



Научная статья  
УДК 631.8  
doi: 10.55186/25876740\_2023\_66\_1\_53

## ВЛИЯНИЕ НОВОГО ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО АГРОХИМИКАТА НА РОСТ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ГОРОХА НА ПЕРВЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ

И.А. Быковская, Л.В. Осипова

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты изучения влияния Приомина, жидкого агрохимиката, производного природных минералов в хелатной форме, обогащенного фульво- и гуминовыми кислотами, на возможность его применения при возделывании полевых культур. Опыты проводили в 2021-2022 гг. в ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Схема опыта включала различные способы предпосевной обработки семян (ПОС) и фолиарной обработки (ФО) вегетирующих растений — яровой пшеницы сорта Тризо и гороха посевного сорта Рокет. Эффективность действия агрохимиката определяли в оптимальных условиях культивирования и при действии абиотического стресса, индуцированного осмотическим раствором сахарозы в сравнении с необработанным контролем по изменению: энергии прорастания, линейных размеров, активности синтеза фотосинтетических пигментов по содержанию малонового диальдегида (МДА), основного продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ). Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии предпосевной обработки Приомином на морфологические параметры обеих изучаемых культур. При смачивании ограниченным количеством агрохимиката (5% от массы семян), намачивании в течение двух и восьми часов энергия прорастания гороха увеличилась на 47, 54 и 16,2% соответственно, пшеницы — на 10, 36 и 47%, длина ростка гороха — на 40,7 87,3 и 98,2%, пшеницы — на 14,5, 15,8 и 13,0%. Показано, что установленные изменения сопряжены с активностью синтеза пигментов фотосинтеза, содержание хлорофиллов в проростках пшеницы возрастало от 0,65 до 2,68 мг/г сырой массы при применении Приомина. Осмотическая закономерность, но выраженная в меньшей степени, отмечалась и в растениях гороха. Предпосевная и фолиарная обработка агрохимикатом повышала устойчивость растений семейства злаковых и зернобобовых к действию абиотического стресса, снижая интенсивность процессов перекисного окисления на 9,5% у гороха и на 70,9% у пшеницы при ПОС и на 31,7 и 29,0% соответственно при ФО, что обеспечивало меньшее торможение роста и снижало потери биомассы у растений.

**Ключевые слова:** полиэлементный агрохимикат (ПЭА), предпосевная обработка семян и фолиарная обработка растений, хлорофиллы, каротиноиды, перекисное окисление липидов

Original article

## IMPACT OF A NEW POLYELEMENT AGROCHEMICAL ON THE GROWTH AND SUSTAINABILITY OF SPRING WHEAT AND PEAS IN THE EARLY STAGES OF DEVELOPMENT

I.A. Bykovskaya, L.V. Osipova

All-Russian Research Institute of Agrochemistry  
named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

**Abstract.** The article presents the results of studying the effect of Priomin, a liquid agrochemical, a derivative of natural minerals in chelate form, enriched with fulvic and humic acids on the possibility of its application in the cultivation of field crops. The experimental scheme included different methods of seed pretreatment (SPT) and foliar treatment (FT) of vegetative plants — spring wheat cultivar Trizo and seed pea cultivar Rocket. The effectiveness of agrochemical action was determined under optimal cultivation conditions and under abiotic stress induced by sucrose osmotic solution in comparison with untreated control by changes in: germination energy, linear size, photosynthetic pigment synthesis activity by the content of malonic dialdehyde (MDA) the main product of lipid peroxidation (LPO). The data obtained indicate a positive effect of pre-sowing treatment with Priomin on the morphological parameters of both studied crops. When soaked with a limited amount of agrochemical (5% of seed weight), soaked for two and eight hours, pea germination energy was increased by 47, 54, 16.2%; wheat germination energy was increased by 10, 36 and 47% respectively; pea sprout length by 40.7, 87.3 and 98.2%; wheat sprout length by 14.5, 15.8 and 13.0%. It was shown that the established changes were associated with the activity of photosynthetic pigments synthesis, the chlorophyll content in wheat seedlings increased from 0.65 to 2.68 mg/g raw weight when Priomin was applied. The osmotic pattern, but expressed to a lesser extent, was also observed in pea plants. Presowing and foliar treatment with agrochemicals increased the resistance of plants of cereals and legumes family to abiotic stress reducing the intensity of peroxidation by 9.5% in pea and by 70.9% in wheat under SPT and by 31.7 and 29.0% respectively under FT, which reduced the growth inhibition and biomass loss in plants.

