

## АКТИВИЗАЦИЯ РАННИХ РОСТОВЫХ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* В настоящее время достаточное внимание уделяется анализу воздействия природных и синтетических регуляторов роста и их влиянию на индукторные процессы морфогенеза растений. Вопросы изучения процессов роста с учетом внешней регуляции данного процесса на уровне целого растительного организма с фиксацией изменений линейных и объемных показателей его органов являются актуальными. Цель исследований заключалась в изучении влияния природных и синтетических регуляторов роста на ростовые и метаболические процессы зерновых культур на ранних этапах развития растений.

*Материалы и методы.* В качестве объектов исследования использованы: яровая пшеница сорта Тулайковская 10, ячмень сорта Нутанс 642, овес сорта Аллор. Предпосевная обработка семян проведена регуляторами роста: мелафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %), пирафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %), пектин ( $5 \cdot 10^{-2}$  %), крезацин ( $1 \cdot 10^{-3}$  мл/л), рибав-Экстра ( $1 \cdot 10^{-4}$  мл/л), циркон ( $4 \cdot 10^{-3}$  мл/л). Исследования проведены в полевых мелкоделяночных опытах, где определены динамика формирования корневой системы по показателям объема корневой системы, динамика роста листовой поверхности, содержание NPK и сырой вес растений на ранних этапах роста и развития.

*Результаты.* У зерновых злаков характерен активный рост корневой системы в ювенильный период. В исследованиях, проведенных на овсе, показано, что независимо от погодных условий увеличение объема корневой системы происходило до фазы молочной спелости. Максимальная скорость ростовых процессов под действием пектина и мелафена отмечена на первых этапах развития растений. Превышение над контролем в фазы кушения и выхода в трубку составляло 21,4–37,5 и 17,8–45,5 % соответственно ( $P < 0,05$ ). Наибольшее увеличение объема корневой системы растений яровой пшеницы под действием мелафена и рибав-Экстра отмечено в фазу кушения и составило 12,8 и 21,3 % соответственно ( $P < 0,05$ ). В опытах на ячмене значимый эффект наблюдался в варианте с мелафеном. Формирование корневой системы шло интенсивнее, чем на контроле на 33,9 % в фазу кушения и на 38,4 % в фазу выхода в трубку ( $P < 0,05$ ). В исследованиях на овсе показано, что в контрольном варианте содержание азота в зеленой массе растений в течение всей вегетации находилось на низком уровне. При этом содержание фосфора и калия было оптимальным. Обработка регуляторами роста привела к повышению содержания азота в растениях овса в 1,12 и 1,09 раза (мелафен и пектин соответственно). Растения ячменя в контрольном варианте без дополнительного внесения удобрений на ранних этапах роста содержали 3,20 % азота в пересчете на абсолютно сухое вещество, что характеризует недостаток данного элемента. Применение регуляторов роста привело к увеличению содержания азота в 1,09–1,12 раза (куще-

ние) и в 1,13–1,18 раза (выход в трубку). Площадь листовой поверхности овса в фазу кущения увеличивалась под действием пектина и мелафена на 4,8–14,8 %. В фазу выхода в трубку – на 21,6–31,1 %. На яровой пшенице максимальное влияние оказали мелафен и рибав-Экстра. В фазу кущения прирост составил 19,3 и 26,8 % соответственно, в фазу выхода в трубку – 22,4 и 32,7 %. На ячмене отмечено, что в ювенильный период под действием регуляторов роста превышение контрольных показателей составило 18,8–23,7 %. Изменялись параметры листовых пластин (длина листа), без изменения количества листьев на растении. Сырая масса растений изменялась в соответствии с изменениями роста корневой системы и листовой поверхности. Однако превышение контрольных значений по показателям сырого веса растений было несколько ниже, чем суммарный эффект от стимуляции роста корня и показателей объема корневой системы и листовой поверхности изучаемых растений.

