

Научная статья

УДК 631.8 : 631.812 : 633.11

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-19-28

## СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА НАЧАЛЬНЫЕ РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Наталья Павловна Бакаева<sup>1✉</sup>, Ольга Леонидовна Салтыкова<sup>2</sup>, Серафим Романович Раков<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

<sup>1</sup>bakaevanp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

<sup>2</sup>saltykova\_o\_l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

<sup>3</sup>rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

**Резюме.** Представлены результаты определения величин энергии прорастания, всхожести, линейного роста, массы частей, содержания сахаров в растениях яровой пшеницы в фенологической фазе третьего листа. На энергию прорастания семян яровой пшеницы по сравнению с вариантом без удобрений, оказали положительное влияние все применяемые препараты – на 4,2% минеральные удобрения и гумат калия, на 5,6% альбит, наибольшее влияние было оказано применением аминоката – на 8,3%. Всхожесть семян яровой пшеницы во всех вариантах опыта была высокой и достигала максимального значения – 100%. Индексы эффективности (Iэфф ℓ) и (Iэфф т) применения удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на линейный рост растений яровой пшеницы является безразмерной величиной, различия по вариантам относительно варианта без удобрений составили более 7...15% для минеральных удобрений, 13...18% для альбита и гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката на 20...26%. Различия относительно варианта наименьшего значения концентраций данного удобрения, составили 10...12% для альбита, 6...9% для гумата калия, наибольшая эффективность была определена для аминоката – 20...33%, соответственно. Установлено низкое варьирование признаков энергии прорастания, всхожести зерна, линейного роста, массы растения и содержания сахаров, коэффициенты вариации равны от 4% до 9%. Среднее варьирование признаков установлено для показателей высота растения и масса растения, коэффициенты равны от 11% до 14%. Линейная регрессия по индексам эффективности линейного роста (Iэфф ℓ) и массы растений (Iэфф т) к переменной энергии прорастания (%) возрастает и является положительной величиной. Коэффициент детерминации R<sup>2</sup> (квадрат коэффициента корреляции) близок к единице.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, минеральные удобрения, биологически активные вещества, гумат калия, всходы, фаза трех настоящих листьев

**Для цитирования:** Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Раков С. Р. Стимулирующее действие биологически активных веществ на начальные ростовые процессы яровой пшеницы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3. С. 19-28. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-19-28

Original article

## STIMULATING EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES ON INITIAL GROWTH PROCESSES OF SPRING WHEAT

Natalia P. Bakaeva<sup>1✉</sup>, Olga L. Saltykova<sup>2</sup>, Serafim R. Rakov<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

<sup>1</sup>bakaevanp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4784-2072>

<sup>2</sup>saltykova\_o\_l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

<sup>3</sup>rakovserafim05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7856-3688>

**Abstracts.** The results of determining the values of germination energy, germination, linear growth, weight of parts, sugar content in spring wheat plants in the phenological phase of the third leaf are presented. Compared with the option without fertilizers, all the preparations used had a positive effect on the germination energy of spring wheat seeds – by 4.2 % mineral fertilizers and potassium humate, by 5.6% albite, the greatest effect was exerted by the use of aminocate – by 8.3 %. The germination of spring wheat seeds in all variants of the experiment was high and reached

a maximum value of 100%. The efficiency indices ( $leff\ \ell$ ) and ( $leff\ m$ ) of the use of fertilizers, biologically active substances and potassium humate for linear growth of spring wheat plants is a dimensionless value, differences in options relative to the option without fertilizers amounted to more than 7...15% for mineral fertilizers, 13...18% for albite and potassium humate, the highest efficiency was It is determined in the variant from the introduction of aminocate by 20 ... 26%. The differences regarding the variant of the lowest concentration of this fertilizer amounted to 10...12% for albite, 6...9% for potassium humate, the highest efficiency was determined for aminocate – 20...33%, respectively. A low variation in signs of germination energy, grain germination, linear growth, plant weight and sugar content was found, the coefficients of variation are from 4% to 9%. The average variation of the signs is established for the indicators plant height and plant weight, the coefficients are from 11% to 14%. The linear regression of the indices of linear growth efficiency ( $leff\ \ell$ ) and plant mass ( $leff\ m$ ) to the variable germination energy (%) increases and is a positive value. The coefficient of determination  $R^2$  (the square of the correlation coefficient) is close to one.

**Key words:** spring wheat, mineral fertilizers, biologically active substances, potassium humate, seedlings, phase of three true leaves

**For citation:** Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. & Rakov, S. R. (2024). Stimulating effect of biologically active substances on the initial growth processes of spring wheat. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 19-28. (in Russ.). doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-19-28

**Введение.** Проблема продовольственной безопасности России может быть решена только при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия, с применением разных видов удобрений [1-3]. Для выполнения условий бездефицитного баланса питательных элементов в почве при использовании интенсивных технологий земледелия возрастает потребность в биологически-активных веществах, способствующих оптимизации процесса поглощения растением питательных веществ из почвы [3-5]. В этих условиях актуальность приобретают сравнительные исследования по применению минеральных удобрений, биологически-активных веществ и гуминовых препаратов [6]. Исследования, проводимые ранее на семенном материале, выявили положительное действие биопрепаратов на всхожесть, жизнеспособность и некоторые ростовые процессы проростков [7,8]. Поэтому, важно расширить изучение для выяснения эффективности минеральных удобрений и стимулирующего действия биологически активных веществ, а также гуминового препарата на начальные ростовые процессы яровой пшеницы, включающие линейный рост (см), массовые показатели (г) и содержание сахаров в фазе третьего листа растений, которые в конечном счете реализуются в продукционном процессе сельскохозяйственных культур [9,10].