**Keywords:** polyelement agrochemical (PEA), pre-sowing seed treatment and plant foliar treatment, chlorophylls, carotenoids, lipid peroxidation

**Введение.** В последние десятилетия глобальные биосферные изменения привели к возрастанию климатических рисков и увеличению частоты и продолжительности погодных аномалий, что привлекло внимание научного сообщества на поиск адаптогенов, способствующих активации ростовых процессов и повышающих устойчивость растений

к абиотическим и антропогенным стрессам [1, 2].

В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур широко используются регуляторы роста растений, аминокислоты, микроэлементы в виде хелатов и неорганических солей, различные комплексы удобрений со стимуляторами, природными

и синтетическими антиоксидантами и органическими кислотами [4-6].

Для реализации продуктивного и адаптивного потенциала культур необходимо на каждом этапе развития обеспечивать растениям оптимальные условия прорастания. Особенно важно не допускать недостатка элементов в критический период прорастания

и перехода этиолированного роста к росту на свету, когда происходит перестройка метаболизма, изменяется состав и интенсивность синтеза гормонов. В это время гетеротрофное питание за счет семени, направленное на быстрый рост в стремлении выхода на свет, переключается на автотрофное, удлинение гипокотеля прекращается, и начинается формирование фотосинтетического аппарата. Предобработка семян приводит к активации роста, повышению энергии прорастания и корнеобразования. Полная обеспеченность элементами способствует также развитию защитных механизмов при негативном действии неблагоприятных факторов.

Вопрос о причинах действия различных экзогенных обработок на рост, развитие проростков и дальнейшее формирование продуктивности и реализации адаптивного потенциала привлекает внимание исследователей во всем мире и на сегодняшний день не имеет однозначного решения.

**Цель работы** заключалась в определении оптимальных способов предобработки семян Приомином и изучению его влияния на физиолого-биохимические особенности роста и развития яровой пшеницы и гороха посевного.

**Методика исследований.** Опыты проводили в 2021-2022 гг. в ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» с яровой пшеницей (*Triticum aestivum* L.) сорта Тризо и горохом (*Pisum sativum* L.) сорта Рокет.

В первой серии опытов оценивали способы предпосевной обработки семян. Определяли влияние времени намачивания семян в Приомине — 2 часа и 8 часов, а также смачивания агрохимикатом из расчета 5% от массы обрабатываемых семян. Всхожесть, энергию прорастания определяли по ГОСТ 12038-84 (3.8.1), а также линейные размеры и массу проростков.

Во второй серии экспериментов изучали действие агрохимиката на устойчивость растений к стрессу, индуцированному обезвоживанием. Опыты проводили в рулонной культуре по ГОСТ 12038-84 (3.8.3) в термокамере при поддержании температуры и влажности воздуха. Стресс имитировали, используя 3,8% раствор сахарозы. Контрольные и обработанные Приомином семена первые двое суток проращивали на воде, затем половину рулонов переносили на растворы сахарозы, через трое суток определяли линейные размеры проростков и рассчитывали степень торможения роста по отношению к контролю.

Для определения активности синтеза фотосинтетических пигментов при переходе от этиолированного роста к росту на свету проростки переносили на световую площадку и через 45 минут определяли содержание хлорофиллов — *a*, *b* и каротиноидов. Количественное определение пигментов проводили на спектрофотометре Helios Omega UV-VIS.

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию в проростках малонового диальдегида (МДА), конечного продукта ПОЛ, используя цветную реакцию с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Для проведения анализа 0,3 г растительного материала растирали в 10 мл 10% трихлоруксусной кислоте, центрифугировали 15 минут

при 10000g. К 1 мл надосадочной жидкости приливали 5 мл 0,5% раствора ТБК в 20% трихлоруксусной кислоте. Образцы выдерживали на водяной бане в течение 30 минут, охлаждали и центрифугировали 15 минут при 10000g. Оптическую плотность полученного раствора измеряли при длине волны 532 и 600 нм на спектрофотометре.

Концентрацию МДА рассчитывали, используя коэффициент экстинкции при  $156 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Стрессоустойчивость определяли по сравнению с контролем.

