

Эффективность обработки стимуляторами роста семян озимой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона

И. И. Гуреев, доктор технических наук, профессор
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»
305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б
✉ gureev06@mail.ru

Резюме. Целью исследований являлось экспериментальное определение эффективных стимуляторов роста для предпосевной обработки семян озимой пшеницы, обеспечивающих максимальную годовую экономию совокупных затрат при производстве зерна в условиях Центрально-Чернозёмного региона (ЦЧР). В трёхлетних опытах на предпосевной обработке семян культуры исследовали характерные препараты, представляющие три группы наиболее распространённых стимуляторов роста растений: водорастворимое комплексное микроудобрение Аквамикс СТ (100 г/т), содержащее сбалансированный комплекс легкодоступных для растений микроэлементов; водорастворимое удобрение гуматного типа Лигногумат (100 г/т) с широким спектром гуминовых веществ на основе гуминовых кислот и фульвокислот; жидкий биостимулятор роста Базик (200 мл/т) итальянского производства, в составе действующего вещества которого общий и органический азот, биогенный углерод и аминокислоты. Исследования проведены на полях Центрально-Чернозёмной машиноиспытательной станции (Курская область). Почва – чернозём выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7...5,1 % и кислотностью $pH_{KCl}=4,9$. В процессе вегетации оценили развитие культуры по показателям динамики появления всходов, кустистости и динамики накопления сухого вещества. Наибольшую скорость появления всходов показал вариант применения стимулятора роста Аквамикс СТ, где среднее превышение над контролем без обработки семян составило 5,47 %. Лучшая кустистость (на 16 % выше контроля) отмечена на обработке семян смесью препаратов Лигногумат + Базик. По величине прироста массы 100 растений выделился вариант с Аквамикс СТ, обеспечивший средний прирост за время наблюдений (76...79 дней) на уровне 66,8 г (превышение над контролем 15,0 %). В качестве интегрального показателя эффективности использована годовая экономия совокупных затрат. Максимальная величина её (1312 руб./га) получена у варианта обработки семян смесью Аквамикс СТ + Базик, где прибавка урожайности зерна составила 7,6 % при содержании клейковины 28,4 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, стимуляторы роста, кустистость, сухое вещество, урожайность зерна, содержание клейковины.

Для цитирования: Гуреев И. И. Эффективность обработки стимуляторами роста семян озимой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3 (67). С. 13-22. doi 10.18286/1816-4501-2024-3-13-22

The efficiency of processing growth stimulants on seed of winter wheat in conditions of the Central Chernozem region

I. I. Gureev
Federal Agricultural Kursk Research Center
305021, Kursk, St. Karl Marx, 70-b
✉ gureev06@mail.ru

Abstract. The goal of the research was experimental definition of effective growth stimulants for Pre-sowing seed treatment of winter wheat, Ensuring maximum annual savings of total costs in seed production in conditions of the Central Chernozem region. From a research on pre-sowing treatment of crop seeds, which lasted 3 years, studied specific chemical, representing three most popular stimulants of plant growth, which are: Aquamix water-soluble complex micronutrient ST (100 g/t), including a balanced complex of easily-obtained micro elements for plants; water-soluble fertilizer humate type LignoHumate 100 (g/t) with a wide range of humic substances based on humic acids and Fulvic acids; liquid-like biological stimulant of growth Bazik (200 ml/t) of Italian production, the composition of the active substance of which is total and organic nitrogen, biogenic carbon and amino acids. The research was done in the fields of the Central Chernozem region at the machine testing station (Kursk region). The soil was chernozem type, leached medium loamy with humus content (4,7...5,1%) and acidity being $pH_{KCl}=4,9$. At the process of vegetation, we assessed the development of culture according to the indicators of the dynamics of germination, bushiness and dynamics of accumulation of dry matter. The highest rate of germination growth was shown by the use of the growth stimulant Aquamix ST, where the average excess over the control without seed treatment was 5.47%. The best bushiness (16% higher than the control) was noted on seed treatment with a mixture of Lignohumate+Bazik chemicals. In terms of weight gain of 100 plants, the

Aquamix ST variant stood out, providing an average increase during research (76...79 days long) on the level of 66,8 g (higher than the control by 15,0%). The annual savings in total costs are used as an integral indicator of efficiency. The maximum amount of it is 1312 rub per hectare, obtained from the variant of seed treatment with a mixture of Aquamix and Bazik, where the increase in seed yield was by 7,6% with a gluten content of 28.4%.

Keywords: winter wheat, growth stimulants, bushiness, dry matter, seed yield, gluten content.

For citation: Gureev I. I. The efficiency of processing growth stimulants on seed of winter wheat in conditions of the Central Chernozem region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;3(67): 13-22 doi:10.18286/1816-4501-2024-3-13-22

Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.

Введение

Центрально-Чернозёмный регион (ЦЧР) играет значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности России. Располагая 8,2 % пашни, он производит около 11,7 % зерна, в валовом сборе которого 55 % занимает озимая пшеница. Зерно культуры, обладающее ценными белками и другими веществами, широко используется в производстве хлебобулочных изделий, а также является незаменимым сырьём в фармацевтической и парфюмерной промышленности. Отходы зернового производства – высококалорийный корм всех видов сельскохозяйственных животных.

Озимая пшеница производится в регионе по интенсивным технологиям, в соответствии с которыми для получения высоких урожаев качественного зерна должны быть созданы благоприятные агрохимические условия [1]. Ключевым компонентом интенсивных технологий является система удобрения [2, 3, 4]. Формирование урожая начинается с предпосевной подготовки семян, которые по условиям интенсивного земледелия в обязательном порядке должны быть протравлены. Протравители подбирают по результатам фитоэкспертизы с учётом предшествующей культуры в севообороте. При протравливании семян, помимо протравителей, используют различные стимуляторы, обеспечивающие благоприятные стартовые условия питания, развития и роста культуры [5, 6].