**Цель исследования** – выяснить эффективность минерального удобрения и определить стимулирующее действие биологически активных веществ и гумата калия на начальный рост и развитие растений яровой пшеницы, такие как: линейный рост, массовые показатели и содержание сахаров в фазе третьего листа растений.

**Материал и методы исследований.** Опыт был заложен в питомнике Самарского ГАУ, в условиях, максимально приближенных к естественным, под прозрачным навесом, в ящиках. Вегетационные ящики представляли собой емкости объемом 12 литров и поверхностью почвы размером 70×60 см. Почва перед закладкой была предварительно очищена от сорной растительности, в нее добавлен торф и песок в соотношении 1:1:1. Почва в опыте характеризовалась, как слабокислая  $pH_{KCl} - 5,7$ ед., с массовой долей органического вещества 4,1%. Влажность почвы обеспечивалась на уровне 60 %. Посев производился вручную на глубину 2,5 см в увлажненную и продезинфицированную почву, в каждом варианте было высеяно по 100 семян яровой пшеницы сорта Кинельская 59. Повторность трехкратная. Уход за посевами и дальнейшими ростовыми процессами состоял из полива и рыхления. Варианты соответствовали вносимым препаратам – без удобрений, минеральное полное удобрение N10P10K10 д.в., а также аминокат, альбит и гумат калия в трех различных концентрациях.

Сорт яровой пшеницы Кинельская 59 был выведен путем сложной ступенчатой гибридизации в Поволжском НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова. Сорт относится к среднеспелым. Включен в Государственный реестр по Средневолжскому региону. Относится к разновидности

эритроспермум. Представляет собой полураскидистый куст, средней высоты 85-105 см. Колос у растения цилиндрический, рыхлый состоит из 12-14 колосков на 10 см длины. Зерно крупное, удлинённое, темно-красное, с неглубокой бороздкой. Вегетационный период в 76-85 суток. Высокая засухоустойчивость и жаростойкость. Урожайность стабильна по годам, равна 18-20 ц/га. В Самарской области максимальная урожайность сорта составила 45 ц/га, она была получена в 2007 году без внесения удобрений [11].

Посевные качества семян яровой пшеницы сорта Кинельская 59 характеризовались следующими показателями: масса тысячи зерен равнялась 43,5 г, натура зерна – 820 г/л, стекловидность – 68%, лабораторная всхожесть равна 99%. Посевные качества семян является основными показателями качества семенного материала, их значения были достаточно высокими [12].

Аминокат 10 является жидким органоминеральным удобрением на основе экстракта морских водорослей с добавлением макро и микроэлементов. Он включает в себя аминокислоты, биогенные элементы и органические вещества растительного происхождения. Также аминокат является антистрессантом, т.е. стимулирует растения к развитию и быстрому увеличению сопротивляемости неблагоприятным условиям. Аминокислоты в составе препарата служат главным образом для синтеза белков [13].

Альбит – комплексный препарат с высокой эффективностью. Его фунгицидные свойства обеспечивают увеличение урожая и повышают качественные свойства зерна. По характеру действия относится к регуляторам роста. Действующими веществами препарата являются карбамид (181,5 г/кг) + калий азотнокислый (91,2 г/кг) + калий фосфорнокислый (91,1 г/кг) + магний сернокислый (29,8 г/кг) + поли-бета-гидроксимасляная кислота (6,2 г/кг). Малоопасен для пчёл и человека [5].

Так же применяли гумат калия в жидком виде. Гумат калия – это легкорастворимая соль гуминовой кислоты. Гуминовые кислоты способствуют быстрому росту растительного организма, активно стимулируют рост и развитие корневой системы, соли гуминовых кислот повышают устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды. Содержание гуминовые кислоты – 25 г/л; легкодоступные для растений: азот 50 г/л, фосфор 30 г/л, калий 60 г/л, кальций – 20 г/л, кремний – 10 г/л [14]. В состав удобрения так же входят следующие микроэлементы: железо, магний, медь, молибден, марганец, цинк, бор, натрий, кобальт, сера, регуляторы роста растений (ауксин и гиббереллин). Использование гумата калия возможно для предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки и внесения в почву. Под влиянием гуматов происходит формирование более мощной корневой системы; усиление полевой всхожести и прорастания семян, морозо- и засухоустойчивости [15]. Сокращаются сроки наступления физиологических фаз развития растений [16].

Биологически активные вещества аминокат, альбит и гумат калия применяли в трех возрастающих концентрациях I, II и III. Концентрации были рассчитаны на основании агрохимического состава почвы и удобрений, а также учтены результаты прежних исследований [17,18], методические рекомендации производителей [19, 20].

При посеве семян, почва поливалась растворами удобрений, тщательно распределялась по всей площади ящиков. За период вегетации растений в опыте проводились наблюдения за действием применяемых удобрений по фазам развития яровой пшеницы: всходы, 1-й, 2-й и 3-й настоящий лист.