В почвенной культуре оценивали влияние foliarной обработки агрохимикатом Приомина на физиологическое состояние вегетирующих растений.

Опыт закладывался в почвенной культуре по методике З.И. Журбицкого [8]. В опыте использовали сосуды, вмещающие 300 г воздушно-сухой почвы. В качестве грунта использовали

почвогрунт ЭК30. Посев осуществляли семенами по 15 семян пшеницы и по 9 семян гороха (на сосуд), согласно схеме опыта. Полив осуществляли каждый день одинаковым объемом воды, не содержащей ионов хлора, поддерживая влажность почвы на уровне 75%. Продолжительность эксперимента 21 день.

На 13 день после всходов — по листу, обработали вегетирующие растения (пшеницу и горох) раствором Приомина до полного смачивания растений со всех сторон. На 16 и 21 день опыта отбирали растительные пробы и определяли содержание МДА и пигментов фотосинтеза, а также длину ростков и корней, сырую и сухую массы растений.

**Результаты и обсуждение.** При изучении эффективности применения жидкого минерального удобрения Приомина определяли влияние вида и времени обработки семян пшеницы на энергию прорастания (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Влияние вида и времени обработки семян пшеницы и гороха на энергию прорастания  
Table 1. Effect of type and time of treatment of wheat and pea seeds on germination energy

Число семян на 3 сутки, шт.	Контроль		Смачивание		Намачивание			
	1*	2**	1*	2**	2 часа		8 часов	
					1*	2**	1*	2**
Проросли	38,0	7,4	22,6	10,6	52	11,4	56,0	8,6
Наклюнулись	54,6	4,6	71,4	8,0	44,6	8,0	42,4	9,4
Не проросли	7,4	8	6,0	1,4	3,4	0,6	1,4	2,0

1\* — Пшеница; 2\*\* — Горох.

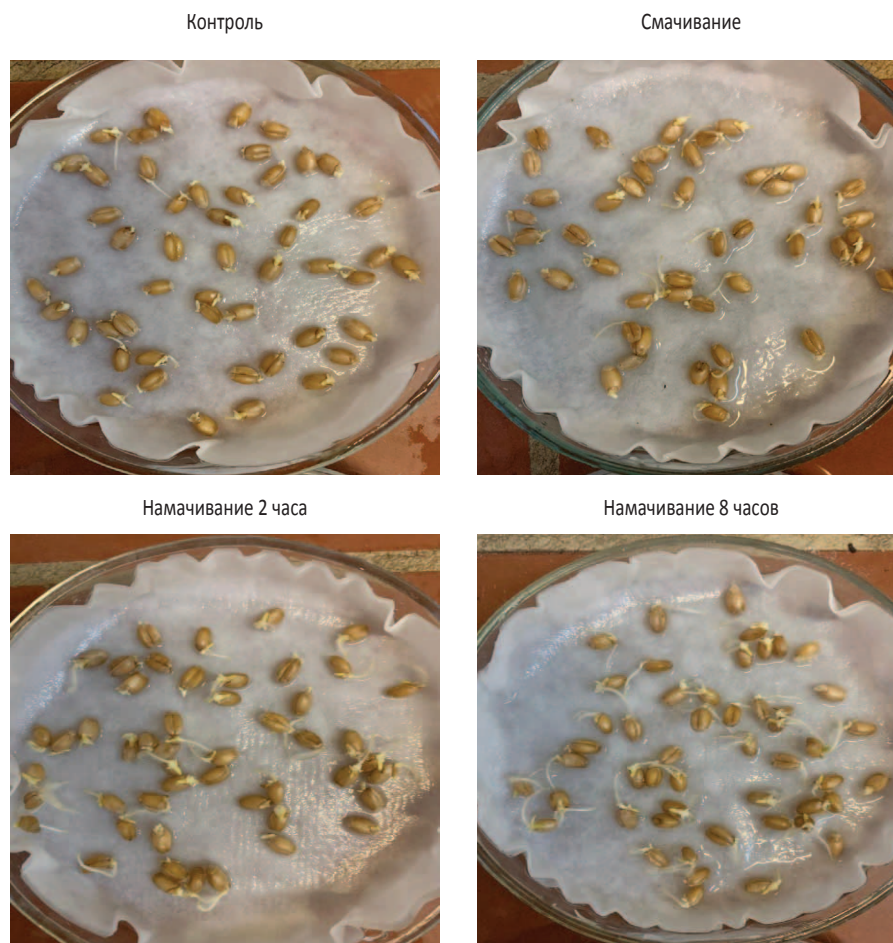


Рисунок 1. Энергия прорастания пшеницы при разных способах ПОС  
Figure 1. Wheat germination energy for different SPT methods



Считается, что этот параметр коррелирует с урожайностью культур, так как семена, проросшие в первые трое суток на 30-38% продуктивнее, чем все семена в целом.

