



Научная статья
УДК 631.811.982
doi: 10.55186/25876740_2025_68_5_610

ФИТОМЕЛАТОНИН — КАК ЭЛЕМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

О.А. Шаповал, М.Т. Мухина, Р.А. Боровик, И.П. Можарова

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

Аннотация. В статье приводятся данные по изучению различных доз мелатонина при обработке семян. Исследования, направленные на установление оптимальной концентрации растворов фитомелатонина (ФМЕЛ) для предпосевной обработки семян, а также изучение их воздействия на всхожесть семян и интенсивность их прорастания проводились в лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов растений ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и в Ульяновском районе Ульяновской области, входящей в зону лесостепи Среднего Поволжья, в 2021–2023 гг. Исследования проводились в двух пулах лабораторных опытов. В лабораторном опыте установлено, что мелатонин повышает количество и стабильность фотосинтетических пигментов и улучшает их коэффициент полезного действия. Положительный эффект мелатонина несколько ингибировался на фоне дефицита влаги при затухании биохимических процессов, возрастая после восстановления влажности. Обработка семян фитомелатонином в среднем за 3 года в засушливых условиях Среднего Поволжья в дозах 0,1; 0,01 и 0,001% обеспечила получение урожайности от 2,8 до 2,89 т/га или на 6–10% выше контроля. Наиболее эффективным оказалось использование фитомелатонина в дозе 0,1%, что позволило сформировать прибавку урожая 0,26 т/га или 10% (в контроле 2,63 т/га).

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

Original article

PHYTOMELATONIN — AS AN ELEMENT FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF SPRING WHEAT IN THE DRY CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

O.A. Shapoval, M.T. Mukhina, R.A. Borovik, I.P. Mozharova

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

Abstract. The article presents data on the study of various doses of melatonin in seed treatment. Studies aimed at establishing the optimal concentration of phytomelatonin solutions (FMEL) for pre-sowing seed treatment, as well as studying their effect on seed germination and the intensity of their germination were carried out in the laboratory for testing elements of agricultural technologies, agrochemicals and plant pesticides of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov and in the Ulyanovsk district, Ulyanovsk region, which is part of the forest-steppe zone of the Middle Volga region in 2021–2023. The studies were carried out in two pools of laboratory experiments. In a laboratory experiment, it was found that melatonin increases the amount and stability of photosynthetic pigments and improves their efficiency. The positive effect of melatonin was somewhat inhibited against the background of moisture deficiency when biochemical processes died down, increasing after moisture was restored. Seed treatment with phytomelatonin on average for 3 years in arid conditions of the Middle Volga region at doses of 0.1; 0.01 and 0.001% ensured yields from 2.8 to 2.89 t/ha or 6–10% higher than the control. The most effective was the use of phytomelatonin at a dose of 0.1%, which allowed for a yield increase of 0.26 t/ha or 10% (in the control 2.63 t/ha).

Keywords: melatonin, spring wheat, concentration, germination, yield, quality

Введение. Фитомелатонин (то есть растительный мелатонин) представляет собой мультирегуляторную молекулу, такую же, как у животных, со многими специфическими функциями в физиологии растений. Самые изученные свойства мелатонина в растениях — его влияние на биотический и абиотический стресс, особенно вызванный засухой, экстремальными температурами, засолением, химической токсичностью.

Важным открытием в последние годы является тот фактор, что мелатонин является важным модулятором экспрессии генов, связанных с гормонами растений: в белках-переносчиках ауксина, в метаболизме индол-3-уксусной кислоты (IAA), гиббереллинов, цитокининов, абсцизовой кислоты и этилена. Специфические свойства мелатонина — способность замедлять старение, защищая фотосинтетические системы и связанные с ними субклеточные структуры и процессы. В последние годы увеличилось количество исследований, связанных с процессом созревания плодов. Очень интересным

аспектом выделяется его роль во взаимодействии патоген-растение. Изучается его действие как ключевой молекулы в иммунном ответе растений вместе с такими, как оксид азота, жасмоновая и салициловая кислоты [1–6].

Роль мелатонина в качестве протектора. Но наиболее востребованный эффект, который является и объектом наших исследований — роль мелатонина в качестве протектора от абиотического стресса у растений. По многочисленным данным, фитомелатонин действует как эффективный поглотитель свободных радикалов против опасных реакционноспособных молекул, как активных форм кислорода, так и активных форм азота (АФК/РНС), среди прочих. Превосходные свойства мелатонина как природного антиоксиданта против АФК/РНС и отсутствие прооксидантных эффектов были предметом большого количества исследований [1, 4, 7].