*Выводы.* Определено, что эндогенная регуляция способствует активизации ростовых и метаболических процессов вегетативных органов растений на ювенильном этапе морфогенеза. Наибольшая скорость роста наблюдается в возрастные периоды, соответствующие фазам кущения и выхода в трубку на всех изучаемых культурах.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, объем корневой системы, содержание NPK, площадь листовой поверхности, сырой вес растений, овес, яровая пшеница, ячмень.

G. A. Karpova

## THE ACTIVATION OF EARLY GROWTH AND METABOLIC PROCESSES OF GRAIN CROPS USING GROWTH REGULATORS

### Abstract.

*Background.* At present, sufficient attention is paid to the analysis of the effect of natural and synthetic growth regulators and their influence on the induction processes of plant morphogenesis. The issues of studying the growth processes taking into account the external regulation of this process at the level of the whole plant organism with the fixation of changes in the linear and volumetric indicators of its organs are relevant. The purpose of the research was to study the effect of natural and synthetic growth regulators on the growth and metabolic processes of grain crops at the early stages of plant development.

*Materials and methods.* The objects of study were: spring wheat of the Tulaykovskaya 10, barley of the Nutans 642, and the Allur oats. Presowing seed treatment was carried out with growth regulators: melafen ( $1 \cdot 10^{-7}$  %), pyrafen ( $1 \cdot 10^{-7}$  %), pectin ( $5 \cdot 10^{-2}$  %), crezacin ( $1 \cdot 10^{-3}$  ml/l), ribav-Extra ( $1 \cdot 10^{-4}$  ml/l), zircon ( $4 \cdot 10^{-3}$  ml/l). The studies were carried out in small-plot field experiments, where the dynamics of the formation of the root system in terms of the volume of the root system, the dynamics of growth of the leaf surface, the content of NPK and the wet weight of plants at the early stages of growth and development were determined.

*Results.* Cereals are characterized by active growth of the root system during the juvenile period. In studies carried out on oats, it was shown that, regardless of weather conditions, an increase in the volume of the root system occurred until the stage of milky ripeness. The maximum rate of growth processes under the influence of pectin and melafen was noted at the first stages of plant development. The excess over the control in the tillering and tubing phases was 21,4–37,5 and 17,8–45,5 %, respectively ( $P < 0,05$ ). The greatest increase in the volume of the root system of spring wheat plants under the influence of melafen and ribava-Extra was noted in the tillering phase and amounted to 12,8 and 21,3 %, respectively ( $P < 0,05$ ). In ex-

periments on barley, a significant effect was observed in the variant with melafen. The formation of the root system proceeded more intensively than in the control by 33,9 % in the tillering phase and by 38,4 % in the tubing phase ( $P < 0,05$ ). In studies on oats, it was shown that in the control variant, the nitrogen content in the green mass of plants during the entire growing season was at a low level. At the same time, the content of phosphorus and potassium was optimal. Treatment with growth regulators led to an increase in the nitrogen content in oat plants by 1,12 and 1,09 times (melafen and pectin, respectively). Barley plants in the control variant without additional fertilization at the early stages of growth contained 3,20 % nitrogen in terms of absolutely dry matter, which characterizes the lack of this element. The use of growth regulators led to an increase in nitrogen content by 1,09–1,12 times (tillering) and by 1,13–1,18 times (going into the tube). The leaf surface area of oats in the tillering phase increased under the influence of pectin and melafen by 4,8–14,8 %. In the phase of entering the tube – by 21,6–31,1 %. On spring wheat, Melafen and Ribav-Extra had the greatest influence. In the tillering phase, the increase was 19,3 and 26,8 %, respectively, in the stemming phase – 22,4 and 32,7 %. On barley, it was noted that in the juvenile period under the influence of growth regulators, the excess of the control indicators was 18,8–23,7 %. The parameters of leaf plates (leaf length) changed without changing the number of leaves on the plant. The wet weight of the plants changed in accordance with changes in the growth of the root system and leaf surface. However, the excess of the control values in terms of the wet weight of plants was slightly lower than the total effect of stimulating root growth and indicators of the volume of the root system and leaf surface of the studied plants.

