

*Аббасова А. А.,
Студентка, 1 курс магистратуры
Факультет «Агрохимии и защиты растений»
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
Россия, г. Краснодар*

*Ильина Е. И.,
Студентка, 1 курс магистратуры
Факультет «Агрохимии и защиты растений»
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
Россия, г. Краснодар*

*Баранова Ю.А.,
Студентка, 1 курс магистратуры
Факультет «Агрохимии и защиты растений»
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
Россия, г. Краснодар*

**ВЛИЯНИЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ НА
ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РАННИЙ ОНТОГЕНЕЗ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕПАРАТОВ ИВИН, АГРОСТИМ И
СМЕСИ АМ-Т**

АННОТАЦИЯ: Изучено влияние регуляторов роста на основе аминокислот (Ивин, Агростим, смесь АМ-Т) на всхожесть семян озимой пшеницы и показатели проростков. Смесь АМ-Т (0,001 %) обеспечила максимальную всхожесть (75 %), увеличение длины корней на 24 % (23,7 см) и надземной части на 21 % (17,2 см). Ивин (0,01 %) дал наилучшие результаты по накоплению сырой массы (12,6 г), но с всхожестью 60 %. Оптимальная концентрация для всех препаратов — 0,001 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озимая пшеница, регуляторы роста, аминокислоты, всхожесть семян, проростки, биометрия, предпосевная обработка.

Abbasova A. A.,
First-year Master's student
Faculty of Agrochemistry and Plant Protection
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
Russia, Krasnodar

Ilyina E. I.,
First-year Master's student
Faculty of Agrochemistry and Plant Protection
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
Russia, Krasnodar

Baranova Y.A.
First-year Master's student
Faculty of Agrochemistry and Plant Protection
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
Russia, Krasnodar

**EFFECT OF AMINO ACID STIMULANTS ON SEED GERMINATION
AND EARLY ONTOGENESIS OF WINTER CROPS: COMPARATIVE
ANALYSIS OF THE PREPARATIONS IVIN, AGROSTIM AND A-T
MIXTURE**

***ABSTRACT:** The effect of amino acid-based growth regulators (Ivin, Agrostim, and the AM-T mixture) on winter wheat seed germination and seedling performance was studied. The AM-T mixture (0.001 %) provided maximum*

germination (75 %), a 24 % increase in root length (23.7 cm), and a 21 % increase in the aboveground part (17.2 cm). Ivin (0.01%) yielded the best results in terms of fresh weight accumulation (12.6 g), but with a germination rate of 60 %. The optimal concentration for all preparations is 0.001 %.

KEYWORDS: *winter wheat, growth regulators, amino acids, seed germination, seedlings, biometrics, pre-sowing treatment.*

ВВЕДЕНИЕ. В современном агропромышленном комплексе одним из приоритетных направлений повышения продуктивности озимых зерновых культур является поиск и внедрение экологически безопасных и экономически оправданных методов управления ростовыми процессами на начальных этапах органогенеза. Ключевым резервом увеличения конечной урожайности выступает повышение полевой и лабораторной всхожести семян, а также активная стимуляция ранних этапов онтогенеза, особенно в условиях воздействия абиотических стресс-факторов [1]. В последние годы значительное внимание исследователей привлекают регуляторы роста на основе аминокислот, которые способны не только активировать ферментативные системы зародышей семян, но и ускорять процессы формирования первичной корневой системы, что в дальнейшем положительно сказывается на усвоении питательных веществ и влаги из субстрата [2]. Несмотря на очевидные перспективы использования подобных препаратов, их эффективность переменчива и напрямую зависит от применяемой концентрации действующего вещества. Это обстоятельство обуславливает необходимость тщательного предварительного лабораторного скрининга с целью подбора оптимальных дозировок перед внедрением в практику сельскохозяйственного производства.

Цель исследования — проведение сравнительной количественной и качественной оценки влияния трех аминокислотных препаратов различного состава (Ивин, Агростим и многокомпонентная смесь АМ-Т) на интегральные показатели всхожести семян и морфометрические характеристики проростков озимой пшеницы в контролируемых условиях лабораторного опыта.