Стимуляторы роста активизируют развитие растений. Они способствуют закладке базовых элементов (густоты стояния, количества побегов кущения и др.), которые определяют продуктивность и устойчивость посевов к стрессовым воздействиям. Формирование данных элементов – процесс поэтапный. Они не могут быть компенсированы последующими агротехническими приёмами, если не сформированы на начальных этапах развития, поэтому наука и практика сельскохозяйственного производства рекомендует использовать стимуляторы роста в составе смеси для протравливания посевного материала, что позволяет приблизиться к максимальной реализации генетического потенциала культуры. Немаловажно, что применением различных стимуляторов минимизируется угнетающее воздействие протравителей на развитие проростков.

В качестве стимуляторов широко используют комплексные удобрения, действующее вещество

которых сбалансировано как макроэлементами питания – азотом, фосфором и калием (NPK), так и микроэлементами – цинком, медью, железом, бором и др. [7]. По своей роли микроудобрения одинаково необходимы для жизнедеятельности растений, как и макроудобрения. Без них невозможно протекание большого количества жизненных процессов в растениях. Это фотосинтез, метаболизм, дыхание и др. [8]. Наличие микроудобрений в сбалансированном количестве способствует повышению эффективности использования NPK [9, 10].

Отличие микроудобрений состоит лишь в том, что растения их потребляют в десятки, а иногда и в сотни раз меньшем количестве, что сказывается на некоторых особенностях применения. От этого внесение микроудобрений в почву крайне нежелательно, так как малые их дозы связываются почвенно-поглощающим комплексом в недоступные растениям формы [7, 11]. Распространены другие виды использования микроудобрений, важнейшим из которых является предпосевное нанесение их на семена зерновых культур, в том числе озимой пшеницы.

Наличие микроудобрений на семенах положительно сказывается на их всхожести и улучшает все показатели развития растений на начальных этапах жизнедеятельности. Обработанные семена более активно поглощают влагу и набухают, следствием чего является ускоренное прорастание. Микроэлементы способствуют получению семенами сбалансированного питания, стимулируют активность ферментов, повышая тем самым энергию их прорастания – основу высокого урожая. Усиливается устойчивость озимой пшеницы к стрессам, обусловленным резкими перепадами температуры воздуха, увлажнения и др. Посевы приобретают дополнительные запасы зимостойкости и засухоустойчивости, возрастает способность противостоять болезням. С применением микроудобрений на семенах увеличивается образование продуктивных стеблей при кущении [12, 13].

В настоящее время резко возрос интерес к удобрениям гуматного типа на основе солей гуминовых кислот. Гуминовые вещества играют важнейшую роль в активизации микрофлоры, миграции питательных веществ и улучшению физико-химических свойств почвы. Являясь физиологически активными, они регулируют и интенсифицируют

обменные процессы в растениях и почве, увеличивая урожайность и сроки созревания культуры. Гуминовые вещества улучшают качество продукции, повышая содержание в ней сахаров, витаминов и уменьшая количество нитратов и тяжёлых металлов [14], усиливают действие удобрений и пестицидов, с которыми используются [15].

Гуминовые вещества приемлемы для комплексных обработок сельскохозяйственных растений, в том числе для обработки посевного материала. Применение их совместно с биопрепаратами значительно повышает эффективность последних. Возможно совмещение с биопрепаратами, обладающими свойствами фунгицидов. Для оптимизации затрат на обработку семян и растений гуминовые вещества рекомендуется применять в составе баковых смесей со средствами защиты растений и растворимыми удобрениями.

Большое значение для получения высокого и качественного урожая озимой пшеницы имеет обработка растений биопрепаратами, содержащими аминокислоты, сбалансированный состав которых способствует активизации обмена веществ в растениях, снимает с них стресс и ускоряет развитие. Аминокислоты усиливают синтез хлорофилла, регулируют открытие устьиц, активизируют прорастание семян, уровень их иммунной защиты, а также усиливают механизм противостояния неблагоприятным факторам окружающей среды [16, 17].

Цель исследований – экспериментальное определение эффективных стимуляторов роста для предпосевной обработки семян озимой пшеницы, обеспечивающих максимальную годовую экономию совокупных затрат при производстве зерна в условиях ЦЧР.

Достижение поставленной цели обусловлено необходимостью решения следующих задач:

- выбора для исследований характерных стимуляторов роста растений, используемых в баковой смеси с протравителями на предпосевной обработке семян культуры;
- закладки полевых опытов на озимой пшенице по агротехнической и экономической оценке эффективности испытываемых стимуляторов роста;

- сравнительной оценки по данным полевых опытов скорости появления всходов культуры с применением исследуемых стимуляторов роста;

- оценки влияния стимуляторов роста на кустистость культуры и динамику накопления ею сухого вещества;

- разработки рекомендаций сельскохозяйственным товаропроизводителям для использования на предпосевной обработке семян озимой пшеницы наиболее эффективных стимуляторов роста растений или их сочетаний по данным агроэкономической оценки.