**Conclusions.** It was determined that endogenous regulation promotes the activation of the growth and metabolic processes of the vegetative organs of plants at the juvenile stage of morphogenesis. The highest growth rate is observed in the age periods corresponding to the tillering and stemming phases in all studied crops.

**Keywords:** growth regulators, root system volume, NPK, leaf area, green weight of plants, oats, spring wheat, barley.

### Введение

В настоящее время проблема эндогенной регуляции роста стала самостоятельной, в решении которой рассматривают главные объекты: протопласты, клетки и ткани как основные структурные элементы растущего организма. Одновременно рассматривают основные метаболические процессы, протекающие в изолированных органах, а также физиологические аспекты роста и дифференцировки высших растений. Существенные достижения наблюдаются в области инструментальных методов анализа фитогормонов и ингибиторов, позволяющих определять эти соединения количественно. Отдельно рассматриваются методические подходы к изучению эндогенных регуляторных факторов растительного организма. Особое внимание уделяется анализу воздействия природных и синтетических регуляторов роста, их влиянию на эпигенетические аспекты роста и индукторные процессы морфогенеза [1–3].

На уровне целого растительного организма актуальным является изучение процессов роста с фиксацией изменений линейных и объемных показателей его органов с учетом внешней регуляции данного процесса.

### Материалы и методы

Исследования проведены при закладке полевых мелкоделяночных опытов на коллекционном участке ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ». Основные

учеты и анализы проведены на базе кафедры «Общая биология и биохимия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» и ФГБУ ГЦАС «Пензенский».

Объект исследования – овес сорта Аллюр.

Схема опыта: 1 – контроль (обработка семян водой); 2 – мелафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %); 3 – пектин ( $5 \cdot 10^{-2}$  %).

Объект исследования – яровая пшеница сорта Тулайковская 10.

Схема опыта: 1 – контроль (обработка семян водой); 2 – мелафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %); 3 – крезацин ( $1 \cdot 10^{-3}$  мл/л); 4 – рибав-Экстра ( $1 \cdot 10^{-4}$  мл/л); 5 – циркон ( $4 \cdot 10^{-3}$  мл/л).

Объект исследования – ячмень сорта Нутанс 642.

Схема опыта: 1 – контроль (обработка семян водой); 2 – мелафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %); 3 – пирафен ( $1 \cdot 10^{-7}$  %); 4 – пектин ( $5 \cdot 10^{-2}$  %).

Обработка регуляторами роста проводилась непосредственно перед посевом семян рабочими растворами соответствующих концентраций.

Определение объема корневой системы растений, площади листовой поверхности, сырого веса, содержания NPK в зеленой массе растений проводили по общепринятым методикам [4]. Все полученные результаты подвергались статистической обработке с целью достоверности их анализа [5].

### **Результаты и обсуждение**

Корень – первый из вегетативных органов, начинающий свой рост при прорастании семян всех растений. Транспортная, механическая и поглотительная функции корней общеизвестны. Однако не менее важной является метаболическая функция корня.

Находясь в тесных взаимоотношениях корень и побег постоянно взаимодействуют. Такая связь определяет донорно-акцепторные отношения, которые затрагивают не только обмен продуктами жизнедеятельности, но и прямую зависимость ростовых процессов взаимодействующих органов.

У зерновых злаков характерен активный рост корневой системы в ювенильный период. Все продукты деятельности листьев в данный момент, в основном, расходуются на формирование корней. С переходом к генеративному развитию рост корней замедляется, а в период созревания зерна рост корней не только прекращается, но возможно и отмирание их части. Такой корневой опад неизбежен, но имеет определенное положительное значение, так как сохраняет часть органических веществ в почве, что в дальнейшем будет способствовать ее плодородию [6, 7].

По сравнению с другими злаками овес имеет определенные преимущества. Формирующийся у растений овса, особенно при благоприятных условиях, второй узел кушения отличает его от других зерновых культур. Таким образом, у растений овса существует потенциальная возможность к развитию большего количества корней, по сравнению с пшеницей или ячменем. При этом формируется мощная мочковатая корневая система, обладающая высокой поглотительной способностью. Важной особенностью корневой системы овса является также способность к потреблению из почвы труднорастворимых соединений.