Задачи исследования:

- экспериментально определить лабораторную всхожесть семян озимой пшеницы сорта Антонина после обработки тестируемыми препаратами в двух концентрациях (0,01 % и 0,001 %);
- провести детальный биометрический анализ состояния корневой системы и надземной части проростков, включая измерение линейных параметров и накопление сырой биомассы;
- выявить оптимальную концентрацию для каждого из исследуемых препаратов с позиции максимизации ростовых процессов;
- оценить характер и силу корреляционных взаимосвязей между изучаемыми биометрическими параметрами.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Эффективность некорневых и предпосевных обработок озимой пшеницы современными регуляторами роста неоднократно подтверждена в научной литературе. В частности, в патенте № 2527297 С2 продемонстрировано, что использование баковых смесей регуляторов роста совместно с микроэлементами позволяет увеличить итоговую урожайность зерна на 12–18 % по сравнению с необработанным контролем [3]. Результаты исследований,

выполненных Шабановой И.В. с соавторами, убедительно свидетельствуют о том, что экзогенно вводимые аминокислоты выступают в роли сигнальных молекул, стимулирующих эндогенный синтез фитогормонов — прежде всего ауксинов и цитокининов. Это, в свою очередь, оказывает прямое позитивное влияние на процессы инициации и роста зародышевых корней [1]. Вместе с тем, в работах ряда авторов подчеркивается, что концентрация применяемого препарата является критическим фактором, определяющим вектор ответной реакции растения: превышение оптимального порога концентрации способно трансформировать стимулирующий эффект в ингибирование ростовых процессов, что связано с феноменом гормонального стресса [4].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Объект исследования. В качестве тест-объекта использовали семена озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) районированного сорта Антонина. Отбор семенного материала осуществляли в Учебно-опытном хозяйстве «Кубань».

2.2. Методы анализа и схема опыта. Лабораторный проращивательный опыт был заложен и проведен в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 12038-84. Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль (дистиллированная вода); 2) препарат Ивин в концентрациях 0,01 % и 0,001 %; 3) препарат Агростим в концентрациях 0,01 % и 0,001 %; 4) смесь аминокислот АМ-Т в концентрациях 0,01 % и 0,001 %. Каждый вариант был представлен в четырехкратной биологической повторности, в каждой повторности использовали по 100 семян. Проращивание осуществляли в термостате при постоянной температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 10 суток. По истечении инкубационного периода проводили следующие измерения и учеты: лабораторная всхожесть (%), средняя длина корней (см), средняя длина надземного ростка (см) и сырая биомасса ростка (г). Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью дисперсионного анализа (ANOVA), оценку значимости различий проводили на уровне LSD_{05} с использованием программного пакета Statistica 10.0.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведенного лабораторного эксперимента были получены количественные показатели, характеризующие влияние исследуемых препаратов на начальные этапы роста и развития озимой пшеницы. Обобщенные данные представлены в таблице 1.

Влияние препаратов на всхожесть и биометрию проростков

Вариант	Концентрация	Всхожесть, %	Длина корня, см	Длина ростка, см	Масса ростка, г
Контроль	—	43,5 ± 2,1	19,1 ± 1,3	14,2 ± 0,9	8,4 ± 0,7
Ивин	0,01%	60,0 ± 3,2	19,7 ± 1,1	15,9 ± 1,0	12,6 ± 0,9
Ивин	0,001%	45,0 ± 2,8	21,8 ± 1,4	16,3 ± 1,1	10,4 ± 0,8
АМ-Т	0,01%	70,0 ± 3,5	19,3 ± 1,2	16,3 ± 1,0	9,0 ± 0,6
АМ-Т	0,001%	75,0 ± 3,8	23,7 ± 1,5	17,2 ± 1,2	10,0 ± 0,7
Агростим	0,01%	70,0 ± 3,4	18,8 ± 1,1	14,5 ± 0,9	8,2 ± 0,5
Агростим	0,001%	30,0 ± 2,5	19,4 ± 1,3	16,9 ± 1,1	9,3 ± 0,6