Материалы и методы

Схема обработки семян озимой пшеницы разработана представителем ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с участием специалистов ФГБУ «Центрально-Чернозёмная МИС» (ЦЧ МИС). Исследования проведены в течение трёх лет в опытах на полях ЦЧ МИС (Курская область) согласно СТО АИСТ 1.3-2007 «Машинные технологии производства продукции растениеводства. Программа и методы испытаний». Экономическую эффективность определяли по ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Почва опытов – чернозём выщелоченный среднесуглинистый, содержание гумуса – 4,7...5,1 %. Кислотность почвы $-pH_{КС}=4,9$. В период проведения исследований запас продуктивной влаги в метровом горизонте почвы по годам исследований составлял 145...169 мм. За вегетационный период сумма осадков колебалась от 296 до 555 мм, а средняя температура воздуха от +6,4 до +12,9°C. Под предпосевную культивацию вносили 200 кг/га диаммофоски. Ранней весной посеы подкармливали аммиачной селитрой в дозе 130...150 кг/га. Высевали сорта озимой пшеницы Скипетр и Львовская 8. Норма высева семян 179...220 кг/га. Масса 1000 семян 42,7...46,8 г, их всхожесть 94...95 %. Семена заделывали на глубину 4,9...5,1 см. Коэффициент вариации глубины заделки 12,3...18,9 %.

В исследованиях использовали характерные препараты, представляющие три группы наиболее распространённых стимуляторов роста растений, рекомендованных для использования на предпосевной обработке семян озимой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика стимуляторов роста для предпосевной обработки семян

Наименование препарата	Действующее вещество, %
Аквамикс СТ	N=1,55; P ₂ O ₅ =5,0; K ₂ O=1,55; Fe(ДТПА)=1,74; Fe(ЭДТА)=2,1; Mn(ДТПА)=2,57; Zn(ДТПА)=0,53; Cu(ДТПА)=0,53; Ca(ДТПА)=2,57; B=0,52; Mo=0,13
Лигногумат	Соли гуминовых веществ - 90; K - 10; Na - 2; S - 5; Mg - 0,1; Fe - 0,2; Cu - 0,04; Mn - 0,02; Mo - 0,01; Zn - 0,1; B - 0,1; Co - 0,1
Базик	Общий и органический азот – 4,5; биогенный углерод – 26,5; аминокислоты – 28,8 (Аланин – FW 89, Аргинин – FW 174, Цистеин – FW 121, Аспаргиновая – FW 133 и Глутаминовая – FW 147 кислота, Глицин – FW 75, Серин – FW 105, Лейцин – FW 131, Лизин – FW 146, Метионин – FW 149, Фенилаланин – FW 165, Пролин – FW 115, Изолейцин – FW 131, Валин – FW 117, Треонин – FW 119, Тирозин – FW 181, Гистидин – FW 155, Триптофан – FW 181)

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Водорастворимое комплексное микроудобрение Аквамикс СТ производится отечественным предприятием ОАО «Буйский химический завод»

(Костромская область). Содержит сбалансированный комплекс легкодоступных для растений макро- и микроэлементов.

Таблица 2. Динамика появления всходов озимой пшеницы

Вариант опыта	Стимулятор роста для предпосевной обработки семян	Время после посева, количество дней															
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Количество всходов, %																	
1 (контроль)	Без стимуляторов роста	5	9	23	30	38	46	52	62	68	74	80	88	92	97	98	100
2	Лигногумат	7	12	27	35	40	50	58	67	70	77	83	90	95	98	100	100
3	Аквамикс СТ	8	16	30	40	45	52	63	70	74	78	85	92	95	98	100	100
4	Базик	10	18	30	37	40	54	59	68	74	80	85	94	96	100	100	100
5	Лигногумат + Базик	8	16	28	38	44	52	60	68	72	77	86	93	96	98	100	100
6	Аквамикс СТ + Базик	10	18	30	37	40	54	59	68	74	80	85	94	96	100	100	100

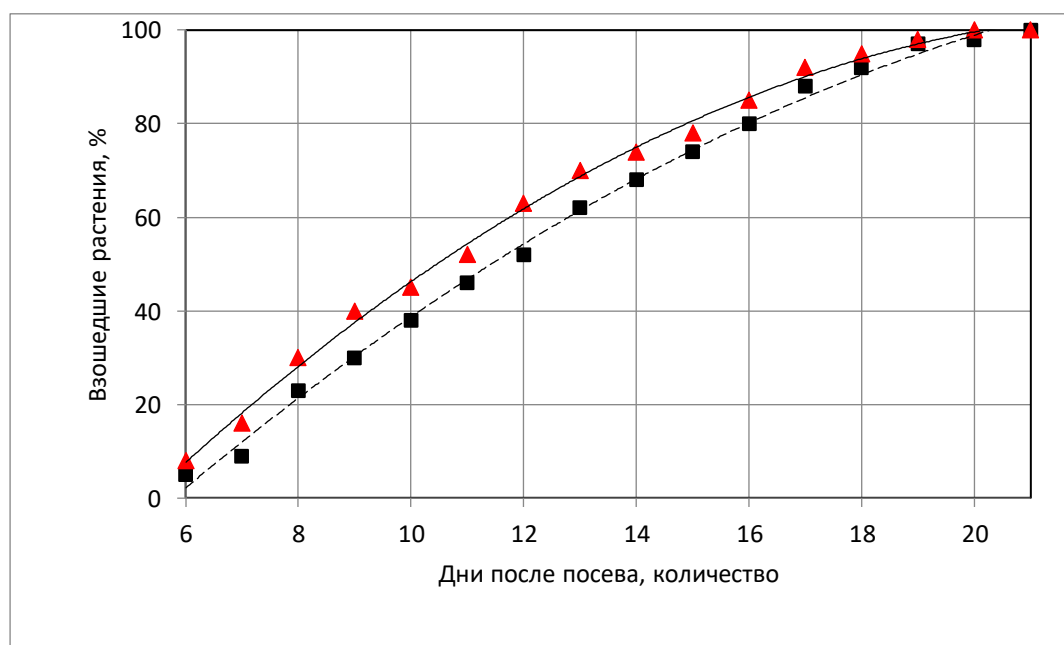


Рис. 1. Динамика появления всходов озимой пшеницы: контроль – нижняя кривая, обработка семян препаратом Аквамикс СТ – верхняя кривая

Водорастворимое удобрение гуматного типа Лигногумат с широким спектром гуминовых веществ на основе высокомолекулярных гуминовых кислот и низкомолекулярных фульвокислот. Удобрение разработано специалистами отечественного НПО «Реализация экологических технологий».