В исследованиях, проведенных на овсе сорта Аллюр показано, что независимо от погодных условий увеличение объема корневой системы проис-

ходило до фазы молочной спелости. Но скорость роста менялась по межфазным периодам. За три года исследований максимальный рост корней фиксировался в период всходы-выход в трубку, что соответствует биологическим характеристикам растений овса (табл. 1). Затем происходит снижение скорости роста, которая в период формирования зерна минимальна. Причем данная тенденция отмечена во всех вариантах опыта, включая контрольные значения. Это дает возможность предположить, что использование регуляторов роста не изменяет направленность процессов, происходящих в растениях (динамика роста корня), но может влиять на их скорость и интенсивность. Показано, что максимальный эффект давал мелафен, при использовании которого объем корневой системы увеличивался на 16,2–45,5 % за весь период вегетации. Пектин был менее эффективен, но и при его использовании растения овса формировали корневую систему более развитую, чем в контрольном варианте. Превышение контрольных значений составляло 10,1–21,4 %. Важно отметить, что на первых этапах развития растений скорость ростовых процессов под действием регуляторов роста была максимальной. Превышения над контролем в фазы кущения и выхода в трубку составляли 21,4–37,5 и 17,8–45,5 % соответственно ( $P < 0,05$ ).

Таблица 1

Объем ( $M \pm m$ ,  $n = 20$ ) корневой системы зерновых культур  
(на одно растение, см<sup>3</sup>)

Вариант	Фазы развития растений	
	кущение	выход в трубку
Овес, сорт Аллюр		
Контроль	0,56 ± 0,06	1,01 ± 0,07
Мелафен	0,77 ± 0,11	1,47 ± 0,13
Пектин	0,68 ± 0,04	1,19 ± 0,08
Яровая пшеница, сорт Тулайковская 10		
Контроль	0,47 ± 0,03	1,45 ± 0,03
Мелафен	0,53 ± 0,02	1,57 ± 0,06
Крезацин	0,44 ± 0,04	1,44 ± 0,04
Рибав-Экстра	0,57 ± 0,04	1,65 ± 0,06
Циркон	0,44 ± 0,06	1,48 ± 0,05
Ячмень, сорт Нутанс 642		
Контроль	0,40 ± 0,02	1,25 ± 0,15
Мелафен	0,54 ± 0,04	1,73 ± 0,23
Пирафен	0,51 ± 0,02	1,66 ± 0,13
Пектин	0,50 ± 0,06	1,65 ± 0,16

Яровая пшеница характеризуется образованием большого количества придаточных корней. Для нее характерна мочковатая корневая система, которая позволяет развивать ей большую поглощающую поверхность. Более интенсивный рост корней наблюдается в первую половину вегетации. Пита-

тельные вещества фотосинтеза тратятся в основном на нарастание корневой системы. Процесс укоренения при благоприятных условиях может продолжаться до молочно-восковой спелости, но чаще он прекращается к фазе цветения, так как растение к этому времени исчерпывает свои корнеобразовательные возможности. Обработка семян яровой пшеницы регуляторами роста способствовала изменению объема корневой системы в течение всего периода вегетации. Максимальные превышения изучаемого показателя под действием мелафена и рибави-Экстра отмечены в фазу кущения и составили 12,8 и 21,3 % соответственно ( $P < 0,05$ ). Крезацин и циркон не оказали влияния на рост корней яровой пшеницы.

