УДК 631.811.98 DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.04

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛАТОНИНА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РФ

О.А. Шаповал, д.с.-х.н., М.Т. Мухина, к.б.н., Р.А. Боровик, к.б.н.,
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31А, Россия, elgen@mail.ru

Приведены данные по изучению различных концентраций мелатонина при обработке семян. При проведении лабораторного опыта установлены оптимальные концентрации при обработке семян: 0,1; 0,01; 0,001%. В Московской области в течении 2021-2023 г. были заложены опыты в полевых условия Нечерноземной зоны на дерново-подзолистых почвах на яровой пшенице сорта Злата. На данном этапе исследований проводилась отработка регламентов применения при обработке семян. В среднем за 3 года в вариантах с применением мелатонина при обработке семян растворами с концентрациями 0,1; 0,01; 0,001% урожайность составила, соответственно, 4,42; 4,51; 4,38 т/га, при урожайности на контроле 4,09 т/га (при $НСР_{0,5}$ = 0,20 т/га).

Ключевые слова: мелатонин, яровая пшеница, концентрация, всхожесть, урожайность, качество.

Для цитирования: *Шаповал О.А., Мухина М.Т., Боровик Р.А.* Эффективность применения мелатонина при обработке семян яровой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ// Плодородие. – 2025. – №4. – С. 16-18. DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.04.

Современные направления поиска механизма регулирования продукционным процессом и управлением качества сельскохозяйственной продукции невозможны без использования биологически активных веществ. Особое место в разработке прорывных технологий занимают биологически активные вещества, которые оказывают протекторное действие при различных стрессах: засуха, засоление, резкие перепады высоких и низких температур, воздействие тяжелых металлов, гербицидов, кислотности среды.

В последнее время наблюдаются негативные последствия изменения климата для производства сельскохозяйственных культур. По данным «Национального плана мероприятий адаптации к изменениям климата», нарастающая засушливость может значительно ухудшить климатическую ситуацию на юге России, в Поволжье и степных регионах. Все это приводит к возрастанию стрессовых нагрузок, нарушению обменных процессов, энергетического и углеводного баланса, изменению характеристик биометрических показателей роста растений. Снижаются урожайность, неспецифический иммунитет, как следствие, уменьшается сопротивляемость растений к различным заболеваниям. Это придает импульс поиску новых многофункциональных компонентов, способных снижать вышеперечисленные риски.

Особое место в этом поиске приобрел новый фитогормон фитомелатонин (далее по тексту мелатонин, или ФМЛ). Сначала он был обнаружен в одноклеточных водорослях, а в 1993 г. – в высших растениях. Это дало толчок к проведению исследований по поиску мелатонина во многих растениях. Установлено, что мелатонин присутствует практически во всех организмах от прокариот до эукариот, и от животных до растений [2,3]. Также много данных свидетельствуют о его полифункциональности как фитогормона с антиоксидантными функциями. Доказаны его защитное действие от окислительного стресса, рострегулирующая и иммуномодулирующая активность. Фитомелатонин влияет на уровень гормонов в клетках растений, увеличение митотического индекса, и как следствие – энергии прорастания семян [1, 2].

Начиная с 2019 г., во ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова проводятся исследования с фитомелатонином. Были установлены диапазоны оптимальных концентраций, оценено их влияние на ростовые, формообразовательные процессы растений; изучены закономерности их воздействия на биометрические показатели роста и фотосинтетическую деятельность растений.

Цель исследования – оценить эффективность применения различных концентраций мелатонина при обработке семян яровой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ.

Методика. Начальным периодом в исследованиях с мелатонином было его тестирование на модельной системе. В качестве стандартного способа тестирования ростовых веществ для анализа биологической активности на сельскохозяйственных культурах использовали семена растений. Они тестировались на всхожесть и энергию прорастания семян и развитие проростков (ГОСТ 33061-2014).

Исследования последних лет показали прогресс в понимании роли ФМЛ в физиологических функциях растения. Однако его использование как стимулятора роста растений с весьма широкими возможностями на различных культурах оставалось нераскрытым. Проведение скрининга с ФМЛ, которое проходило в несколько этапов, выявило высокую биологическую активность данного вещества.