Жидкий биостимулятор роста Базик (Италия), в составе действующего вещества которого общий и органический азот, биогенный углерод и аминокислоты. Продукт извлекается из Юкки алоэлистной (*Yucca aloefolia*) тропического полкустарникового растения семейства Лилейные. Стимулирует рост растений, повышает устойчивость к стрессам.

Опыт однофакторный, содержал 6 вариантов в шестикратной повторности. Дозировки препаратов в исследованиях устанавливали по рекомендациям производителей.

Вариант 1 контрольный, в нём стимуляторов роста растений на обработке семян культуры не применяли.

В вариантах 2...4 семена обрабатывали, соответственно, индивидуально препаратами Лигногумат и Аквамикс СТ в дозе по 100 грамм на 1 тонну, а также Базик в дозе 200 мл на 1 тонну семян. В вариантах 5...6 на обработке семян использовали смеси препаратов Лигногумат (100 г/т) + Базик (200 мл/т) и Аквамикс СТ (100 г/т) + Базик (200 мл/т).

Обработку семян стимуляторами роста совмещали с протравливанием фунгицидом Дозор. Остальные агротехнические приёмы по ведению опыта соответствовали зональной агротехнологии производства озимой пшеницы.

В процессе вегетации культуры выполняли наблюдения за развитием растений. Оценку проводили по показателям динамики появления всходов,

кустистости и динамики накопления сухого вещества.

Результаты

Скорость появления всходов прямо пропорциональна энергии прорастания семян. При раннем появлении всходов растения быстрее переходят к самостоятельному синтезу органического вещества, следствием чего являются перспективы роста урожайности культуры (табл.2).

На рис. 1 графически показано изменение во времени данного критерия для варианта 3 с использованием препарата Аквамикс СТ в сравнении с контрольным вариантом 1, где стимуляторы роста на обработке семян культуры не использовали.

Представленные данные с достоверностью $R^2=1,0$ аппроксимируются полиномами 2-ой степени:

$$Y_K(x) = -0,222x^2 + 12,679x - 65,87, \% \quad (1)$$

$$Y_A(x) = -0,308x^2 + 14,572x - 68,71, \%$$

где $Y_K(x)$, $Y_A(x)$ – количество взошедших растений, соответственно, на контрольном варианте и с применением Аквамикс СТ, %;
 x – количество дней после посева озимой пшеницы.

Эффективность препаратов на обработке семян предложили оценивать по новой методике – средней величиной прироста количества взошедших растений во времени. Прирост оценивали у новых вариантов в сравнении с контролем. Величину этого показателя определяли, применяя теорему о среднем интегрального исчисления (*Высшая математика: дифференциальное и интегральное*

исчисление: учеб. пособие / А.В. Казакевич, А.В. Карманова, А.Э. Сергеев. Краснодар: КубГАУ, 2020. 112 с.)

$$\Delta Y_{AK} = \frac{1}{b-a} \left[\int_a^b Y_A(x) dx - \int_a^b Y_K(x) dx \right], \% \quad (2)$$

где ΔY_{AK} – средний прирост количества взошедших растений по новому варианту в сравнении с контролем, %;
 a, b – количество дней после посева культуры, соответственно, до начала и завершения появления всходов.

Подставляя формулы (1) в выражение (2), после интегрирования и соответствующих расчётов для варианта 3 получили $\Delta Y_{AK}=5,47\%$.

Результаты аналогичной аппроксимации полиномами 2-ой степени других вариантов опытных данных и расчёты по ним представлены в таблице 3.

Непременным условием получения высоких урожаев озимой пшеницы является наличие густого продуктивного стеблестоя. Значительный вклад в его становление вносит способность растений к кущению (табл. 4).

Конечными результатами взаимодействия растений с факторами внешней среды является рост растений и накопление ими органического вещества. Ускорение роста свидетельствует о создании более оптимальных условий для повышения урожайности культуры. В таблице 5 приведена динамика изменения во времени массы 100 растений. Эффективность препаратов по данному показателю предложено оценивать средним приростом массы 100 растений, используя методический подход, формализованный выражениями (1) и (2).

Таблица 3. Аппроксимация динамики появления всходов

Вариант опыта	Формализация появления всходов в зависимости от количества дней после посева	Достоверность аппроксимации, R^2	Прирост появления всходов, %
1 (контроль)	$Y_K(x) = -0,222x^2 + 12,679x - 65,87, \%$	1,0	–
2	$Y_L(x) = -0,265x^2 + 13,68x - 67,69, \%$	1,0	3,09
3	$Y_A(x) = -0,308x^2 + 14,572x - 68,71, \%$	1,0	5,47
4	$Y_B(x) = -0,271x^2 + 13,673x - 64,093, \%$	0,99	5,30
5	$Y_{LB}(x) = -0,285x^2 + 14,07x - 67,197, \%$	1,0	4,85
6	$Y_{AB}(x) = -0,238x^2 + 12,84x - 62,168, \%$	1,0	2,76

Таблица 4. Коэффициент кустистости растений озимой пшеницы с применением стимуляторов роста

Вариант опыта	По годам исследований			Среднее	Превышение над контролем, %
	1	2	3		
1 (контроль)	2,53	2,6	1,98	2,37	–
2	2,75	2,85	2,22	2,61	10,1
3	2,79	2,85	2,16	2,60	9,7
4	3,03	2,85	2,29	2,72	14,8
5	2,91	2,85	2,48	2,75	16,0
6	2,85	2,85	2,4	2,70	13,9