В проведенных опытах было установлено, что предпосевная обработка семян Приомином повышала энергию прорастания при предварительном намачивании зерновок пшеницы в течение 2 часов на 36%, в течение 8 часов — на 47%. При смачивании — обработке зерновок ограниченным объемом Приомина, снизилось количество проросших на 40%, но увеличило число наклюнувшихся на 30%. Всхожесть семян была высокой, практически все зерновки проросли на 7 сутки при всех видах предпосевной обработки семян (ПОС).

Предпосевная обработка семян гороха также повысила энергию прорастания (табл. 1). В варианте смачивания с Приомином количество проросших семян по сравнению с контролем увеличилось на 47%, при двухчасовом намачивании водой (ПОС водой) — на 54%, и на 16,2% при намачивании в течение 8 часов.

При выборе вида и времени обработки семян Приомином оценивали также особенности роста и развития проростков пшеницы, которые проявлялись в изменении показателей длины зародышевых корней и побега и их массы. Эти параметры отражают интенсивность клеточного деления, скорость роста и накопление органического вещества на первых этапах развития (табл. 2).

Анализ морфометрических параметров показал эффективность применения Приомина при всех видах предпосевной обработки. Длина ростка при смачивании, двухчасовом и восьмичасовом замачивании увеличивалась по сравнению с контролем на 14,5, 15,8 и 13% соответственно. Линейные размеры первичной корневой системы возрастали на 25% при смачивании и намачивании семян в течение двух часов. При более продолжительном намачивании до восьми часов эффект от применения препарата был ниже и составлял 15,3%. Испытуемый препарат также оказывал стимулирующее действие на массу корней, которая превышала контроль при всех видах обработки семян пшеницы.

Реакция зернобобовой культуры — гороха на все виды ПОС Приомином была положительной, но имела некоторые особенности (табл. 2, рис. 2).

Длина ростков при смачивании и намачивании семян 2 и 8 часов увеличивалась соответственно на 40,7, 87,3 и 98,2%, а сырая масса возросла в 1,4, 2,4 и 3,6 раза, что гораздо больше, чем у проростков пшеницы. Линейные размеры первичных корней при встряхивании возросли на 33,3%. В обоих вариантах намачивания линейные размеры корней были близки к аналогичному показателю в контроле, однако, их поперечный размер (толщина корней) был больше контроля, что отразилось на их сырой массе, которая возросла в 1,8 и 2,2 раза по отношению к массе первичных корней в контрольном варианте.

У гороха была выше корнеобеспеченность — физиологическая зависимость между

Таблица 2. Действие препарата на линейные размеры и массу проростков пшеницы и гороха  
Table 2. Effect of the preparation on linear size and mass of wheat and pea sprouts

Вариант	Длина, см				Масса, 100 растений, г			
	росток, г		корни, г		сырая		сухая	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Контроль	8,0	2,2	7,44	6,6	5,0	5,0	0,4	5,0
Смачивание	9,12	3,1	9,34	8,8	6,0	7,0	0,7	9,0
Намачивание 2 часа	9,26	4,1	9,30	5,0	6,0	12,0	0,6	9,0
Намачивание 8 часов	9,0	4,4	8,58	6,7	6,0	14,0	0,5	1,1
НСР	0,45	0,21	0,52	0,32				

1\* — Пшеница; 2\*\* — Горох.

