляторами на изменение морфологических и функциональных параметров прорастания семян. По показателям качества семян ярового ячменя сорта Михайловский установлена положительная динамика: увеличились энергии прорастания (на 7-17%), всхожести (на 15-24%), длины ростков (на 2,7-4,5 мм) и корешков (на 1,8-3,6 см), биомассы проростков (на 0,6-1,1 г).

Литература

1. Алехина Н.Д., Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко. Физиология растений. – М.: Академия, 2005. – 467 с.

2. Бах А. Н., Опарин А. И., Венер Р. А. Количественные измерения ферментов, покоящихся и прорастающих семян // Собрание трудов по химии и биохимии. – М.: Наука, 1950. – С. 5-16.
3. Вавилов П. Л. Растениеводство. – М.: Агропромиздат, 1986. – 90 с.
4. Верзилов В. Ф. Регуляторы роста и их применение в растениеводстве. – М.: Наука, 1971. – 144 с.
5. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Определение всхожести.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Ч. I, II М. 2021.
7. Кретович В. Л. Биохимия растений. – М.: Высшая школа, 1980. – 447 с.
8. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. – М.: Наука, 1974. – 253 с.
9. Дж. Д. Бьюли. Прорастание семян и мобилизация резервов. Энциклопедия наук о жизни. Т. 1, Уайли, Чичестер, Великобритания, 2001.
10. Международный стандарт ГОСТ 10469-76 Семена ячменя. Сортные и посевные качества. Технические условия. Дата введения 01 июля 1977 года, с изменениями № 1, 2, 3.
11. Мусаев Ф. А., Захарова О. А. Морфофизиологическое развитие растений ячменя пивоваренных сортов при использовании регулятора роста и оптимизации минерального питания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11-12. – С. 226-231.
12. З. Г. Ма, Ф. Марсоле, Н. В. Быкова, А. У. Игамбердиев. Оксид азота – активные формы кислорода метаболические изменения в зародыше семян ячменя во время прорастания, Фронт. Наука о растениях. № 7 (2016). – С. 138.
13. Д. М. Баскин, С. С. Баскин. Система классификации покоя семян, Seed Sci. Res. 14 (2004). – С. 122-128.
14. Шаповал О. А., Вакуленко В. В., Прусакова Л. Д. Регуляторы роста растений // Защита и карантин растений. – 2008. – № 12. – 48 с.
15. A.K. Spartz, W.M. Gray. Plant hormone receptors: new perceptions, Genes Dev. 22 (2008) 2139–2148.
16. S. Lamas, P. Klatt. Regulation of protein function by S-glutathiolation in response to oxidative and nitrosative stress, Eur. J. Biochem. 267 (2010) 4928–4944.
17. Z.G. Ma. Metabolism of Antioxidants and Nitrosothiols in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Seeds During Germination and Seedling Growth, (Ph.D. thesis), Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada, 2016.
18. H. Nonogaki. Seed biology updates-highlights and new discoveries in seed dormancy and germination research, Front. Plant Sci. 8 (2017) 524.
19. J.M. Barrero, M.J. Talbot, R.G. White, J.V. Jacobsen, F. Gubler. Anatomical and transcriptomic studies of the coleorhiza reveal the importance of this tissue in regulating dormancy in barley, Plant Physiol. 150(2019) – 1006-1021
20. Gibbons G.O. The action of plant hormones on endosperm breakdown and embryo growth during germination of barley. International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in cereals, 1983. – p.169-180.
21. Ma Zhenguo, Bykova N. V., Igamberdiev A. U. Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds // The Crop Journal. – 2017. – Т. 5. – №. 6. – С. 459-477.
22. www.applied-research.ru (дата обращения: 11.11.2021).

INFLUENCE OF GROWTH BIOSTIMULANTS ON GERMINATION ENERGY, GERMINATION AND GERMINATION INTENSITY OF SPRING BARLEY SEEDS

Lammas M.E., Researcher at the Laboratory of Testing Elements of Agrotechnologies, Agrochemicals and Plant Growth Regulators of the D.N. Pryanishnikov Federal State Budgetary Research Institute of Agrochemistry

Shitikova A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Plant Growing and Meadow Ecosystems of the K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova str., 31A, 127550, Moscow, Russia, 190587@mail.ru

Under laboratory conditions, of the D.N. Pryanishnikov Federal State Budgetary Research Institute of Agrochemistry studied the regulating activity of growth biostimulants, which affects the germination of seeds of spring barley varieties Mikhailovsky, the energy and intensity of germination of grain. The maximum values of the germination energy indicator were obtained in the variants with treatment with plant growth biostimulants Albit and Gibberelone, where it was 88% (75% in the control). Laboratory germination was also higher on the variant with the treatment with the agrochemical Albit, on the control – 72%. The maximum values of the quality indicators of seeds of spring barley varieties Mikhailovsky (the length of the sprout and the length of the roots, their weight – wet and dry per 100 seedlings) were in the variants with the use of agrochemicals Gibberelone and Albit.

Keywords: *spring barley, biostimulants of growth, laboratory germination of seeds, germination energy, grain quality, seedlings, growth regulators, agrochemicals.*