Основные качества, определяющие пригодность семян к посеву – это энергия прорастания и всхожесть [13]. Под энергией прорастания понимается количество нормально проросших семян в течение установленного короткого срока, выраженное в процентах. Энергия прорастания характеризует дружность всходов семян. Чем выше энергия прорастания, тем дружнее будут всходы и тем самым больше урожай.

Определение энергии прорастания и всхожести проводилось в трехкратной повторности по 100 семян в каждой, условия проращивания – температура и освещенность использовались те, которые применялись в теплице. Подсчет семян для определения энергии прорастания и всхожести производился в установленные сроки. Способными к нормальному прорастанию считаются семена пшеницы, давшие нормально развитые всходы, состоящие из корешков и ростков [19].

Под всхожестью понимается количество семян, давших нормально развитые проростки при оптимальных условиях за установленный срок, выраженное в процентах от количества чистых семян,

взятых для определения всхожести. Всхожесть – один из главных показателей, характеризующих посевные качества семян [14]. Только обладающие высокой всхожестью семена могут принести высокий урожай.

Содержание суммы сахаров в растительных образцах определяли по ГОСТ 26176-91 «Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов». Индекс эффективности устанавливали математически по каждому показателю путем суммирования всех его значений и приведения к общему знаменателю –100 [20]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову [16], корреляционного и регрессионного анализов с использованием программы Statistica -1/

**Результаты исследований.** Значения энергии прорастания, представленные в таблице 1, определялась на четвертый день после посева семян. В варианте без удобрений энергия прорастания была равна 72%. Все другие варианты превосходили этот показатель. Внесение минеральных удобрений и гумата калия повысило энергию прорастания на 4,2%, альбита на 5,6%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 8,3%.

Так, на энергию прорастания семян яровой пшеницы оказали положительное влияние все применяемые препараты – на 4,2...5,6% минеральные удобрения, гумат калия и альбит, наибольшее влияние было оказано применением аминоката – на 8,3%.

Всхожесть семян определялась на седьмой день от посева. Она оказалась приблизительно одинаковой для всех вариантов, 96% в вариантах без удобрений и с применением гумата калия, 97% для альбита, самая высокая всхожесть оказалась в варианте с применением аминоката и минеральных удобрений – 98%. Данный показатель имел хорошие значения, но надо отметить, что в варианте с аминокатом при применении концентрации I и с альбитом при концентрации II всхожесть была равна 100%.

Так, всхожесть семян яровой пшеницы во всех вариантах опыта оказалась приблизительно одинаковой от 96 до 98%. Данный показатель имел хорошие значения, но надо отметить, что в варианте с аминокатом при применении концентрации I и с альбитом при концентрации II всхожесть семян имела максимальное значение – 100%.

Результаты определения изучаемых величин энергии прорастания, всхожести, линейного роста частей растений яровой пшеницы в фазе третьего листа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние минерального удобрения, биологически активных веществ и гумата калия на начальные ростовые процессы яровой пшеницы, линейный рост растений и их частей в фазе трех настоящих листьев

| Вариант обработки           |     | Всходы                            |                         | Линейный рост (см) растения в фазе третьего листа, в среднем для 15 растений |            |       |                               |
|-----------------------------|-----|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-------------------------------|
|                             |     | энергия прорастания (%), 4-й день | всхожесть (%), 7-й день | зеленая часть                                                                | колеоптиль | корни | индекс эффективности (Iэфф ℓ) |
|                             |     |                                   |                         |                                                                              |            |       |                               |
| Без удобрений               |     | 72                                | 96                      | 13,7                                                                         | 2,7        | 5,7   | 0,388                         |
| Минеральные удобрения       |     | 75                                | 98                      | 14,3                                                                         | 3,4        | 6,5   | 0,416                         |
| Аминокат                    | I   | 80                                | 100                     | 26,1                                                                         | 3,8        | 7,5   | 0,522                         |
|                             | II  | 77                                | 98                      | 23,2                                                                         | 3,2        | 6,8   | 0,464                         |
|                             | III | 76                                | 96                      | 20,7                                                                         | 4,1        | 6,3   | 0,414                         |
| Среднее по аминокату        |     | 78                                | 98                      | 16,5                                                                         | 3,7        | 6,9   | 0,466                         |
| Альбит                      | I   | 72                                | 96                      | 21,4                                                                         | 3,5        | 5,8   | 0,428                         |
|                             | II  | 80                                | 100                     | 23,3                                                                         | 3,7        | 6,8   | 0,466                         |
|                             | III | 76                                | 96                      | 21,0                                                                         | 3,5        | 6,6   | 0,420                         |
| Среднее по альбиту          |     | 76                                | 97                      | 15,5                                                                         | 3,5        | 6,5   | 0,438                         |
| Гумат калия                 | I   | 74                                | 97                      | 22,7                                                                         | 3,7        | 6,8   | 0,454                         |
|                             | II  | 76                                | 96                      | 21,8                                                                         | 3,4        | 6,7   | 0,436                         |
|                             | III | 75                                | 96                      | 21,4                                                                         | 3,2        | 6,6   | 0,428                         |
| Среднее по гумату калия     |     | 75                                | 96                      | 15,3                                                                         | 3,5        | 6,7   | 0,440                         |
| Коэффициент вариации, CV, % |     | 8,3                               | 9,0                     | 4,2                                                                          | 12,6       | 6,1   | –                             |
| НСР 05                      |     | 0.8                               | 1.4                     | 1.1                                                                          | 2.1        | 1.8   | –                             |

Высота растения в варианте без удобрений была равна 19,4 см. Все другие варианты превосходили этот показатель. Внесение минеральных удобрений увеличило высоту растения на 7,2%, альбита и гумата калия на 13,4%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 20,1%.