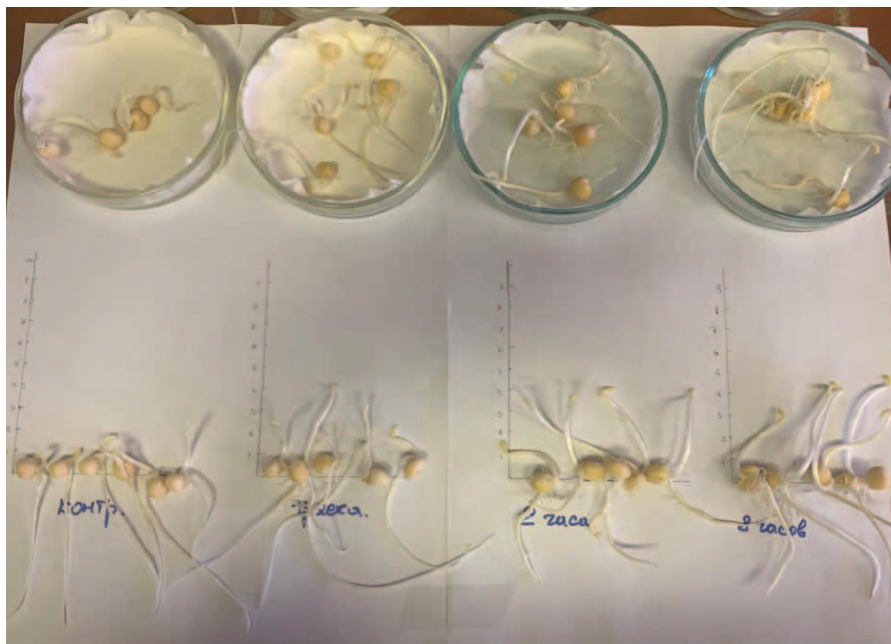


Рисунок 2. Всхожесть гороха при разных способах ПОС и влияние ПОС на ростовые процессы  
Figure 2. Pea germination at different SPT methods and the effect of SPT on growth processes

Таблица 3. Влияние видов предпосевной обработки семян Приомином на морфометрические показатели пшеницы и гороха, % от контроля  
Table 3. Effect of Priomin pre-sowing seed treatment on morphometric indicators of wheat and peas, % of control

Показатели	Вид обработки					
	смачивание	Пшеница		смачивание	Горох	
		намачивание 2 часа	намачивание 8 часов		намачивание 2 часа	намачивание 8 часов
Энергия прорастания, %	-	36	47	47	54	16,2
Длина ростка, %	14,5	15,8	13,0	40,7	87,3	98,2
Длина корня, %	25,5	25,0	15,3	33,0	-	0
Сырая масса, % к контролю	20,0	20,0	20,0	40,0	140	180
Корнеобеспеченность, отн. ед.	0,93	1,01	0,95	2,73	1,21	1,53

Таблица 4. Влияние Приомина на содержание фотосинтетических пигментов в проростках пшеницы и гороха, мг/г сырой массы  
Table 4. Effect of Priomin on photosynthetic pigments content in wheat and pea sprouts, mg/g wet weight

Культура	Вариант	Хлорофиллы				Каротиноиды
		a	b	Σa, b	a/b	
Пшеница	Контроль	0,067	0,138	0,205	0,49	0,65
	Приомин	0,245	0,526	0,77	0,46	2,68
Горох	Контроль	0,15	0,28	0,43	0,53	0,72
	Приомин	0,142	0,34	0,49	0,43	0,75



Таблица 5. Влияние Приомина на размеры и массу проростков пшеницы и гороха при действии осмотического стресса (3,8% сахарозы)  
Table 5. Effect of Priomin on the size and weight of wheat and pea sprouts under osmotic stress (3.8% sucrose)

Культура	Орган проростка	Длина, см				Сухая масса 10 растений, г			
		контроль		Приомин		контроль		Приомин	
		opt	стресс	opt	стресс	opt	стресс	opt	стресс
Пшеница	Росток	8,9	2,86	9,68	3,67	0,9	0,2	0,9	0,4
	Корень	15,5	10,0	15,3	11,8	0,8	0,2	0,6	0,6
Горох	Росток	8,98	5,56	9,34	5,99	2,8	1,5	2,9	1,4
	Корень	10,7	8,38	13,29	11,1	1,0	1,1	1,4	1,0

Таблица 6. Действие Приомина на устойчивость проростков пшеницы и гороха к окислительному стрессу, % к контролю  
Table 6. Effect of Priomin on oxidative stress tolerance of wheat and pea sprouts, % of control

Вариант	Линейные размеры				Масса растений			
	Пшеница		Горох		Пшеница		Горох	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Росток	-68,0	-62,2	38,1	35,8	77,8	55,6	46,4	44,8
Корень	-34,9	-22,8	21,8	16,5	75,0	-	32,0	-28,6

1\* — контроль; 2\*\* — Приомин.