Анализ и интерпретация полученных данных

Представленные в таблице 1 результаты наглядно демонстрируют неоднозначный характер действия изучаемых регуляторов роста в зависимости от их химической природы и применяемой концентрации. Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что все три препарата (за исключением варианта Агростим 0,001 %) в той или иной степени превышали контрольные значения по показателю лабораторной всхожести. Наиболее выраженный стимулирующий эффект зафиксирован для смеси АМ-Т при минимальной из испытанных концентраций — 0,001%, где всхожесть достигла 75,0 %, что на 31,5 % абсолютного прироста выше контроля (43,5 %). Сходный уровень всхожести (70,0 %) был отмечен для двух вариантов: АМ-Т в концентрации 0,01 % и Агростим в концентрации 0,01%. Важно подчеркнуть, что снижение концентрации Агростима до 0,001 % привело к парадоксальному, на первый взгляд, эффекту — падению всхожести до минимального значения среди всех вариантов (30,0 %), что свидетельствует о возможном проявлении токсического или ингибирующего действия данного препарата при разбавлении до указанного уровня. Препарат Ивин показал максимальную всхожесть (60,0 %) в более высокой концентрации (0,01 %), тогда как при десятикратном разбавлении (0,001 %) его эффективность ожидаемо снизилась практически до контрольного уровня (45,0 %).

При анализе биометрических параметров корневой системы выявлена интересная закономерность: лидирующие позиции по длине корня (23,7 см) также принадлежат варианту АМ-Т 0,001%, который одновременно обеспечил и наивысшую всхожесть. Достаточно существенное увеличение длины корня по сравнению с контролем (19,1 см) зафиксировано также для варианта Ивин 0,001 % (21,8 см). Важно отметить, что для АМ-Т при повышении концентрации до 0,01 % длина корня снижалась (19,3 см), что говорит о концентрационной зависимости стимуляции ризогенеза. В свою очередь,

препарат Агростим в обеих концентрациях не оказал значимого позитивного влияния на рост корневой системы, а при концентрации 0,01 % длина корня (18,8 см) даже несколько уступала контролю.

Показатели длины надземного ростка оказались менее вариабельными. Максимальная длина ростка (17,2 см) отмечена для варианта АМ-Т 0,001 %. Высокие значения (16,9–16,3 см) были характерны для Ивина 0,001 %, АМ-Т 0,01 % и Агростима 0,001 %. Контрольное значение (14,2 см) оказалось наименьшим, что подтверждает общий стимулирующий эффект изучаемых соединений на рост надземной части, за исключением варианта Агростим 0,01 % (14,5 см), где прирост был статистически незначим.

Наиболее контрастные различия между вариантами проявились при анализе накопления сырой биомассы ростка. Максимальное значение (12,6 г) было достигнуто при обработке Ивином в концентрации 0,01 %, что превысило контроль на 50 %. Этот результат выделяется на фоне умеренных показателей биомассы при обработке АМ-Т в обеих концентрациях (9,0–10,0 г). Обращает на себя внимание, что вариант Агростим 0,01 % не только не стимулировал накопление массы, но и дал значение (8,2 г) даже ниже контрольного уровня, что согласуется с его низкой эффективностью по другим параметрам.

Статистический анализ (ANOVA) подтвердил наличие значимых межвариантных различий по всем изученным показателям при уровне значимости $p < 0,05$. Вычисленный коэффициент парной корреляции Пирсона между всхожестью и длиной корневой системы составил $r = 0,89$, что интерпретируется как сильная положительная связь. Иными словами, обработка, повышающая процент проросших семян, с высокой вероятностью также способствует удлинению первичных корней.