Полученные рядом исследователей лабораторные и экспериментальные данные показывают, что у растений, обработанных мелатонином,

наблюдались более высокие показатели выживаемости растений, роста побегов и корней, эффективности фотосинтеза, сопровождающиеся улучшением морфологии хлоропластов и устьиц, а также высокие уровни сахарозы и пролина [1, 3, 6].

Методика проведения опыта. Последние годы наблюдаются ежегодно нестабильные климатические условия во всех регионах РФ. Возможность использования биологически активных веществ для смягчения абиотических стрессов определило наш интерес к проведению исследований в засушливой зоне.

Основная цель исследований — определение возможности использования фитомелатонина как протектора засухи.

Исследования проводились в 2021–2023 гг. в Ульяновском районе Ульяновской области, входящей в зону лесостепи Среднего Поволжья.

Объекты и методы исследований в Ульяновской области. Объект исследований — пшеница яровая сорта Ульяновская 100. Сорт



Таблица 1. Влияние фитомелатонина (ФМЕЛ) на элементы структуры урожая в среднем за 3 года
Table 1. Effect of phytomelatonin (FMEЛ) on elements of crop structure on average over 3 years

Вариант	Полевая всхожесть, %	Густота стояния перед уборкой, шт./м ²	Сохранность растений, %	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Фон NPK. Контроль. Без обработки	78	298	73	322	1,03	38,2
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,1%	83	324	77	345	1,11	39,9
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,01%	81	319	77	332	1,17	39,2
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,001%	81	312	75	331	1,11	39,3
HCP _{0,5}	2	17	5	11	0,07	3,4

Таблица 2. Влияние фитомелатонина (ФМЕЛ) на урожайность яровой пшеницы в среднем за 3 года
Table 2. Effect of phytomelatonin (FMEЛ) on the yield of spring wheat on average over 3 years

Вариант	Урожайность яровой пшеницы по годам, т/га			Урожайность (в среднем за 3 года), т/га		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	т/га	прибавка, т/га	%
Фон NPK. Контроль. Без обработки	2,32	3,18	2,38	2,63	-	-
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,1%	2,50	3,52	2,67	2,89	0,26	110
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,01%	2,48	3,46	2,70	2,88	0,25	109
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,001%	2,42	3,40	2,58	2,80	0,17	106
HCP _{0,5}	0,178	0,137	0,131		0,134	

среднеспелого типа. Длительность вегетационного периода 79-89 дня. Имеет высокие хлебопекарные свойства; Фитомелатонин (N-acetyl-5-methoxytryptamine) — плейотропная молекула индольной природы (далее — ФМЕЛ).

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса — 6,43-6,62%; общего азота — 0,26%; подвижного фосфора — 214-228 мг/кг; обменного калия — 101-117 мг/кг почвы, кислотность pH_{кд} 6,3-6,8.

Погодные условия в годы исследований характеризовались неустойчивой и засушливой погодой. В 2021 г. весна характеризовалась неустойчивым температурным режимом и неравномерным выпадением осадков. Экстремально высокий температурный режим сохранялся в течение большей части июня, июля и августа. Особенности вегетационного периода 2022 г. была прохладная и дождливая погода в мае, умеренный температурный режим и осадки в июне, интенсивные ливневые осадки в июле и жаркая засушливая погода в августе. Вегетационный период 2023 г. отличался умеренно дождливой и теплой погодой в мае, пониженным температурным режимом и незначительными осадками в июне, засушливой погодой и пониженными ночными температурами в июле и жаркой засушливой погодой в августе.

Схема опыта: 1. Контроль. Фон NPK. 2. Фон NPK + ФМЕЛ доза 0,1% (предпосевная обработка семян, расход ФМЕЛ — 0,1%, расход рабочего раствора — 10 л/т); 3. Фон NPK + ФМЕЛ доза 0,01% (предпосевная обработка семян, расход ФМЕЛ — 0,01%, расход рабочего раствора — 10 л/т); 4. Фон NPK + ФМЕЛ доза 0,001% (предпосевная обработка семян, расход ФМЕЛ — 0,001%, расход рабочего раствора — 10 л/т).

Фоновое удобрение вносилось в дозе N₁₅P₁₅K₁₅. Площадь опытных делянок — 100 м², площадь учетных делянок — 50 м². Повторность в опыте — четырехкратная. Предшественник — озимая пшеница, норма высева семян: количественная 5,0 млн всхожих семян, обработка средствами защиты растений — гербицидная обработка посевов препаратом Гранстар Про, ВДГ в фазе кущения (расход пестицида 0,015-0,02 л/га).