Таблица 5. Динамика накопления сухого вещества озимой пшениц

Вариант опыта	По годам исследований	Масса 100 растений, г Дата взятия образцов (число, месяц)							Средний прирост массы 100 растений			
									По годам исследований		Среднее	
									г	%	г	%
1 (контроль)	1	$\frac{135}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{220}{13 \text{ мая}}$	$\frac{350}{27 \text{ мая}}$	$\frac{530}{11 \text{ июня}}$	$\frac{550}{24 \text{ июня}}$	$\frac{705}{04 \text{ июля}}$	$\frac{850}{15 \text{ июля}}$	-	-	-	-
	2	$\frac{130}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{230}{08 \text{ мая}}$	$\frac{320}{21 \text{ мая}}$	$\frac{500}{04 \text{ июня}}$	$\frac{620}{17 \text{ июня}}$	$\frac{745}{30 \text{ июня}}$	$\frac{810}{17 \text{ июля}}$	-	-		
	3	$\frac{75}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{140}{06 \text{ мая}}$	$\frac{185}{20 \text{ мая}}$	$\frac{290}{03 \text{ июня}}$	$\frac{360}{17 \text{ июня}}$	$\frac{440}{29 \text{ июня}}$	$\frac{475}{15 \text{ июля}}$	-	-		
2	1	$\frac{140}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{220}{13 \text{ мая}}$	$\frac{370}{27 \text{ мая}}$	$\frac{540}{11 \text{ июня}}$	$\frac{630}{24 \text{ июня}}$	$\frac{700}{04 \text{ июля}}$	$\frac{890}{15 \text{ июля}}$	21,7	4,79	14,8	3,5
	2	$\frac{135}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{230}{08 \text{ мая}}$	$\frac{305}{21 \text{ мая}}$	$\frac{505}{04 \text{ июня}}$	$\frac{630}{17 \text{ июня}}$	$\frac{805}{30 \text{ июня}}$	$\frac{840}{17 \text{ июля}}$	14,0	2,74		
	3	$\frac{80}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{130}{06 \text{ мая}}$	$\frac{180}{20 \text{ мая}}$	$\frac{295}{03 \text{ июня}}$	$\frac{370}{17 \text{ июня}}$	$\frac{475}{29 \text{ июня}}$	$\frac{495}{15 \text{ июля}}$	8,74	2,97		
3	1	$\frac{154}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{239}{13 \text{ мая}}$	$\frac{400}{27 \text{ мая}}$	$\frac{580}{11 \text{ июня}}$	$\frac{700}{24 \text{ июня}}$	$\frac{729}{04 \text{ июля}}$	$\frac{929}{15 \text{ июля}}$	57,4	12,7	66,8	15,0
	2	$\frac{159}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{259}{08 \text{ мая}}$	$\frac{395}{21 \text{ мая}}$	$\frac{590}{04 \text{ июня}}$	$\frac{716}{17 \text{ июня}}$	$\frac{895}{30 \text{ июня}}$	$\frac{945}{17 \text{ июля}}$	113,9	22,3		
	3	$\frac{80}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{140}{06 \text{ мая}}$	$\frac{220}{20 \text{ мая}}$	$\frac{330}{03 \text{ июня}}$	$\frac{400}{17 \text{ июня}}$	$\frac{470}{29 \text{ июня}}$	$\frac{500}{15 \text{ июля}}$	29,1	9,90		
4	1	$\frac{150}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{260}{13 \text{ мая}}$	$\frac{395}{27 \text{ мая}}$	$\frac{600}{11 \text{ июня}}$	$\frac{690}{24 \text{ июня}}$	$\frac{705}{04 \text{ июля}}$	$\frac{940}{15 \text{ июля}}$	59,3	13,1	45,4	11,2
	2	$\frac{140}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{245}{08 \text{ мая}}$	$\frac{325}{21 \text{ мая}}$	$\frac{530}{04 \text{ июня}}$	$\frac{655}{17 \text{ июня}}$	$\frac{805}{30 \text{ июня}}$	$\frac{850}{17 \text{ июля}}$	39,5	7,73		
	3	$\frac{80}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{160}{06 \text{ мая}}$	$\frac{220}{20 \text{ мая}}$	$\frac{340}{03 \text{ июня}}$	$\frac{398}{17 \text{ июня}}$	$\frac{480}{29 \text{ июня}}$	$\frac{530}{15 \text{ июля}}$	37,4	12,7		
5	1	$\frac{135}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{220}{13 \text{ мая}}$	$\frac{380}{27 \text{ мая}}$	$\frac{560}{11 \text{ июня}}$	$\frac{660}{24 \text{ июня}}$	$\frac{710}{04 \text{ июля}}$	$\frac{905}{15 \text{ июля}}$	34,2	7,56	32,7	7,8
	2	$\frac{150}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{270}{08 \text{ мая}}$	$\frac{330}{21 \text{ мая}}$	$\frac{535}{04 \text{ июня}}$	$\frac{660}{17 \text{ июня}}$	$\frac{820}{30 \text{ июня}}$	$\frac{870}{17 \text{ июля}}$	40,7	7,97		
	3	$\frac{85}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{160}{06 \text{ мая}}$	$\frac{190}{20 \text{ мая}}$	$\frac{320}{03 \text{ июня}}$	$\frac{380}{17 \text{ июня}}$	$\frac{480}{29 \text{ июня}}$	$\frac{510}{15 \text{ июля}}$	23,3	7,93		
6	1	$\frac{170}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{240}{13 \text{ мая}}$	$\frac{380}{27 \text{ мая}}$	$\frac{575}{11 \text{ июня}}$	$\frac{680}{24 \text{ июня}}$	$\frac{730}{04 \text{ июля}}$	$\frac{930}{15 \text{ июля}}$	51,1	11,3	45,3	11,2
	2	$\frac{140}{29 \text{ апр.}}$	$\frac{245}{08 \text{ мая}}$	$\frac{348}{21 \text{ мая}}$	$\frac{545}{04 \text{ июня}}$	$\frac{670}{17 \text{ июня}}$	$\frac{830}{30 \text{ июня}}$	$\frac{875}{17 \text{ июля}}$	46,4	9,08		
	3	$\frac{80}{27 \text{ апр.}}$	$\frac{150}{06 \text{ мая}}$	$\frac{220}{20 \text{ мая}}$	$\frac{340}{03 \text{ июня}}$	$\frac{410}{17 \text{ июня}}$	$\frac{500}{29 \text{ июня}}$	$\frac{540}{15 \text{ июля}}$	38,5	13,1		