Линейный рост зеленой части растения в варианте без удобрений был равен 13,7 см. Внесение минеральных удобрений увеличивало высоту зеленой части на 4,3%, альбита и гумата калия на 13%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 20,4%.

Часть растения, которая находится в почве, имела цвет от белого до бледно-зеленого, размеры в варианте без удобрений равнялась 2,7 см. Минеральные удобрения оказали положительное действие – увеличение составило на 26%, альбит и гумат калия – в равной степени на 30%, аминокат повысил величину данного показателя на 37%.

Длина корней в варианте без удобрений была равна 5,7 см. Внесение минеральных удобрений и альбита увеличило длину корней на 14%, гумата калия на 17,5%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 21%.

Так, линейный рост растения, зеленой части и длины корней яровой пшеницы в фазе развития растений трех листьев по всем вариантам опыта превосходил вариант без удобрений и в зависимости от применяемых удобрений имел повышенные показатели – при минеральных удобрениях на 4,3...7,2%, при альбите и гумате калия на 13,0...17,5% и при аминокате до 21%.

Индекс эффективности (Іэфф  $\ell$ ) применения удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на линейный рост растений яровой пшеницы является безразмерной величиной [5], различия по вариантам относительно варианта без удобрений составили более 7% для минеральных удобрений, 12,9...13,4% для альбита и гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката – на 20,1%.

В таблице 2 представлены результаты изучения влияния минеральных удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на массовые показатели частей растения, а также содержание сахаров.

Таблица 2

Влияние минерального удобрения, биологически активных веществ и гумата калия на массу растения, их частей в фазе трех настоящих листьев и содержание сахаров

| Вариант обработки           |     | Фаза третьего листа, в среднем для 15 растений |             |             |                                     |             |                         |
|-----------------------------|-----|------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|
|                             |     | масса, г                                       |             |             |                                     | сахара, %   |                         |
|                             |     | зеленая часть                                  | коле-оптиль | корни       | индекс эффективности (Іэфф $\ell$ ) | содержание  | отклонение от контроля, |
| Без удобрений               |     | 0,13                                           | 0,091       | 0,41        | 0,0108                              | 20,3±1,1    | –                       |
| Минеральные удобрения       |     | 0,16                                           | 0,103       | 0,46        | 0,0124                              | 21,1±1,1    | +0,8                    |
| Аминокат                    | I   | 0,18                                           | 0,109       | 0,54        | 0,0144                              | 23,4±1,5    | +3,1                    |
|                             | II  | 0,17                                           | 0,108       | 0,49        | 0,0132                              | 22,4±1,8    | +2,1                    |
|                             | III | 0,16                                           | 0,106       | 0,49        | 0,0130                              | 22,8±1,5    | +2,5                    |
| Среднее по аминокату 10     |     | <b>0,17</b>                                    | <b>0,13</b> | <b>0,51</b> | <b>0,0136</b>                       | <b>22,8</b> | <b>+2,3</b>             |
| Альбит                      | I   | 0,14                                           | 0,106       | 0,45        | 0,0118                              | 21,2±1,3    | +0,9                    |
|                             | II  | 0,17                                           | 0,107       | 0,49        | 0,0132                              | 22,4±1,5    | +2,1                    |
|                             | III | 0,16                                           | 0,105       | 0,46        | 0,0124                              | 21,6±1,3    | +1,3                    |
| Среднее по альбиту          |     | <b>0,16</b>                                    | <b>0,12</b> | <b>0,47</b> | <b>0,0124</b>                       | <b>21,7</b> | <b>+1,4</b>             |
| Гумат калия                 | I   | 0,17                                           | 0,107       | 0,50        | 0,0134                              | 22,4±1,7    | +2,1                    |
|                             | II  | 0,16                                           | 0,107       | 0,47        | 0,0126                              | 21,8±1,5    | +1,5                    |
|                             | III | 0,14                                           | 0,106       | 0,45        | 0,0122                              | 21,5±1,3    | +1,2                    |
| Среднее по гумату калия     |     | <b>0,16</b>                                    | <b>0,12</b> | <b>0,47</b> | <b>0,0128</b>                       | <b>21,9</b> | <b>+1,6</b>             |
| Коэффициент вариации, CV, % |     | 4,8                                            | 11,3        | 6,1         | –                                   | 8,4         | –                       |
| НСР <sub>05</sub>           |     | 1,1                                            | 1,5         | 1,3         | –                                   | –           | –                       |

хср ± Sx – среднее квадратичное отклонение

Масса растения, в варианте без удобрений была равна 0,54 г. Внесение минеральных удобрений и альбита увеличивало массу растения на 14,8%, гумата калия – на 18,5%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 25,9%. Масса зеленой части растения в варианте без удобрений была равна 0,13 г. Внесение минеральных удобрений, альбита и гумата калия увеличило массу зеленой части растения на 23%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 30,7%.

Масса coleoptильной части растения, в варианте без удобрений была равна 0,09 г. Минеральные удобрения оказали положительное действие – увеличение составило до 13%, альбит, гумат калия и аминокат повысили величину данного показателя на 16%, 17% и 19%, соответственно.