Результаты проведенных исследований и их обсуждение. Один из главных показателей

Таблица 3. Показатели качества зерна яровой пшеницы в среднем за 3 года
Table 3. Grain quality indicators of spring wheat on average for 3 years

Вариант	Белок, %	Сбор белка, кг/га	Клейковина, %
Фон NPK. Контроль. Без обработки	11,3	462,2	22,7
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,1%	11,8	521,6	24,7
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,01%	11,7	527,7	23,9
Фон NPK. ФМЕЛ обработка семян 0,001%	11,5	503,7	23,6
HCP _{0,5}	-	31,4	

при обработке семян — полевая всхожесть растений яровой пшеницы. Этот показатель в наших исследованиях в среднем за 3 года составил в вариантах с фитомелатонином в дозах 0,1%, 0,01% и 0,001%, соответственно, 83%, 81% и 81%, что на 3-5% выше, чем в контроле. Прослеживалось влияние препарата на биологическую эффективность против корневых гнилей гельминтоспориозно-фузариозной этиологии, которая составила 45,3-56,6% в фазе кущения и снижалась к фазе колошения до 40,6-54,6% при развитии болезни в контроле (в фазе кущения 5,3% и в фазе колошения 6,4%).

Предпосевная обработка семян фитомелатонином в дозах 0,1%, 0,01% и 0,001% способствовала формированию более высоких показателей структуры урожая по сравнению с контрольным вариантом. Подсчет густоты стояния растений перед уборкой показал преобладание опытных вариантов по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1). Она колебалась в интервале 312-324 шт./м² или на 14-26 шт./м² (5-8%) выше (298 шт./м² в контроле). Количество продуктивных стеблей повысилось на 9-23 шт./м² или на 3-7% (322 шт./м² в контроле). Количество зерен в колосе составило 0,3-2,6 шт. Масса зерна с колоса находилась в интервале 1,11-1,17 г (1,03 г в контроле), масса 1000 семян составила при обработке семян ФМЕЛ в дозе 0,1%, 0,01% и 0,001%, соответственно, 39,9, 39,2 и 39,3 г, при этом показателе в контроле 38,2 г, что на 1,1-1,7 г. или на 7-14% выше контрольного варианта (табл. 1).

Формирование более высоких показателей структуры урожая позволили получить достоверные прибавки урожайности зерна по всем вариантам эксперимента.

Исследования выявили положительное влияние ФМЕЛ с концентрацией раствора 0,1%, 0,01% и 0,001% при предпосевной обработке

семян на урожайность зерна яровой пшеницы ежегодно (табл. 2). Самые высокие показатели урожайности были получены в 2022 г. и составили, соответственно, 3,52, 3,46 и 3,40 т/га. Превышение находилось в интервале от 0,22 до 0,34 т/га или 7-11%. Самая высокая прибавка была получена в 2023 году в варианте с обработкой семян фитомелатонином в дозе 0,01% и составила 0,32 т/га или 13%, при урожайности в контроле 2,38 т/га. В среднем за 3 года была получена достоверная прибавка урожайности по всем вариантам.

Обработка семян фитомелатонином в среднем за 2021-2023 гг. в дозах 0,1%, 0,01% и 0,001% обеспечила получение урожайности от 2,8 до 2,89 т/га или на 6-10% выше контроля. Наиболее эффективным оказалось использование фитомелатонина в дозе 0,1%, что позволило сформировать прибавку урожая 0,26 т/га или 10% (в контроле 2,63 т/га).

Сортные наследственные свойства, почвенно-климатические условия, агротехника, применение удобрений оказывают влияние на качество зерна. Нужно отметить, что максимальное содержание белка в эксперименте получено в варианте обработки семян фитомелатонином в дозе 0,1%. Содержание белка составило 11,8% (табл. 3), содержание клейковины — 24,7%.

По вариантам опыта содержание клейковины колебалось в интервале от 23,6 до 24,7%, при содержании клейковины в контроле 22,7%.

Объекты и методы исследований в лабораторном опыте. В 2023 г. исследования по изучению влияния фитомелатонина на устойчивость к водному дефициту проводили в фитотроне на базе лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова на огурце сорта Герман (F1).





Для опыта использовали почву, отобранную из пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы. Пластиковые сосуды с перфорированным дном объемом 0,75 л заполнялись почвой вручную. Масса почвы в каждом сосуде в пересчете на абсолютно сухую составляла 400 г. В каждом сосуде нижний конец поливной трубки опускали в середину нижней трети сосуда. Верхний конец выводили у края сосуда. Перед закладкой опыта почва в сосудах была увлажнена до 80% от ППВ.

Схема опыта: 1. Контроль. 2. Мелатонин 0,003 г/л. Непосредственно перед закладкой опыта проводили обработку семян согласно схеме опыта. Время экспозиции — 2 часа. Опрыскивание проводили до полного смачивания через 5 дней после появления всходов и за 3 дня до низкотемпературного стресса. Семена высевали в сосуд равномерно по 6 шт. Глубина заделки — 1-1,5 см. В фазе первого настоящего листа проводили прореживание до 3 растений.