Скрининговые испытания фитомелатонина, проведенные на трех культурах в двух пулах лабораторного опыта, выявили концентрации, при которых такие показатели как всхожесть, энергия прорастания, масса проростков, длина ростка и корешка были самыми оптимальными, и составили 0,1; 0,01; 0,001%. Энергия прорастания в опытных вариантах колебалась от 99 до 100%, а на контроле равна 95%, всхожесть показала одинаковые результаты – 100%.

В 2021-2023 г. исследования продолжили в полевых условиях Нечерноземной зоны, в Московской области, на дерново-подзолистых почвах. На данном этапе исследований проводили разработку регламентов применения фитомелатонина при обработке семян.

Объектом исследований были яровая мягкая пшеница сорта Злата и мелатонин (*N-acetyl-5-methoxytryptamine*) – плейотропная молекула индольной природы.

Опыт был заложен по следующей схеме: 1. Контроль

(б/о). 2. Фон NPK; 3. Фон + ФМЛ, 0,1%. Предпосевная обработка семян, расход рабочего раствора – 10 л/т; 4. Фон + ФМЛ, 0,01%. Предпосевная обработка семян, расход рабочего раствора – 10 л/т; 5. Фон + ФМЛ, 0,001%. Предпосевная обработка семян, расход рабочего раствора –10 л/т.

Основное внесение удобрений в опыте (фон) составляло: N – 40 кг д.в./га, P_2O_5 – 40 кг д.в./га и K_2O – 80 кг д.в./га. Площадь учетной делянки 50 м^2, повторность опыта – четырехкратная.

Почва опытных участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая окультуренная, типичная для пахотных почв Московской области и Нечерноземной зоны РФ. Среднее содержание гумуса в почве – 2,0%. По реакции почвенного раствора опытная почва близка к нейтральной (pH 6,0). Агрохимические показатели почвы: высокое содержание фосфора (P_2O_5 – 235 мг/кг), повышенное калия (K_2O – 140 мг/кг), азота (NO_3^- – 9,4 мг/кг). Обработка почвы состояла из основного пожнивного лущения и вспашки на 20-22 см; предпосевного боронования, внесения удобрений, предпосевной культивации на 10-12 см. В период вегетации проводили агротехнические мероприятия, согласно принятому регламенту.

Погодные условия для яровой пшеницы в 2021 г. в целом сложились благоприятно. ГТК в 2021 г. для яровых культур составил 1,36, что характеризует год, как типичный для данной зоны. Агрометеорологические условия вегетационного периода 2022 г. значительно отличались от среднемноголетних данных. В апреле и мае выпали осадки, превышающие среднемноголетние данные на 30 и 100% соответственно, в июне – на 50% ниже среднемноголетних данных, в августе осадки отсутствовали. А вот температурный режим в весенние месяцы был ниже среднемноголетних данных; в летние месяцы отмечали повышение температуры на 1,5–2^{0}С, а в августе – на 4^{O}С по сравнению со среднемноголетними данными. В 2023 г. погодные условия были достаточно благоприятными для выращивания яровой пшеницы. В период вегетации среднесуточная температура находилась практически на одном уровне со средними многолетними показателями. Осадков выпало значительно ниже нормы. В августе температура была выше средней многолетней, в третьей декаде осадков выпало фактически в 3 раза больше.

Результаты и их обсуждение. Результаты испытаний в полевых условиях с целью определения оптимальных концентраций мелатонина при обработке семян на яровой пшенице сорта Злата в Московской области показали позитивное влияние препарата на развитие и рост растений. Наблюдались положительные изменения во внешнем виде растений: цвет листьев более насыщенный, колос визуально не поражен заболеваниями, перед уборкой на растениях отсутствовали невыполненные колосья.

При обработке семян важный показатель, характеризующий эффективность препарата, – полевая всхожесть. В опыте она изменялась от 79% на контроле до 87-85% в вариантах с обработкой семян мелатонином. Поэтому увеличение количества стеблей к уборке, которое наблюдалось при проведении опыта во все годы, было закономерным.

Применение препарата позитивно сказалось на количестве стеблей к моменту уборки культуры. Использование мелатонина обеспечило увеличение числа продуктивных стеблей, по сравнению с необработанным контролем, на 19-28% (табл.1).