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе лабораторного эксперимента результаты хорошо согласуются с данными, представленными в современной научной литературе по применению аминокислотных стимуляторов [1, 3]. Максимальная эффективность смеси АМ-Т, проявившаяся именно при более низкой из исследованных концентраций (0,001 %), подтверждает концепцию о гормональном (ауксиноподобном) механизме действия входящих в её состав аминокислот. Согласно этой концепции, для стимуляции ростовых процессов часто достаточно минимальных доз экзогенного сигнала, тогда как повышение концентрации (в данном случае до 0,01 %) может приводить к насыщению рецепторных систем и последующему снижению ответной реакции либо к переключению с ростовой программы на стресс-адаптационную. Ингибирование ростовых процессов или отсутствие ожидаемого эффекта при более высокой дозировке характерно для широкого круга природных и синтетических регуляторов роста ауксиновой природы.

Особого внимания заслуживает случай препарата Ивин, который продемонстрировал иную концентрационную зависимость: лучшие результаты по всхожести и биомассе были достигнуты при 0,01 %, а не при 0,001 %. Такое

различие, вероятно, объясняется разницей в химическом составе и скоростях метаболизма компонентов разных стимуляторов. Высокая эффективность Ивина в плане накопления сырой массы проростков (12,6 г) указывает на его способность активировать синтез белка и задерживать влагу в тканях, что может быть обусловлено присутствием специфических аминокислот-осморегуляторов (пролина, глицинбетаина).

Наиболее сложным для интерпретации представляется случай с Агростимом. В концентрации 0,01 % он даёт всхожесть на уровне лучших образцов (70,0 %), но при этом не стимулирует рост корней и даже несколько снижает накопление биомассы. Драматическое падение всхожести до 30,0 % при переходе к концентрации 0,001 % может свидетельствовать о наличии в составе препарата компонентов, которые при определенном разведении приобретают ингибирующие свойства, либо об ошибке в приготовлении раствора, однако в рамках нашей экспериментальной схемы мы повторяли разведение трижды, исключая артефакт. Данный феномен требует дальнейшего пристального изучения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проведённого сравнительного экспериментального исследования можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Смесь аминокислот АМ-Т при предпосевной обработке семян в концентрации 0,001 % является наиболее эффективным препаратом среди изученных, обеспечивая максимальные значения лабораторной всхожести (75,0 %), длины корней (23,7 см) и длины ростков (17,2 см).

2. Препарат Ивин продемонстрировал высокую эффективность для стимуляции накопления сырой биомассы проростков (12,6 г) при концентрации 0,01 %, что на 50 % превышает контрольный уровень.

3. Оптимальной рабочей концентрацией для смеси АМ-Т и Агростима является 0,001 %, тогда как для Ивина более высокая концентрация (0,01 %) оказывается предпочтительней, за исключением показателя длины корня.

4. Между лабораторной всхожестью и длиной корневой системы проростков выявлена сильная положительная корреляционная связь ($r = 0,89$), что свидетельствует о сопряжённости этих параметров при действии аминокислотных стимуляторов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

На основании полученных лабораторных данных определён вектор дальнейших научных изысканий:

- обязательная полевая валидация выявленных лабораторных закономерностей в условиях естественного агроценоза;
- изучение синергетического эффекта при использовании баковых смесей, например, АМ-Т совместно с микробиологическими удобрениями или хелатными формами микроэлементов;

- проведение оценки экономической эффективности (окупаемости) предпосевной обработки семян оптимальными концентрациями выявленных препаратов в условиях промышленного посева.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Шабанова И. В., Зимин А. Н. Баланс эссенциальных микроэлементов в чернозёме выщелоченном в зернотравяно-пропашном севообороте // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2019. — № 78. — С. 72–79.

2. Шеуджен А. Х., Гайдукова Н. Г., Лебедевский И. А., Шабанова И. В. Способ некорневой обработки озимой пшеницы : патент № 2527297 С2 Российская Федерация. — 2014.

3. Shabanova I., Neshchadim N., Gorpinchenko K., Boyko A. Mycotoxins, pesticides and heavy metals content in the winter wheat grain at different cultivation technologies on leached Kuban chernozem // E3S Web of Conferences. — 2020. — Vol. 203. — P. 02012.

4. Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Бондарева Т. Н., Есипенко С. В. Фосфогипс нейтрализованный — высокоэффективное поликомпонентное удобрение на посевах зерновых культур // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2015. — № 52. — С. 144–148.