Согласно литературным данным, особенностью ярового ячменя как культуры является слабое по сравнению с другими злаками развитие корневой системы, а также их меньшая поглотительная способность [8]. Росту корня на ранних этапах развития растений ячменя придается особое значение, так как только при наличии дополнительных колеептельных и узловых корней возможно нормальное развитие всего растения в целом. Исследования, проведенные на ячмене Нутанс 642, показали, что рост и формирование корневой системы в значительной степени обусловлены гидротермическими условиями. Однако регуляторы роста оказывают значительное влияние на изучаемый показатель. Именно на первых этапах роста растений ячменя отмечалось максимальное стимулирующее воздействие. Наибольший эффект наблюдался в варианте с мелафеном. Формирование корневой системы шло интенсивнее, чем на контроле на 33,9 % в фазу кущения и на 38,4 % в фазу выхода в трубку ( $P < 0,05$ ). Объем корневой системы в вариантах с пектином и пирафеном увеличивался на 25,0–27,5 % в фазу кущения и 32,0–32,8 % соответственно ( $P < 0,05$ ). При этом различия по степени воздействия в данных вариантах не были существенными.

Исходя из анализа представленных данных, можно заключить, что регуляторы роста оказывают положительное влияние на ростовые процессы корневой системы растений на этапе ювенильности. При этом именно в данный период скорость ростовых процессов возрастает наиболее значительно, чем показано максимальными превышениями над контрольными значениями за весь период измерений.

Быстрый активный рост растений на начальных этапах развития приводит к активному поглощению ими элементов минерального питания. Ранние с возрастной точки зрения части растения содержат больше основных органо-генов и физиологически активных веществ, а с увеличением их возраста – количество значительно снижается. Однако на содержание основных элементов в растении оказывает влияние степень доступности и концентрации минеральных соединений в почве, а также температурные условия, условия увлажненности и аэрации в зоне корней, поглотительная способность корневой системы. Таким образом, количественное содержание элементов минерального питания в растениях может варьировать.

Поступление азота у изучаемых растений наиболее активно проходит на первых этапах развития, т.е. в ювенильный период, несмотря на то, что потребность в данном элементе сохраняется до созревания зерна. Общеизвестно, что на фоне достаточного азотного снабжения процессы роста всех ор-

ганов растений значительно увеличиваются, повышается скорость роста листьев, что фиксируется показателями нарастания биомассы в целом [6].

Важность фосфора как одного из основных органогенов определена его участием в составе органических соединений, которые являются определяющими в обмене веществ растений. Недостаток его отрицательно сказывается на процессах дыхания, фотосинтеза и других физиологических функциях организма. Необходимость данного элемента отмечена не только на ранних этапах роста и развития растений, связанных с ростом и синтетическими функциями растений, но и в момент формирования урожая, когда идет заложение запасных питательных веществ семени.

Необходимость калия у зерновых культур отмечается несколько позднее, чем азота и фосфора (период от выхода в трубку до молочной спелости зерна). Несмотря на это, важность данного элемента в минеральном питании неоспорима.

Учитывая, что существуют определенные уровни-параметры содержания минеральных элементов в растениях, которые отражают уровень их обеспеченности основными органогенами, результаты, полученные в исследованиях, необходимо сопоставлять с этими значениями. Таким образом, можно судить о достаточном или недостаточном содержании азота, фосфора и калия для нормального роста и развития растений.

В наших исследованиях, проведенных на овсе, показано, что в контрольном варианте содержание азота в зеленой массе растений в течение всей вегетации находилось на низком уровне. При этом содержание фосфора и калия было оптимальным. Обработка регуляторами роста привела к повышению содержания азота в растениях овса в 1,12 и 1,09 раза (мелафен и пектин соответственно). Общее содержание азота в растениях выходило за пределы низкого уровня и достигало оптимальных значений только во вторую половину вегетации (табл. 2).

Таблица 2

Содержание NPK в зеленой массе растений  
(% на абсолютно-сухое вещество, средние значения)

Вариант	Фазы развития растений					
	кущение			выход в трубку		
	N	P	K	N	P	K
Овес, сорт Аллюр						
Контроль	4,75	0,96	5,01	2,44	0,66	4,13
Мелафен	4,90	1,09	5,85	2,92	0,83	4,50
Пектин	4,98	1,01	5,70	2,76	0,80	4,49
Ячмень, сорт Нутанс 642						
Контроль	3,20	0,40	3,68	2,72	0,47	3,10
Мелафен	3,59	0,50	4,05	3,22	0,59	3,53
Пирафен	3,52	0,48	4,01	3,12	0,58	3,50
Пектин	3,49	0,46	3,94	3,08	0,54	3,47