Таблица 7. Влияние Приомина на фотосинтетический аппарат гороха при действии стресса, мг/г сырой массы  
Table 7. Effect of Priomin on the photosynthetic apparatus of pea under stress, mg/g wet weight

Вариант	Хлорофиллы			Каротиноиды
	<i>a</i>	<i>b</i>	$\sum a, b$	
Контроль	0,15	0,33±0,02	0,48	0,75
Приомин	0,17	0,39±0,025	0,56	0,89

Таблица 8. Влияние Приомина на интенсивность окислительных процессов в норме и при действии стресса (МДА, мкМ/г сырой массы)  
Table 8. Effect of Priomin on the intensity of oxidative processes under normal and stress conditions (MDA, μM/g raw weight)

Вариант	Пшеница				Горох			
	росток		корень		росток		корень	
	opt	стресс	opt	стресс	opt	стресс	opt	стресс
Контроль	24,2	7,9	6,54	11,3	3,59	3,97	2,69	5,26
Приомин	4,61	2,3	3,08	4,4	5,9	3,59	2,82	6,28

Таблица 9. Влияние фоллиарной обработки пшеницы и гороха Приомином на физиологические показатели  
Table 9. Effect of foliar treatment of wheat and pea with Priomin on physiological parameters

Вариант	МДА, мкМ/г сырой массы	Хлорофиллы, мг/г сырой массы							Каротиноиды, мг/г сырой массы	
		<i>a</i>		<i>b</i>		$\sum a, b$			1*	2**
		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*		
Контроль	7,31	15,38	1,12	1,20	1,28	1,65	2,4	2,86	9,31	10,83
Приомин	5,19	10,51	1,30	1,22	1,76	2,82	3,06	4,04	11,59	14,02

1\* — Пшеница; 2\*\* — Горох.

Таблица 10. Изменение содержания МДА и фотосинтетических пигментов под действием фоллиарной обработки Приомином, % к контролю  
Table 10. Changes in the content of MDA and photosynthetic pigments under the effect of foliar treatment with Priomin, % to control

Культура	МДА	Хлорофиллы			Каротиноиды
		<i>a</i>	<i>b</i>	$\sum a, b$	
Пшеница	-29,0	+15,9	+38,0	+27,5	+24,5
Горох	-31,7	0	+70,4	+70,4	+29,5

корневой системой и надземной частью, что определяет скорость укоренения на первых этапах роста растений, их обеспеченность водой.

Полученные данные свидетельствуют о том, что все виды ПОС пшеницы и гороха агрохимикатом Приомин эффективны (табл. 3).

Из приведенных в таблице 3 данных видно, что горох более отзывчив на применение препарата.

Для дальнейших исследований эффективности применения Приомина была выбрана предпосевная обработка — двухчасовое намачивание.

Для выяснения причины положительного влияния на стартовые механизмы прорастания яровой пшеницы и гороха проведены лабораторные эксперименты, в которых определяли активность синтеза фотосинтетических пигментов.

Как показали проведенные исследования, Приомин активизировал синтез пигментов фотосинтеза — хлорофиллов *a, b*, каротиноидов (табл. 4).

ПОС препаратом на первых этапах развития повышала содержание хлорофилла *a*, ответственного как за поглощение квантов света, так и за превращение энергии светового потока в энергию химических связей. Увеличилось и содержание хлорофилла *b* и каротиноидов наряду со светосбором, участвующих в защите молодых растений от фотоингибирования. Отношения форм хлорофиллов в контрольном и опытном вариантах было близким, что свидетельствует о сбалансированной работе фотосинтетического аппарата. Повышение содержания пигментов указывает на усиление поглощения углекислоты, накопление органического вещества, что способствует повышению интенсивности ростовых процессов и отражается на линейных размерах и массе ростка при ПОС Приомином.

При испытании Приомина на растениях гороха получены аналогичные закономерности, но выраженные в меньшей степени.

Для оценки влияния стрессоустойчивости полевых культур были проведены эксперименты по оценке роста растений на осмотически активном растворе сахарозы, имитирующем водный стресс (табл. 5, 6). Устойчивость оценивали по линейным размерам проростков и степени их снижения к аналогичному показателю в контроле.