Масса корней в варианте без удобрений была равна 0,41 г. Внесение минеральных удобрений увеличило массу корней на 12,2%, альбита и гумата калия на 14,6%, наибольшее действие оказало внесение аминоката – на 24,4%.

Так, масса растения, зеленой части и корней яровой пшеницы в фенологической фазе развития трех настоящих листьев по всем вариантам опыта превосходила вариант без удобрений и в зависимости от применяемых удобрений имела повышенные показатели – при минеральных удобрениях на 14,8...23,0...12,2%, при альбите на 14,8...23,0...14,8%, гумате калия на 18,5...23,0...14,6% и при аминокате на 25,9...30,7...24,4%, соответственно.

Индекс эффективности (Іэфф т) применения удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на массу растения яровой пшеницы различался по вариантам, относительно варианта без удобрений повышение составило до 14,8% для минеральных удобрений и альбита, 18,5% для гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката – 26%.

Накопление сахаров является необходимым явлением для обеспечения энергетических процессов, протекающих в растениях, и которые помогают преодолеть неблагоприятные факторы условий их выращивания [7]. В варианте без удобрений растениями было накоплено 20,3% сахаров. Минеральные удобрения повысили содержание сахаров на 4%, альбит и гумат калия также повысили на 7%-8%. Наибольшее содержание сахаров, по сравнению с контролем, оказалось в растениях при применении аминоката на 12,3%.

Для коэффициентов вариации, вычисленных по результатам изучения стимулирующего действия биологически активных веществ на начальные ростовые процессы яровой пшеницы установлено низкое варьирование энергии прорастания, всхожести зерна, линейного роста частей растений, массы частей растений и содержания сахаров, значения коэффициентов вариации равны от 4,2 % до 9,0%. Среднее варьирование признаков установлено по таким показателям как высота растений  $V = 13,6 \%$ , линейный рост coleoptилей  $V = 12,6 \%$ , масса растений  $V = 11,4 \%$  и масса coleoptилей  $V = 11,3 \%$ .

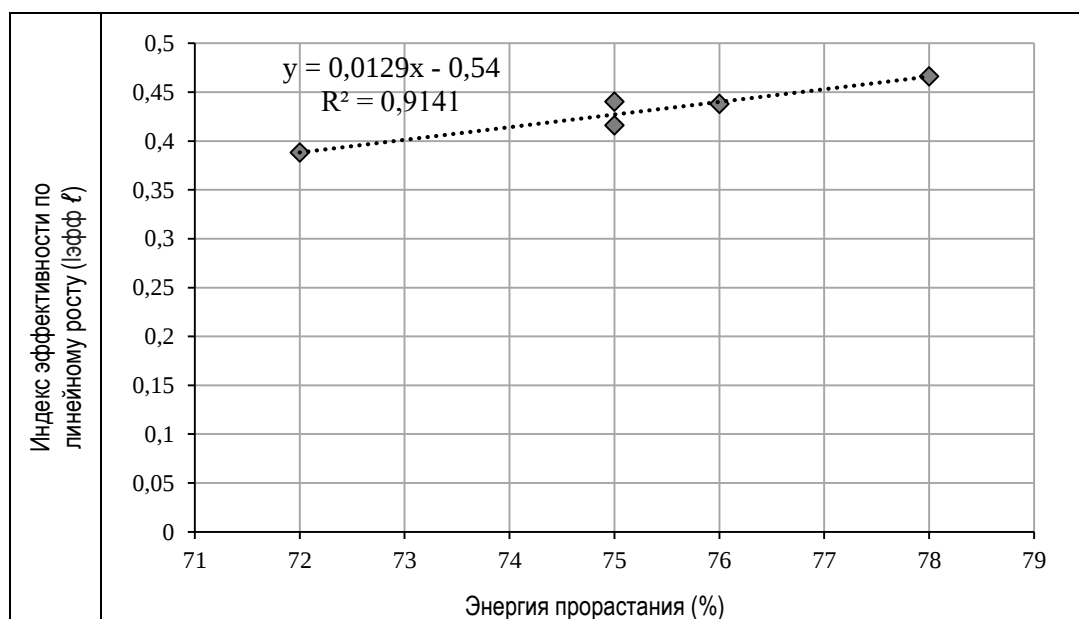


Рис. 1. Линейная регрессия, в качестве зависимой переменной – индекс эффективности по линейному росту (Іэфф л), объясняющей переменной – энергия прорастания (%)

Различия по вариантам относительно варианта наименьшего значения концентраций данного удобрения по индексу эффективности применения различных концентраций биологически активных веществ и гумата калия на линейный рост и массу растений в фазе трех настоящих листьев яровой пшеницы, составили 9,9...11,9% для альбита, 5,7...9,0% для гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката – 20,7...33,3%, соответственно.

При анализе полученных величин изученных показателей был проведен регрессионный анализ переменных. Наиболее показательные графики представлены на рисунках 1 и 2.