Таблица 6. Агротехническая эффективность обработки семян озимой пшеницы стимуляторами роста

Вариант опыта	Полевая всхожесть семян, %				Урожайность зерна, т/га				Содержание клейковины в зерне, %				Натура зерна, г/л				Масса 1000 зёрен, г			
	По годам исследований																			
	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее
1 (контроль)	91,6	90,2	90,7	90,8	3,99	5,18	3,03	4,07	25,4	22,8	26,6	24,9	736	746	730	737	42,8	44,7	37,8	41,8
2	93,7	91,3	91,3	92,1	4,16	5,43	3,2	4,26	27,2	32,2	27,4	28,9	746	748	733	742	43,0	45,1	38,0	42,0
3	94,2	91,3	91,5	92,3	4,25	5,47	3,18	4,3	26,5	31,1	27,3	28,3	748	750	735	744	43,2	45,3	38,6	42,4
4	94,4	91,3	91,3	92,3	4,26	5,55	3,24	4,35	27,5	28,2	27,8	27,8	743	768	739	750	43,2	47,8	40,6	43,9
5	94,0	91,3	91,3	92,2	4,16	5,57	3,27	4,33	27,0	31,6	27,2	28,6	748	753	737	746	44,0	46,0	38,9	43,0
6	93,3	91,3	91,6	92,1	4,25	5,63	3,26	4,38	27,3	30,3	27,5	28,4	742	758	737	746	43,2	46,5	38,9	42,9
НСР ₀₅	0,41				0,15				2,9				7,7				1,1			

Таблица 7. Экономическая эффективность обработки семян озимой пшеницы стимуляторами роста

Вариант опыта	Себестоимость зерна, руб./т				Производительность труда механизатора, тыс. руб./чел.				Производственные затраты, руб./т				Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб./га			
	По годам исследований															
	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее
1 (контроль)	4083	3282	6653	4673	1298	1740	1357	1465	2464	1999	4205	2889	-	-	-	-
2	3930	3132	6302	4455	1352	1824	1434	1537	2375	1908	3984	2756	641	492	1123	752
3	3841	3285	6659	4595	1380	1740	1357	1492	2319	2002	4210	2843	617	-2	-17	200
4	3834	3067	6659	4520	1383	1865	1357	1535	2314	1870	4210	2798	1060	721	-17	588
5	3921	3056	6173	4383	1352	1871	1465	1563	2367	1863	3903	2711	675	748	1572	998
6	3848	3026	6194	4356	1379	1892	1460	1577	2546	2015	4272	2944	998	1441	1497	1312

Результаты опыта по агротехническим и экономическим показателям представлены в таблицах 6 и 7.

Обсуждение

Варианты применения стимуляторов роста на обработке семян озимой пшеницы обеспечили прирост над контролем количества взошедших растений в интервале 2,76...5,47 % (табл.3). Максимальную скорость появления всходов показал вариант применения стимулятора роста Аквамикс СТ, минимальную – вариант с использованием Аквамикс СТ + Базик.

Применение исследуемых препаратов также благоприятно сказалось и на кустистости растений

культуры со средним превышением над контролем величиной 12,9 % (табл. 4). Лучшая кустистость с 16-процентным превышением отмечена на обработке семян смесью препаратов Лигногумат + Базик. Вариант с препаратом Аквамикс СТ по показателю кустистости оказался наименее привлекательным – превышение над контролем составило лишь 9,7 %.

Все варианты предпосевной обработки семян показали положительный прирост массы 100 растений (табл. 5). По величине эффекта из них выделился вариант с Аквамиксом СТ, обеспечивший к контролю максимальный средний прирост на уровне 66,8 г (15,0 %). У варианта с Лигногуматом опытные

данные по приросту массы 100 растений оказались минимальными – 14,8 г (3,5 %).

Позитивное влияние стимуляторов роста на развитие озимой пшеницы благоприятно сказалось на урожайности и качестве зерна. Прибавка урожайности от использования стимуляторов составила 0,19...0,31 т/га (4,7...7,6 %) (табл. 6). Содержание клейковины в зерне возросло на 2,9...4,0 %. Улучшились и другие показатели качества зерна: натура увеличилась с 737 до 742...750 г/л, масса 1000 зёрен – с 41,8 до 42,0...43,9 г. Годовая экономия совокупных затрат от применения исследуемых стимуляторов роста составила 200...1312 руб./га (табл. 7).

Максимальная урожайность зерна величиной 4,38 т/га получена в варианте применения на обработке семян смеси препаратов Аквамикс СТ + Базик. Вариант с Лигногуматом выделился в лучшую сторону по содержанию клейковины в зерне (28,9 %), но она не вышла за пределы третьего класса. По показателям натуры зерна и массе 1000 зёрен разница для всех исследуемых вариантов оказалась в пределах ошибки опыта.