Анализируя данные опыта, проведенного в рулонной культуре, необходимо отметить, что в нем получены такие же закономерности по влиянию Приомина на линейные размеры проростков в оптимальных условиях культивирования, как и в опыте, проведенном при определении всхожести и энергии прорастания.

Стресс на первых этапах развития растений пшеницы и гороха затормозил рост первичных корешков и ростков. В большей степени запаздывала с развитием надземная часть проростка, его линейные размеры по сравнению с контролем были на 68% меньше у пшеницы и на 38,5% у гороха.

Действие стресса на надземную часть проростка усугублялось ее повышенной



чувствительностью из-за неразвитой листовой поверхности и невозможностью утилизировать излишки световой энергии, что приводило к большей задержке роста.

Рост корешков у пшеницы был заторможен на 34,9%, а у гороха — на 21,8%. Применение Приомина снизило токсическое действие стресса — уменьшилась степень торможения роста у обеих изучаемых культур. У пшеницы задержка роста наземной части снизилась с 68 до 62,2%, корней — с 34,9 до 22,8%, у гороха, соответственно, с 38,1 до 35,8% у ростков и с 21,8 в контроле до 16,5% в опыте. Отмечено также и меньшее изменение массы ростков обеих культур при стрессе.

При обработке семян препаратом несколько возрос синтез хлорофиллов и каротиноидов (на 18%) (табл. 7), которые в условиях стресса выполняют роль ловушек свободных радикалов, защищая фотосинтетический аппарат от повреждения.

Вызванное стрессом усиление генерации свободных радикалов увеличило активность окислительных процессов в растении, интенсивность которых оценивали по содержанию конечных продуктов этих процессов, дающих стойкое окрашивание с тиобарбитуровой кислотой, основным из которых является малоновый диальдегид (МДА) (табл. 8).

В проростках содержание МДА при действии стресса в контроле и у пшеницы, и у гороха повышалось, что свидетельствует о развитии окислительного стресса. Под влиянием Приомина у обеих культур интенсивность окислительных процессов снижалась, соответственно, на 50,1% у пшеницы и на 39,2% у гороха.

В корнях пшеницы уровень окислительного стресса вырос на 72,3%, под влиянием Приомина — на 42,8%. Содержание МДА в корнях гороха выросло на 95% в контроле и на 74,4% в варианте с Приомином.

Предпосевная обработка семян Приомином пшеницы и гороха снижала интенсивность окислительных процессов в оптимальных условиях культивирования и при действии стресса, вызванного осмотическим действием раствора сахарозы, обеспечивая проросткам лучшие условия для роста и развития.

В климатическом фитотроне был проведен эксперимент по изучению фолиарной обработки препаратом Приомина на физиологические параметры роста растений. Некорневое внесение было проведено через 2 недели после всходов пшеницы и гороха. Растительные пробы были отобраны через 3 суток после

опрыскивания. Определение последствия препарата проведено через 10 суток.

Проведенные исследования показали, что опрыскивание препаратом стимулировало синтез фотосинтетических пигментов и снижало интенсивность окислительных реакций в растениях пшеницы и гороха (табл. 9).

Накопление МДА, показателя интенсивности процессов перекисного окисления липидов, вызванного активными радикалами, снизилось при опрыскивании пшеницы Приомином на 29%, гороха — на 31,7% по сравнению с контролем (табл. 10).

Эти изменения сопровождались активацией синтеза хлорофилла *b*, содержание которого в листьях пшеницы возросло на 37,5%, а в листовых пластинах гороха на 70,4%. Также отмечалось увеличение содержания каротиноидов, которые проявляли себя как антиоксиданты и способствовали снижению уровня свободно-радикального окисления.

**Выводы.** Приомина запускает и активизирует стартовые механизмы прорастания при всех способах обработки. Растения реагируют на экзогенное воздействие Приомином изменением физиолого-биохимического статуса — возрастанием синтеза хлорофилловых пигментов и снижением интенсивности окислительных процессов в организме, что способствует оптимизации ростовой функции, обеспечивает более раннее начало фотосинтеза, который, в свою очередь, способствует лучшему укоренению, развитию первичной корневой системы, лучшему использованию почвенной влаги.