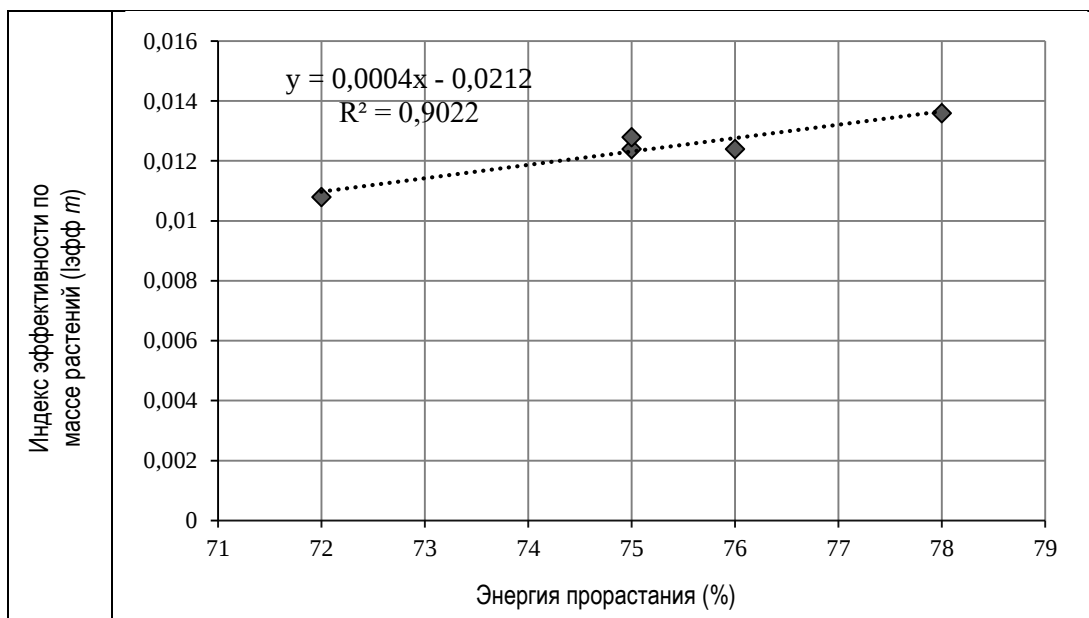


Рис. 2. Линейная регрессия, в качестве зависимой переменной – индекс эффективности по массе растений (Іэфф т), объясняющей переменной – энергия прорастания (%)

Линейная регрессия, это вид регрессионного анализа, когда находят линейную функцию, которая, согласно определенным математическим критериям, наиболее соответствует экспериментальным данным [5, 6]. Из графика видно, что функция возрастает и является положительной величиной. Коэффициент детерминации  $R^2$  (квадрат коэффициента корреляции) является основным показателем, отражающим меру качества регрессионной модели, описывающей связь между зависимой и независимой (объясняющей) переменной модели [4,8]. В нашем случае на графиках 1 и 2 коэффициент детерминации  $R^2$  близок к единице.

**Заключение.** На энергию прорастания семян яровой пшеницы по сравнению с контролем, оказали положительное влияние все применяемые препараты – на 4,2...5,6% минеральные удобрения, гумат калия и альбит, наибольшее влияние было оказано применением аминоката – на 8,3%. Всхожесть семян яровой пшеницы во всех вариантах опыта оказалась приблизительно одинаковой от 96 до 98%, а в варианте с аминокатом при применении концентрации I и с альбитом при концентрации II всхожесть семян имела максимальное значение – 100%.

Линейный рост растения, зеленой части и длины корней яровой пшеницы в фенологической фазе трех листьев по всем вариантам опыта превосходил вариант без удобрений и в зависимости от применяемых удобрений имел повышенные показатели – при минеральных удобрениях на 4,3...7,2%, при альбите и гумате калия на 13,0...17,5% и при аминокате до 21%. Различия по вариантам относительно варианта без удобрений индекса эффективности (Іэфф т) применения удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на линейный рост растений яровой пшеницы составили более 7% для минеральных удобрений, 12,9...13,4% для альбита и гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката на 20,1%.

Масса растения, зеленой части и корней яровой пшеницы по всем вариантам опыта превосходила вариант без удобрений и в зависимости от применяемых удобрений имела повышенные показатели – при минеральных удобрениях на 14,8...23,0...12,2%, при альбите на 14,8...23,0...14,8%,

гумате калия на 18,5...23,0...14,6% и при аминокате на 25,9...30,7...24,4%, соответственно. Индекс эффективности (*Иэфф т*) применения удобрений, биологически активных веществ и гумата калия на массу растения яровой пшеницы, различия по вариантам относительно варианта без удобрений составили более 14,8% для минеральных удобрений и альбита, 18,5% для гумата калия, наибольшая эффективность была определена в варианте от внесения аминоката – 26%.

В варианте без удобрений растениями было накоплено 20,3% сахаров. Минеральные удобрения повысили содержание сахаров на 4%, альбит и гумат калия также повысили на 7%-8%. Наибольшее содержание сахаров, по сравнению с контролем, оказалось в растениях при применении аминоката, увеличение произошло на 12,3%.

При расчёте коэффициентов вариации по изучению стимулирующего действия биологически активных веществ на начальные ростовые процессы яровой пшеницы установлено низкое варьирование показателей – энергии прорастания, всхожести зерна, линейного роста частей растений, массы частей растений и содержания сахаров, коэффициенты вариации равны от 4,2% до 9,0%. Среднее варьирование признаков установлено по таким показателям как высота растений, линейный рост coleoptилей, масса растений и масса coleoptилей, коэффициент вариации составил от 11,3% до 13,6%.

Линейная функция, определённая по математическим критериям регрессионного анализа и наиболее соответствующая экспериментальным данным, представленная на графиках, возрастает и является положительной величиной, коэффициент детерминации  $R^2$  близок к единице.