Интегральным показателем эффективности является годовая экономия совокупных затрат денежных средств. По её величине (1312 руб./га) наиболее привлекателен вариант обработки семян смесью Аквамикс СТ + Базик, где получена прибавка урожайности зерна 7,6 % при содержании клейковины 28,4 %. Себестоимость зерна по данному варианту (4356 руб./т) на 7,3 % меньше, а производительность труда механизатора (1577 тыс. руб./чел) на 7,6% выше по сравнению с контролем. Однако производственные затраты (2944 руб. на 1 тонну произведенной продукции) оказались самыми высокими среди исследуемых вариантов, что обусловлено дороговизной импортного препарата Базик.

Таким образом, в опыте с озимой пшеницей подтверждена заявленная эффективность обработки семян стимуляторами роста совместно с

протравливанием [6, 10, 13, 19]. Полученные результаты исследований адаптированы к условиям Центрально-Чернозёмного региона и могут быть использованы в качестве нормативов при возделывании культуры.

По известным данным, положительное действие на развитие растений оказывает предпосевная обработка семян препаратами обособленно на основе минеральных элементов питания [7], органических гуминовых веществ [15] и аминокислот [16, 18]. Однако результаты настоящих исследований свидетельствуют о синергии взаимодействия отдельных компонентов при использовании их смесями, поэтому в перспективе целесообразно в полном объёме изучить различные варианты совместного применения обозначенных видов стимуляторов роста растений.

Заключение

Экспериментально определены стимуляторы роста для предпосевной обработки семян озимой пшеницы, обеспечивающие максимальную годовую экономию совокупных затрат при производстве зерна в условиях Центрально-Чернозёмного региона. Наиболее высокая скорость появления всходов установлена на варианте применения стимулятора роста Аквамикс СТ, где превышение над контролем составило 5,47 %. Лучшая кустистость (на 16 % выше контроля) отмечена на обработке семян смесью препаратов Лигногумат + Базик. По величине прироста массы 100 растений позитивно выделился вариант с Аквамикс СТ, обеспечивший средний прирост над контролем на уровне 66,8 г (15,0 %). Интегральный показатель – годовая экономия совокупных затрат (1312 руб./га) – самая высокая у варианта обработки семян смесью Аквамикс СТ + Базик с прибавкой урожайности зерна 7,6 % при содержании клейковины 28,4%. Полученные результаты исследований могут быть использованы в качестве регионального нормативного материала.

Литература

1. Responses of soil organic carbon and crop yields to 33-year mineral fertilizer and straw additions under different tillage systems / H. Zhang, E. A. Hobbie, P. Feng, et al. // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 209: 104943. doi: 10.1016/j.still.2021.104943
2. Роль оптимизации режима питания растений озимой пшеницы в повышении урожайности и качества зерна / А. М. Кравцов, А. В. Загоруйко, Н. Н. Кравцова и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 86. С. 68-78. doi: 10.21515/1999-1703-86-68-78
3. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility / A. Cai, M. Xu, B. Wang, et. al. // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 189. P 168–175. doi: 10.1016/j.still.2018.12.022
4. Bondar V., Makarenko N. Winter wheat growing in Ukraine: ecological assessment of technologies by the influence on soil fertility // Acta Agriculturae Slovenica. 2020. Vol. 115. No 1. P. 67-78. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982
5. Кривошеев С. И., Шумаков В. А. Посевные качества и урожайность озимой пшеницы при предпосевной обработке семян биопрепаратами и микроудобрением // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 5. С. 34-38. doi: 10.18551/issn 1997-0749.2019-09.
6. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от действия препаратов для обработки семян и растений / В. А. Федотов, Н. В. Подлесных, А. Л. Лукин и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. №. 1. С. 63-66. doi: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66.
7. Assessing the impact of soil degradation on food production / P. S. Bindraban, M. van der Velde., L. Ye, et al. // Curr Opin Environ Sust. 2012. Vol. 4. P.478–488.

8. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients / C. M. Monreal, M. Derosa, S. C. Mallubhotla, et al. // *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. No. 3. P. 423-437. doi: 10.1007/s00374-015-1073-5.
- 9.. Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: a meta-analysis / W. Ding, X. Xu, P. He, et al. // *Field Crops Research*. 2018. Vol. 227. P. 11-18. doi: 10.1016/j.fcr.2018.08.001
10. Экономическая эффективность применения азотных подкормок и микроэлементов при возделывании озимой пшеницы / С. А. Пынтиков, Л. А. Булавин, А. П. Гвоздов и др. // *Почвоведение и агрохимия*. 2019. №. 1. (62). С. 228-234.
11. Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain / P. J. A. Withers, R. Sylvester-Bradley, D. L. Jones, et al. // *Environ Sci Technol* 2014. Vol.48 P. 6523–6530.
12. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы микроэлементами на рост и развитие проростков / Ш. Г. Пилавов, А. К. Пивовар, М. П. Бабурченкова, и др. // *Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет»*. 2019. №. 6-2. С. 221-230.
13. Черненко Н. А. Эффективность применения микроудобрений при производстве семян озимой пшеницы // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021. №. С. 112-119. doi: 10.24412/2309-348X-2021-1-112-119.
14. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Влияние способов основной обработки почвы на фотосинтетические показатели в посевах озимой пшеницы в связи с применением препаратов Гумат+7 Калия и Экосс-20. Орошаемое земледелие. 2018. №. 4. С. 27-30.
15. Kuznetsov I. Y., Povarnitsyna A. V. Productivity of winter wheat at Presiding processing of seeds by the growth regulator // *Journal of Agriculture and Environment*. 2019. No. 4 (12). P. 1-5.
16. Сортовые реакции растений пшеницы на предпосевную обработку семян биопрепаратом на основе *Pseudomonas aureofaciens* / Т. С. Колмыкова, А. С. Пронин, В. И. Кудряшова и др. // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*. 2016. T. 14. №. 1. С. 19-21.
17. Влияние обработки семян биостимуляторами роста на продукционный процесс озимой пшеницы в условиях центральной зоны Калмыкии / К. Э. Халгаева, Е. Д. Новиченко, А. В. Манжикова и др. // *Современные научные исследования и разработки*. 2018. Т. 2. №11 (28). С. 741-743.
18. Лазарев В. И. Эффективность удобрений на основе гуминовых кислот при возделывании гороха в условиях черноземных почв Курской области / В. И. Лазарев, Ж. Н. Минченко // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. Т. 38. № 2. С. 41-45. doi: 10.53859/02352451_2024_38_2_41.
19. Особенности влияния некорневой подкормки жидкими удобрениями на минеральное питание, урожайность и качество семян озимой пшеницы / И. Х. Вафин, Р. И. Сафин, Р. В. Миникаев и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 18, № 2(70). С. 13-18. doi:10.12737/2073-0462-2023-13-18. EDN ASTZHD.