#### Список источников

1. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Адаптация России к изменению климата: концепция национального плана // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2017. № 586. С. 7-20.
2. Павлова В.И., Богданов А.Ю., Семенов С.М. Об оценке Благоприятности климата для культивирования зерновых, исходя из частоты сильных засух // Метеорология и гидрология. 2020. № 12. С. 95-100.
3. Josse, E.M., Yalilbay, K.J. (2008). Skotomorphogenesis: The dark side of light signaling. *Curr. Biol.*, vol. 18, no. 24, p. 1144.
4. Шаповал О.А., Можарова И.Г., Барчукова А.Я., Коршунов А.Л., Мухина М.Т. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИА, 2015. 348 с.
5. Вознесенская Т.Ю., Можарова И.П. Влияние инновационных удобрительных комплексов на фотосинтез

и продуктивность листового аппарата пшеницы озимой // Плодородие. 2021. № 6. С. 52-55.

6. Пахомова В.М., Даминова А.И. Действие антиоксидантов на рост растений // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 26-28.

7. Полесская О.Г., Каширина Е.И., Алехина Н.Д. Влияние солевого стресса на антиоксидантную систему растений в зависимости от условий азотного питания // Физиология растений. 2006. Т. 53. № 2. С. 207-214.

8. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968. 598 с.

#### References

1. Katsov, V.M., Porfir'ev, B.N. (2017). Adaptatsiya Rossii k izmeneniyu klimata: kontseptsiya natsional'nogo plana [Adaptation of Russia to climate change: the concept of the national plan]. *Trudy glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova* [Proceedings of the main geophysical observatory. A.I. Voeikov], no. 586, pp. 7-20.
2. Pavlova, V.I., Bogdanov, A.Yu., Semenov, S.M. (2020). Ob otsenke Blagopriyatnosti klimata dlya kul'tivirovaniya zernovykh, iskhodya iz chastoty sil'nykh zasukh [On the assessment of the favorability of the climate for the cultivation of cereals based on the frequency of strong droughts]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology], no. 12, pp. 95-100.
3. Josse, E.M., Yalilbay, K.J. (2008). Skotomorphogenesis: The dark side of light signaling. *Curr. Biol.*, vol. 18, no. 24, p. 1144.
4. Shapoval, O.A., Mozharova, I.G., Barchukova, A.Ya., Korshunov, A.L., Mukhina, M.T. (2015). *Regulyatory rosta rastenii v agrotekhnologiyakh osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Plant growth regulators in the agrotechnologies of major agricultural crops]. Moscow, VNIIA. 348 p.
5. Voznesenskaya, T.Yu., Mozharova, I.P. (2021). Vliyanie innovatsionnykh udobritel'nykh kompleksov na fotosintez i produktivnost' listovogo apparata pshenitsy ozimoi [Influence of innovative fertilizer complexes on photosynthesis and productivity of winter wheat leaf apparatus]. *Plodородие* [Fertility], no. 6, pp. 52-55.
6. Pakhomova, V.M., Daminova, A.I. (2019). Deistvie antioksidantov na rost rastenii [The effect of antioxidants on plant growth]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 33, no. 11, pp. 26-28.
7. Poleskaya, O.G., Kashirina, E.I., Alekhina, N.D. (2006). Vliyanie solevogo stressa na antioksidantnyuyu sistemu rastenii v zavisimosti ot uslovii azotnogo pitaniya [Influence of salt stress on the antioxidant system of plants depending on the conditions of nitrogen nutrition]. *Fiziologiya rastenii* [Plant physiology], vol. 53, no. 2, pp. 207-214.
8. Zhurbitskii, Z.I. (1968). *Teoriya i praktika vegetatsionnogo metoda* [Theory and practice of the vegetative method]. Moscow, Nauka Publ., 598 p.

#### Информация об авторах:

**Быковская Ирина Александровна**, старший научный сотрудник лаборатории физиологии минерального питания и устойчивости растений, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6241-7520>, bykovskaya\_irina@bk.ru

**Осипова Людмила Владимировна**, доктор биологических наук, заведующая лабораторией физиологии минерального питания и устойчивости растений, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5375-4939>, legos4@yandex.ru

#### Information about the authors:

**Irina A. Bykovskaya**, senior researcher of the laboratory of physiology of mineral nutrition and sustainability, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6241-7520>, bykovskaya\_irina@bk.ru

**Lюдмила V. Osipova**, doctor of biological sciences, head of the laboratory of physiology of mineral nutrition and sustainability, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5375-4939>, legos4@yandex.ru