1. Полевая всхожесть семян и число стеблей яровой пшеницы (в среднем за 3 года)

Вариант	Полевая всхожесть, %	Число стеблей к уборке на 1 м^2		
		всего	продуктивных	прибавка числа продуктивных стеблей к контролю
Фон – NPK. (Контроль без обработки)	79	520	407	–
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,1%	85	629	520	113
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,01%	87	600	486	79
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,001%	85	584	489	82
НСР $_{0,5}$		61	78	

В вариантах с применением мелатонина в среднем за 3 года число стеблей на 1 м^2 возрастало. Число продуктивных стеблей на 1 м^2 в испытуемых вариантах так же было сравнительно больше, чем на контроле. Продуктивная кустистость во всех вариантах с применение препарата была выше контроля (1,1) и варьировалась в пределах 1,2-1,3.

В вариантах применения мелатонина с концентрациями раствора 0,1; 0,01; 0,001% наблюдалось увеличение длины соломины с 87,2 до 96,9 см, при показателе на контроле 75,7 см. Длина колоса под действием изучаемых препаратов повысилась на 0,1-0,3 см, а высота растений – на 1,9-4,7 см.

Отмечалось увеличение количества зёрен в колосе во всех вариантах с обработкой семян изучаемым препаратом и, как следствие, увеличение массы зерна с колоса от 0,67 г на контроле до 0,68-0,71 г в этих вариантах.

Максимальная длина главного колоса была в варианте с применением раствора мелатонина 0,001% и составляла 8,6 см, при показателе на контроле 6,5 см. В остальных вариантах опыта длина главного колоса варьировалась в пределах 6,7-8,5 см. Увеличение длины так же способствовало увеличению количества колосков. В вариантах с предпосевной обработкой препаратом число колосков варьировалось с 14 до 16, при показателе на контроле 14. Фитосанитарное состояние посевов в вариантах с применением мелатонина не изменялось по сравнению с контролем.

3 года исследований показали, что в вариантах применения мелатонина с концентрацией раствора 0,1; 0,01; 0,001% наблюдалось достоверное повышение урожайности яровой пшеницы во всех вариантах опыта. В 2021 г. прибавка урожайности в опытных вариантах колебалась в интервале 0,49-0,65 т/га (при $НСР_{0,5}$ = 0,41 т/га), в 2022 г. – 0,16-0,44 т/га (при $НСР_{0,5}$ = 0,24 т/га), в 2023 г. 0,13-0,30 т/га (при $НСР_{0,5}$ = 0,15 т/га) (табл. 2).

Масса 1000 зерен и масса зерна с колоса в вариантах опыта существенно изменялись. Максимальное число зёрен с главного колоса составило 32-36, на контроле – 28. Соответственно и масса зерна с главного колоса была выше в вариантах с применением мелатонина. Масса 1000 зёрен в вариантах с применением препарата в концентрациях 0,1; 0,01 и 0,001% значительно превышала аналогичный показатель контроля без обработки. Так, максимальное значение этого показателя получено в варианте с концентрациями раствора 0,01 и 0,001%, где превышение составило, соответственно, 16 и 17% при показателе на контроле 37,1 г (табл.3).

2. Влияние мелатонина на урожайность яровой пшеницы

Вариант	Урожайность яровой пшеницы по годам, т/га			Урожайность яровой пшеницы, в среднем за 3 года		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	т/га	прибавка, т/га	%
Фон – NPK. (Контроль без обработки)	4,80	3,26	4,20	4,09	–	–
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,1%	5,45	3,42	4,40	4,42	0,33	108
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,01%	5,33	3,70	4,50	4,51	0,42	110
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,001%	5,29	3,52	4,33	4,38	0,29	107
НСР $_{0,5}$	0,41	0,24	0,21	0,30	0,20	

3. Качественные показатели зерна яровой пшеницы (в среднем за 3 года)

Вариант	Масса зерна с колоса	Масса 1000 зерен	Клейковина	Белок
	г		%	
Фон – NPK. (Контроль без обработки)	1,24	37,1	23,1	12,8
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,1%	1,40	42,8	23,9	13,0
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,01%	1,38	43,2	23,9	13,0
Фон + Мелатонин, обработка семян 0,001%	1,4	43,52	24,5	13,1
НСР $_{0,5}$	0,12	5,1	–	–

Одним из основных показателей качества зерна пшеницы является содержание белка и клейковины. Содержание белка и клейковины в зерне в вариантах с применением мелатонина в концентрациях 0,1; 0,01 и 0,001% превышало соответствующие показатели на контроле без обработки.