Несмотря на то, что обеспеченность растений овса фосфором и калием без обработки уже находилась на оптимальном уровне, использование регуляторов роста повышало содержание данных элементов в растениях. Количество фосфора в варианте с мелафеном на первых этапах развития растений было выше контрольных значений на 13,5–25,8 %. Содержание калия увеличивалось на 8,9–16,8 % ( $P < 0,05$ ). Пектин также вызывал повышение содержания данных элементов в растениях овса, но в меньшей степени.

Важно отметить, что обеспеченность фосфором и калием в период кущения-выход в трубку достигала высокого уровня, что не могло не способствовать активизации не только процессов роста вегетативных органов, но и всех метаболических процессов, происходящих в растениях.

Растения ячменя в контрольном варианте без дополнительного внесения удобрений на ранних этапах роста содержали 3,20 % азота в пересчете на абсолютно сухое вещество, что соответствует недостатку данного элемента. Применение регуляторов роста привело к увеличению его содержания в 1,09–1,12 раза. Благодаря такому воздействию обеспеченность азотом несколько превышала границы низкого уровня содержания элемента.

Фиксация данных по азоту в период трубкования в зеленой массе контрольных растений показала, что и в этот момент роста и развития обеспеченность была недостаточной. При использовании регуляторов роста содержание азота возрастало в 1,13–1,18 раза, и показатели соответствовали оптимальному уровню.

Степень обеспеченности растений ячменя фосфором и калием была аналогичной в контрольном варианте, т.е. соответствовала низкому уровню, как в фазу кущения, так и в фазу выхода в трубку.

Применение мелафена, пектина и пирафена вызывало повышение концентрации элементов в вегетативных органах ячменя, что приводило к среднему уровню содержания, характерному для данной культуры на ранних этапах роста и развития растений. Согласно полученным данным количество фосфора возрастало в 1,15–1,25 раза, калия – в 1,07–1,14 раза.

Рост корневой системы, активное поглощение элементов минерального питания нашли свое отражение и в формировании площади листовой поверхности растений. Учитывая степень взаимодействия органов в составе целого растения, можно предположить активацию ростовых процессов листьев при использовании регуляторов роста. Однако степень активации может существенно отличаться, так как стимуляция роста подземных органов не всегда вызывает стимуляцию роста надземных в той же степени.

В исследованиях, проведенных на овсе, установлено, что максимальная листовая поверхность одного растения в неблагоприятные годы составляла 83,56–97,33 см<sup>2</sup>. В благоприятные годы по температурным показателям и влагообеспеченности возрастала до 163,00–197,00 см<sup>2</sup>.

В вариантах с регуляторами роста в течение всего периода измерений было отмечено превышение контрольных значений по площади листовой поверхности. Но максимальный эффект отмечен именно на первых этапах роста и развития растений. В фазу кущения площадь листовой поверхности увеличивалась под действием пектина и мелафена на 4,8–14,8 %. В фазу выхода в трубку – на 21,6–31,1 % ( $P < 0,05$ ) (табл. 3).

Таблица 3

Площадь ( $M \pm m$ ,  $n = 20$ ) листовой поверхности зерновых культур  
(на одно растение, см<sup>2</sup>)

Вариант	Фазы развития растений	
	кущение	выход в трубку
Овес, сорт Аллюр		
Контроль	53,36 ± 2,95	79,27 ± 5,64
Мелафен	64,05 ± 4,15	101,3 ± 6,31
Пектин	60,30 ± 3,82	91,39 ± 4,27
Яровая пшеница, сорт Тулайковская 10		
Контроль	40,33 ± 2,70	65,00 ± 4,33
Мелафен	48,12 ± 2,45	79,54 ± 5,15
Крезацин	42,24 ± 3,61	69,96 ± 3,74
Рибав-Экстра	51,12 ± 3,24	86,25 ± 6,12
Циркон	42,69 ± 2,19	71,93 ± 3,56
Ячмень, сорт Нутанс 642		
Контроль	54,02 ± 3,15	82,15 ± 6,15
Мелафен	66,83 ± 5,32	104,69 ± 7,46
Пирафен	64,18 ± 3,71	102,81 ± 6,87
Пектин	64,17 ± 2,94	101,09 ± 5,96

Варьирование числа листьев на одном растении яровой пшеницы по годам невелико и редко выходит за рамки одного метамера. Гораздо сильнее условия выращивания сказываются на размерах листьев.