#### Список источников

1. Литвишкина, В. В., Морозова К. И. Влияние предпосевной обработки семян препаратом Альбит на проростки яровой пшеницы // Вклад молодых ученых в аграрную науку : сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. С. 45-49. EDN: IXVXVK.
2. Bakaeva, N. P. A block model of the production process of winter wheat based on yield-protein values // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, 13-14 ноября 2019 года. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. P. 00055. doi: 10.1051/bioconf/20201700055. EDN: GILZMY.
3. Бакаева, Н. П. Эффективность применения гербицидов в агротехнологии яровой пшеницы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 16-22. EDN: YIUIGT.
4. Морозова, К. И., Литвишкина В. В. Влияние предпосевной обработки семян аминокатом на развитие проростков яровой пшеницы // Вклад молодых ученых в аграрную науку : сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. С. 52-57. EDN: WMBXVU.
5. Бакаева, Н. П., Гниломедов Ю. А. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на агрофизические свойства почвы и урожайность // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 30-34. EDN: YZDSRZ.
6. Bakaeva, N. P. Efficiency of growth regulators with anti-stress properties in agricultural technology of winter wheat in the Middle Volga region / N. P. Bakaeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17-18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 12121. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012121. EDN: KIZGER.
7. Галочкина, А. А. Активность нитратредуктазы, содержание азота и белка в листьях яровой пшеницы // Современные проблемы агропромышленного комплекса : сборник научных трудов. Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2019. С. 16-19. EDN: OZQQZO.
8. Бакаева Н. П. Органо-минеральные удобрения в агротехнологии яровой пшеницы среднего Поволжья // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе. 2021. С. 27-33.
9. Раков, С. Р., Василькин В. С. Влияние Аминоката-10 на ростовые показатели яровой пшеницы сорта Кинельская 59 // Вклад молодых ученых в аграрную науку : сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. С. 57-61. EDN: EKHJV.
10. Бакаева, Н. П., Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х. Влияние азотсодержащих удобрений на азотный режим почвы, ростовые и продукционные процессы яровой пшеницы // Агрофизика. 2022. № 2. С. 20-27. doi: 10.25695/AGRPH.2022.02.04. EDN: CXYTBE.
11. Бакаева, Н. П. Эффективность азотных удобрений по окупаемости прибавкой урожая при возделывании яровой мягкой пшеницы // Самара АгроВектор. 2021. Т. 1, № 1. С. 2-9. doi: 10.55170/77962\_2021\_1\_1\_2. EDN: HUZFRN.

12. Праздничкова Н. В., Троц А. П., Блинова О. А. Продуктивность и качество зерна сортов яровой твердой пшеницы // Самара АгроВектор. 2024. Т. 4. № 1. С. 69-76. doi: 10.55170/2949-3536-2024-4-1-69-76.
13. Бакаева, Н.П., Бабаджанова М. А Очистка рибозофосфатизомеразы из листьев хлопчатника сорта 108-ф и его мутанта Дуплекс // Известия Академии наук Таджикской ССР. Отделение биологических наук. 1984. №4. С.50-55.
14. Бакаева, Н. П. Формирование белково-протеазного комплекса созревающего зерна яровой пшеницы // Инновационные технологии в полевом и декоративном растениеводстве : сборник научных трудов. 2019. С. 42-47. EDN: OMJJQB.
15. Бакаева, Н. П. Реализация принципов органического земледелия при возделывании яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 в лесостепи Заволжья // Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты : сборник научных трудов. Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 26-32. EDN: YXAGIB.
16. Оленин, О. А., Зудилин, С. Н., Василиско, А. Ю., Мельников, П. В. Влияние органической технологии возделывания культур зернопаропропашного севооборота на их урожайность в условиях лесостепи Заволжья // Нива Поволжья, (1 (65)), 1004. DOI 10.36461/NP.2023.65.1.011. EDN: KBJGLI.
17. Бакаева, Н. П. Продуктивность яровой твердой пшеницы по комплексу количественных признаков в условиях лесостепи Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. № 4. С. 29-37. DOI: 10.55170/19973225\_2023\_8\_4\_29. EDN: IOTMDF.
18. Бакаева, Н. П., Коржавина Н. Ю. Биохимические показатели качества зерна озимой пшеницы на фоне применения минеральных и органических удобрений // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1(54). С. 13-19. EDN: ZARESL.
19. Никитенкова О. Е. Влияние обработки почвы и удобрений на всхожесть и выживаемость растений пшеницы после перезимовки // Современные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. С. 31-33. EDN: CASJSI.
20. Салтыкова О. Л.; Бакаева Н. П. Элементы структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от гидротермического коэффициента и способов основной обработки почвы при многолетних исследованиях // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. (65). С. 39-46. doi: 10.18286/1816-4501-2024-1-39-46