Выводы. В исследованиях ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова с фитомелатонином установлены диапазоны оптимальных концентраций, которые эффективно влияли на ростовые, формообразовательные процессы растений, биометрические показатели роста и фотосинтетическую деятельность растений. Многие исследователи, изучающие действие мелатонина, отмечают его многофункциональность как фитогормона, что предполагает и его рострегулирующую и иммуномодулирующую активность.

В подтверждение этого факта нами получены данные, которые свидетельствуют, что выбранные концентрации в ходе лабораторных опытов показали высокую биологическую активность. В опыте полевая всхожесть семян составила 87-85%, при этом показатель на контроле был равен 79%. Положительный эффект наблюдался также при определении количества стеблей к моменту уборки культуры: число продуктивных стеблей по сравнению с необработанным контролем изменялось на 19-28%.

За 3 года применения ФМЛ при обработке семян в концентрациях 0,1; 0,01; 0,001% наблюдали достоверную прибавка урожайности яровой пшеницы во всех вариантах опыта ежегодно.

В вариантах с применением ФМЛ при обработке семян в концентрациях 0,1; 0,01; 0,001% урожайность составила, соответственно, 4,42; 4,51; 4,38 т/га, при урожайности на контроле 4,09 т/га (при $НСР_{0,5}$ = 0,20 т/га). Достоверная прибавка урожайности равна, соответственно, 0,33; 0,42; 0,29 т/га, или была больше на 8-10%. Наблюдались и позитивные изменения качественных показателей зерна: содержание белка в среднем за 3 года составило 13,0-13,1%, при 12,8% на контроле, сырой клейковины, соответственно, 23,9-24,5%, относительно контроля – 23,1%.

Литература

1. *Arnao M.B.* Melatonin: A New Plant Hormone and/or a Plant Master Regulator / M.B. Arnao, J. Hernández-Ruiz // Trends in Plant Science. – 2019. – Vol. 24. – № 1. – P. 38-48.
2. *Шибаева Т.Г.* Фитомелатонин: обзор / Т.Г. Шибаева, Е.Ф. Марковская, А.В. Мамаев // Журнал общей биологии. – 2017. – Т. 78. – № 5. – С. 46-62.
3. *Chloroplastic* biosynthesis of melatonin and its involvement in protection of plants from salt stress / X. Zheng [et al.] // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – № 1. – P. 41236.

UDK 631.811.98

THE EFFICIENCY OF MELATONIN APPLICATION FOR SPRING WHEAT SEEDS TREATMENT IN THE NON-CHERNOZEM AREA OF THE RUSSIAN FEDERATION

Shapoval O.A., Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher
Mukhina M.T., Head of the Department of Testing Growth Regulators of Plant and Agrochemicals and Pesticides
Borovik R.A., Researcher at the Laboratory of Testing Elements of Agrotechnologies, Agrochemicals, Growth Regulators of Plant and Pesticides
Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry,
Moscow, Russia 31A Pryanishnikova St., Moscow, 127434, Russia, elgen@mail.ru

The article provides data on the study of various concentrations of melatonin in seed treatment. During the laboratory experiment, optimal concentrations for seed treatment were established: 0.1; 0.01; 0.001%. In the Moscow region, during 2021-2023, experiments were conducted in the field conditions of the Non-Chernozem zone on sod-podzolic soils on spring wheat of the Zlata variety. At this stage of the research, regulations for use in seed treatment were being worked out. On average for 3 years in variants with the use of melatonin in seed treatment in concentrations 0.1; 0.01; 0.001% The yield was 4.42; 4.51; 4.38 t/ha, with a yield in control of 4.09 t/ha ($LSD_{0.5}$ = 0.20 t/ha).
Key words: melatonin, spring wheat, concentration, germination, yield, quality.