References

1. Responses of soil organic carbon and crop yields to 33-year mineral fertilizer and straw additions under different tillage systems / H. Zhang, E. A. Hobbie, P. Feng, et al. // *Soil and Tillage Research*. 2021. Vol. 209. P. 104943. doi: 10.1016/j.still.2021.104943
2. The role of optimizing the nutrition regime of winter wheat plants in increasing grain yield and quality / A. M. Kravtsov, A. V. Zagorulko, N. N. Kravtsova, et al. // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2020. N 86. P. 68-78. doi: 10.21515/1999-1703-86-68-78
3. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility / A. Cai, M. Xu, B. Wang, et al. // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 189. P. 168–175. doi: 10.1016/j.still.2018.12.022
4. Bondar V., Makarenko N. Winter wheat growing in Ukraine: ecological assessment of technologies by the influence on soil fertility // *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020. Vol. 115. No. 1. P. 67-78. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982
5. Krivosheev S. I., Shumakov V. A. Sowing qualities and yield of winter during pre-sowing seed treatment with bio preparations and micronutrients // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019. No. 5. P. 34-38. doi:10.18551/issn 1997-0749.2019-09
6. The yield of winter wheat depending on the action of preparations for the treatment of seeds and plants / V. A. Fedotov, N. V. Podlesnyh, A. L. Lukin, et al. // *Bulletin of the Russian agricultural science*. 2019. No. 1. P. 63-66. doi: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66
7. Assessing the impact of soil degradation on food production / P. S. Bindraban, M. Velde, L. Ye, et al. // *Curr Opin Environ Sust* .2012. Vol. 4. P. 478–488.
8. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients / C. M. Monreal, M. Derosa, S.C. Mallubhotla, et al. // *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. No 3. P. 423-437. doi: 10.1007/s00374-015-1073-5
9. Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: a meta-analysis / W. Ding, X. Xu, P. He et al. // *Field Crops Research*. 2018. Vol. 227. P. 11-18. doi: 10.1016/j.fcr.2018.08.001
10. The economic efficiency of the use of nitrogen fertilizers and trace elements in the cultivation of winter wheat / S. A. Pyntnikov, L. A. Bulavin, A. P. Gvozдов, et al. // *Soil science and agrochemistry*. 2019. No. 1 (62). P. 228-234.

11. Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain / P. J. A. Withers, R. Sylvester-Bradley, D. L. Jones, et al. // *Environ Sci Technol.* 2014. No. 48. P. 6523–6530.
12. The effect of pre-sowing treatment of wheat seeds with trace elements on the growth and development of seedlings / Sh. G. Pilavov, A. K Pivovar, M. P. Baburchenkova, et al // *Scientific bulletin of the State educational institution of the Luhansk People's Republic «Lugansk National Agrarian University».* 2019. No. 6-2. P. 221-230.
13. Chernenkaya N. A. The effectiveness of the use of micronutrients in the production of winter wheat seeds Legumes and cereals. 2021. No. 1 (37). P. 112-119. doi: 10.24412/2309-348X-2021-1-112-119
14. Churzin V. N., Kubrakov E. V. Influence of basic tillage methods on photosynthetic parameters in winter wheat crops in connection with the use of Potassium Humate+7 and Ecosoc preparations-20. *Irrigated agriculture.* 2018. No. 4. P. 27-30.
15. Kuznetsov I. Y., Povarnitsyna A. V. Productivity of winter wheat at Presiding processing of seeds by the growth regulator // *Journal of Agriculture and Environment.* 2019. No. 4 (12). P. 1-5.
16. Varietal reactions of wheat plants to pre-sowing seed treatment with a biopreparation based on *Pseudomonas aureofaciens* / T. S. Kolmykova, A. S. Pronin, V. I. Kudryashova, et al. // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe.* 2016. Vol. 14. No. 1. P. 19-21.
17. The effect of seed treatment with growth biostimulators on the production process of winter wheat in the conditions of the central zone of Kalmykia / K. E. Khalgaeva, E. D. Novichenko, A. V Manjikova, et al. // *Modern scientific research and development.* 2018. Vol. 2. No. 11.No. (28). P.741-743.
18. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N. The effectiveness of fertilizers based on humic acids when cultivating peas in chernozem soils of the Kursk region // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2024;38(2):41-45. doi: 10.53859/02352451_2024_38_2_41.
19. Features of the influence of leaf feeding with liquid fertilizers on mineral nutrition, productivity and quality of winter wheat seeds / I. Kh. Vafin, R. I. Safin, R. V. Minikaev, et al. // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University.* 2023. Vol. 18, No. 2(70). P. 13-18. doi:10.12737/2073-0462-2023-13-18. EDN ASTZHD.