Предпосевная обработка семян мелафеном и рибавом-Экстра способствовала повышению площади листовой поверхности растений на 19,3 и 26,8 (фаза кущения) и 22,4 и 32,7 (фаза выхода в трубку) соответственно.

Для ярового ячменя характерен более короткий период вегетации по сравнению с другими зерновыми культурами. При этом возможность получения высокого урожая может напрямую зависеть от развития листового аппарата растений. Быстрый рост листьев и заложение большего их числа на ранних этапах морфогенеза становится компенсацией при условии более коротких межфазных периодов. Отмечено, что в ювенильный период роста, соответствующий фазам кущения и выхода в трубку, превышение контрольных показателей составило 18,8–23,7 % ( $P < 0,05$ ). Изменялись параметры листовых пластин (длина листа), без изменения количества листьев на растении.

Согласно проведенным исследованиям, сырая масса растений изменялась в соответствии с изменениями роста корневой системы и листовой поверхности (табл. 4). Однако превышение контрольных значений по показателям сырого веса растений было несколько ниже, чем суммарный эффект от стимуляции роста корня и показателей объема корневой системы и листовой поверхности изучаемых растений.

Сырой вес ( $M \pm m$ ,  $n = 20$ ) растений зерновых культур  
(на одно растение, г)

Вариант	Фазы развития растений	
	кущение	выход в трубку
Овес, сорт Аллюр		
Контроль	2,45 ± 0,15	6,01 ± 0,46
Мелафен	3,10 ± 0,36	7,88 ± 0,54
Пектин	2,93 ± 0,21	7,69 ± 0,39
Яровая пшеница, сорт Тулайковская 10		
Контроль	3,10 ± 0,11	4,72 ± 0,23
Мелафен	3,49 ± 0,08	5,27 ± 0,15
Крезацин	3,00 ± 0,07	4,89 ± 0,19
Рибав-Экстра	3,69 ± 0,07	6,01 ± 0,21
Циркон	3,04 ± 0,10	4,99 ± 0,17
Ячмень, сорт Нутанс 642		
Контроль	2,85 ± 0,09	5,46 ± 0,62
Мелафен	3,47 ± 0,12	7,33 ± 0,84
Пирафен	3,35 ± 0,09	6,97 ± 0,46
Пектин	3,37 ± 0,07	6,97 ± 0,39

Сырая масса одного растения овса в варианте с мелафеном в фазу кущения составила 3,1 г, что превышало контрольные показатели на 25,6 %. В варианте с пектином данный показатель увеличивался на 19,6 %. В фазу выхода в трубку превышения контроля в обоих вариантах были значительно и составляли 31,1 и 27,9 % соответственно ( $P < 0,05$ ).

В исследованиях на яровой пшенице показано, что максимальный стимулирующий эффект от воздействия регуляторами роста получен также в ювенильный период. В фазу кущения сырой вес растений в варианте с мелафеном был выше контрольных значений на 12,6 %, в варианте с рибавом-Экстра – на 19,0 %. В фазу выхода в трубку превышение над контролем составляло 11,6 и 27,3 % соответственно ( $P < 0,05$ ).

В соответствии с ростом листовой поверхности были проведены наблюдения и за изменением показателей сырой массы растений ячменя. Установлено, что в период от кущения до выхода в трубку она увеличивалась по отношению к контролю на 26,7–32,9 % ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, определено, что эндогенная регуляция способствует активизации ростовых и метаболических процессов вегетативных органов растений. Наибольшая скорость роста наблюдается в возрастные периоды, соответствующие фазам кущения и выхода в трубку на всех изучаемых культурах.