### References

1. Litvishkina, V. V. & Morozova, K. I. (2023). Effect of pre-sowing seed treatment with Albit on spring wheat seedlings. Contribution of young scientists to agricultural science '23: *collection of scientific papers*. (pp. 45-49). Kinel: PC Samara SAU (in Russ.). EDN: IXVXVK.
2. Bakaeva, N. P. A block model of the production process of winter wheat based on yield-protein values. Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019), Kazan, November 13-14, 2019. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. P. 00055. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700055>. EDN: GILZMY.
3. Bakaeva, N. P. (2018). Efficiency of herbicide use in agrotechnology of spring wheat. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 16-22 (in Russ). EDN: YIUIGT.
4. Morozova, K. I., & Litvishkina, V. V. (2023). Influence of pre-sowing seed treatment with aminocate on the development of spring wheat seedlings. Contribution of young scientists to agricultural science '23: *collection of scientific papers*. (pp. 52-57). Kinel: PC Samara SAU (in Russ.). EDN: WMBXVU.
5. Bakaeva, N. P. & Gnilomedov, Y. A. (2019). Effect of spring wheat cultivation technology on agrophysical properties of soil and yield. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 30-34 (in Russ). EDN: YZDSRZ.
6. Bakaeva, N. P. (2021). Efficiency of growth regulators with anti-stress properties in agricultural technology of winter wheat in the Middle Volga region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, June 17-18, 2021 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 12121. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012121. EDN: KIZGER.
7. Galochkina, A. A. (2019). Nitrate reductase activity, nitrogen and protein content in the leaves of spring wheat. Modern problems of agroindustrial complex '19: *collection of scientific papers*. (pp. 16-19). Samara: Samara State Agrarian University. (in Russ). EDN: OZQZZO.
8. Bakaeva, N. P. (2021). Organomineral fertilizers in agrotechnology of spring wheat of the Middle Volga region. In The development of the scientific heritage of the great scientist at the present stage (pp. 27-33). (in Russ). EDN: UPRDCG.

9. Rakov, S. R. & Vasilkin, V. S. (2023). Effect of Aminokat-10 on growth performance of spring wheat variety Kinelskaya 59. Contribution of young scientists to agricultural science '23: *collection of scientific papers*. (pp. 57-61). (in Russ). EDN: EKHFJV.
10. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., & Nechaeva, E. H. (2022). The effect of nitrogen-containing fertilizers on the nitrogen regime of the soil, growth and production processes of spring wheat. *Agrophysics*, (2), 20-27. (in Russ). doi: 10.25695/AGRPH.2022.02.04. EDN: CXYTBE.
11. Bakaeva, N. P. (2021). Efficiency of nitrogen fertilizers on payback by yield increase in the cultivation of spring soft wheat. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 1, 1, 2-9. (In Russ.). doi: 10.55170/77962\_2021\_1\_1\_1\_2. EDN: HUZFRN.
12. Prazdnichkova, N. V., Trots, A. P. & Blinova, O. A. (2024). Productivity and grain quality of spring durum wheat varieties. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 4, 1, 69-76. (In Russ.). doi: 10.55170/2949-3536-2024-4-1-69-76.
13. Bakaeva, N. P. & Babadjanova, M. A. (1984). Purification of ribose phosphatizomerase from leaves of cotton variety 108-f and its mutant Duplex. *Izvestiya Akademii nauk Tajikskoi SSR. Department of Biological Sciences*. 4. 50-55.
14. Bakaeva, N. P. (2019). Formation of protein-protease complex of ripening grain of spring wheat. Innovative technologies in field and ornamental crop production : '19: *collection of scientific papers*. (pp. 42-47). (in Russ). EDN: OMJJQB.
15. Bakaeva, N. P. (2023). Realization of organic farming principles in the cultivation of spring wheat variety Tulaikovskaya 10 in the forest-steppe of the Volga region. Ecology and nature management: trends, models, forecasts, applied aspects '23: *collection of scientific papers*. (pp. 26-32). Ryazan : Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. (in Russ). EDN: YXAGIB.
16. Olenin, O. A., Zudilin, S. N., Vasilisko, A. Yu., & Melnikov, P. V. (2023). The influence of organic technology of cultivation of crops of grain-pastoral crop rotation on their productivity in the conditions of the forest-steppe of the Volga region. Field of the Volga region, (1 (65)), 1004. (in Russ). doi: 10.36461/NP.2023.65.1.011. EDN: KBJGLI.
17. Bakaeva, N. P. (2023). Productivity of spring durum wheat on the complex of quantitative traits in the conditions of the forest-steppe of the Volga region. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 29-37 (in Russ). doi: 10.55170/19973225\_2023\_8\_4\_29. EDN: IOTMDF.
18. Bakaeva, N. P., & Korzhavina, N. Y. (2019). Biochemical indicators of the quality of winter wheat grain against the background of the use of mineral and organic fertilizers. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skohozyajstvennoi akademii (Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy)*, (1), 13-19. (in Russ). EDN: ZARESL.
19. Nikitenkova, O. E. (2019). The effect of tillage and fertilizers on the germination and survival of wheat plants after overwintering. In Modern problems of the agro-industrial complex (pp. 31-33). (in Russ). EDN: CASJSI.
20. Saltykova, O. L. & Bakaeva, N. P. (2024). Elements of the structure of the winter wheat harvest depending on the hydrothermal coefficient and methods of basic tillage during long-term studies. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 1. (65). 39-46. (in Russ). doi:10.18286/1816-4501-2024-1-39-46.

### Информация об авторах

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор;

О. Л. Салтыкова – кандидат с.-х. наук, доцент;

С. Р. Раков – студент агрономического факультета Самарского ГАУ

### Author information

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor;

O. L. Saltykova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

S. R. Rakov – student of the Faculty of Agronomy of Samara State Agrarian University

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 19.06.2024; принята к публикации 9.07.2024.  
The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 19.06.2024; accepted for publication 9.07.2024.