#### Библиографический список

1. Влияние синтетических аналогов ауксинов – 2,4-Д и  $\alpha$ -НУК – на ростовые и биосинтетические характеристики суспензионной культуры клеток *tribulusterrestris* L / С. В. Томилова, М. Т. Ханды, Д. В. Кочкин, Б. А. Галишев, А. Г. Ключин, А. М. Новос // Физиология растений. – 2020. – Т. 67, № 4. – С. 389–399.

2. **Творогова, В. Е.** Генетическая регуляция зиготического эмбриогенеза у покрытосеменных растений / В. Е. Творогова, Л. А. Лутова // Физиология растений. – 2018. – Т. 65, № 1. – С. 1–14.
3. **Ларская, И. А.** Характер участия олигосахарина OS-RG в ИУК-индуцируемом формировании адвентивных корней / И. А. Ларская, Т. С. Барышева, А. И. Заботин, Т. А. Горшкова // Физиология растений. – 2015. – Т. 62, № 2. – С. 186–194.
4. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Л. А. Паничкин, М. Н. Кондратьев [и др.]. – Москва : КолосС, 2003. – 288 с.
5. **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва, 1985. – 351 с.
6. **Кумаков, В. А.** Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В. А. Кумаков. – Москва : Росагропромиздат, 1988.
7. **Баталова, Г. А.** Биология и генетика овса / Г. А. Баталова, Е. М. Лисицын, И. И. Русаков. – Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – 456 с.
8. **Лапина, В. В.** Влияние регуляторов роста на структуру патогенного комплекса корневых гнилей ячменя / В. В. Лапина, Н. В. Смолин, А. С. Савельев, А. П. Овчинников // Нива Поволжья. – 2011. – № 3 (20). – С. 33–38.

### References

1. Tomilova S. V., Khandy M. T., Kochkin D. V., Galishev B. A., Klyushin A. G., Novosov A. M. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology]. 2020, vol. 67, no. 4, pp. 389–399. [In Russian]
2. Tvorogova V. E., Lutova L. A. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology]. 2018, vol. 65, no. 1, pp. 1–14. [In Russian]
3. Larskaya I. A., Barysheva T. S., Zabotin A. I., Gorshkova T. A. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology]. 2015, vol. 62, no. 2, pp. 186–194. [In Russian]
4. Tret'yakov N. N., Panichkin L. A., Kondrat'ev M. N. et al. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Practical work on plant physiology]. Moscow: KolosS, 2003, 288 p. [In Russian]
5. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow, 1985, 351 p. [In Russian]
6. Kumakov V. A. *Biologicheskie osnovy vozdeleyvaniya yarovoy pshenitsy po intensivnoy tekhnologii* [Biological bases of cultivation of spring wheat using intensive technology]. Moscow: Rosagropromizdat, 1988. [In Russian]
7. Batalova G. A., Lisitsyn E. M., Rusakov I. I. *Biologiya i genetika ovsa* [Biology and genetics of oats]. Kirov: Zonal'nyy NIISKh Severo-Vostoka, 2008, 456 p. [In Russian]
8. Lapina V. V., Smolin N. V., Savel'ev A. S., Ovchinnikov A. P. *Niva Povolzh'ya* [Niva Povolzhya journal]. 2011, no. 3 (20), pp. 33–38. [In Russian]

---

#### **Карпова Галина Алексеевна**

доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент, заведующий кафедрой общей  
биологии и биохимии, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: pollylina@mail.ru

#### **Karpova Galina Alekseevna**

Doctor of agricultural sciences, associate  
professor, head of the sub-department  
of general biology and biochemistry,  
Penza State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

---

#### **Образец цитирования:**

Карпова, Г. А. Активизация ранних ростовых и метаболических процессов зерновых культур при использовании регуляторов роста / Г. А. Карпова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 4 (32). – С. 13–23. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-4-2.