Условия эксперимента: температурный режим — постоянный +23/+20°C (день/ночь); режим освещенности — 9-часовой, с 8:00 до 17:00 (табл. 4).

Полив проводили каждый рабочий день. Необходимый объем воды рассчитывали, исходя из массы сосуда: 2/3 объема воды вносили сверху, 1/3 — через поливную трубку.

Результаты лабораторного опыта и их обсуждение. Биометрические измерения проводили на двух наиболее крупных растениях в каждом сосуде. В результате проведенных замеров было обнаружено, что применение мелатонина оказывает влияние на рост и размеры листовых пластин. На 11 день опыта (фаза первого листа, проведена только обработка семян) уже выявляется тенденция в ускорении роста листьев — средняя площадь листовых пластин составила 37,4 см². В контроле на 11 день опыта средняя площадь листьев составляла 33,5 см².

Динамика прироста листовой поверхности огурца на фоне обработки мелатонином была положительной и стабильной. Наибольший эффект достигался в начале эксперимента, когда стрессовое воздействие отсутствует. На 28 день опыта площадь листовых пластин превысила контроль на 26,6%. На фоне стресса, когда биохимические процессы в растении тормозились, эффективность мелатонина снижалась. Однако при восстановлении тургора в растении наблюдалось ускорение нарастания листовой массы: превышение площади листьев над контролем. (табл. 5).

Применение мелатонина привело к усиленному нарастанию надземной массы. Сырая масса трех растений огурца на контроле составляла 15,1 г, а на опытном варианте она была выше на 26,8%. По воздушно-сухой биомассе данные распределились следующим образом: на контроле — 0,94 г, а на варианте с мелатонином значение было выше на 28,4%. На варианте с применением мелатонина отмечался более усиленный рост стеблей. Соотношение сырой массы листьев к сырой массе стеблей на этом варианте в среднем составляло 0,8, а воздушно-сухих масс — 1,7. В контроле эти соотношения составляли 0,9 и 1.

Засуха оказывает негативное влияние на фотосинтетический аппарат. Нами было установлено, что применение мелатонина способствовало повышению содержания хлорофилла В в условиях дефицита влаги: содержание хлорофилла В выросло по отношению к контролю на 2,03 мг/г при НСР_{0,05}=1,69 мг/г. Содержание каротиноидов также незначительно снизилось под влиянием мелатонина — на 7,3% к контролю (табл. 6).

Оценка стабильности фотосинтетических пигментов показала, что стрессовое воздействие, вызванное дефицитом влаги, слабо повлияло на долю стабильных фракций хлоро-

филлов А и В. В контроле на фоне стрессовой экспозиции она оставалась высокой — 91,5-95,9%. На фоне обработки растений мелатонином доля стабильного хлорофилла несколько выросла и составила 99,3% для хлорофилла А и 94,5% для хлорофилла В. Наши предыдущие исследования подтверждают способность мелатонина повышать стабильность фотосинтетического аппарата. Доля стабильной фракции каротиноидов в опыте составляла почти 100%.

Результаты эксперимента показали, что мелатонин во много оказывает положительный эффект, повышая количество и стабильность фотосинтетических пигментов и улучшая их коэффициент полезного действия. Однако положительный эффект мелатонина несколько ингибировался на фоне дефицита влаги при затухании биохимических процессов, возрастая после восстановления влажности.

Заключение. Действие фитомелатонина, как адаптогена к низким и высоким температурам, засолению, засухе химической токсичности — самые востребованные в настоящее время свойства новых биологически активных веществ. Лабораторные и экспериментальные данные указывают на высокие показатели выживаемости растений, величины побегов и корней и эффективности фотосинтеза. Отмечается улучшение морфологии хлоропластов и устьиц, высокие уровни сахарозы и пролина. Высокие погодные риски, которые ежегодно наблюдаются на территории РФ, определили наш интерес к фитомелатонину, как к адаптогену. С 2021 по 2023 гг. нами проводились серии экспериментов, направленные на изучение данного эффекта.

В полевом опыте 2021-2023 гг. в засушливых условиях Ульяновской области исследования выявили положительное влияние фитомелатонина при предпосевной обработке семян с концентрацией раствора 0,1%, 0,01% и 0,001% на урожайность зерна яровой пшеницы ежегодно. Самая высокая урожайность была получена в 2022 г., и она составила, соответственно, 3,52, 3,46 и 3,40 т/га. В 2023 г. в варианте с обработкой семян ФМЕЛ с концентрацией раствора 0,01% была получена самая высокая прибавка урожайности, которая составила 0,32 т/га или 13%, при урожайности на контроле 2,38 т/га. В среднем за 3 года была получена достоверная прибавка урожайности по всем вариантам. В среднем за 2021-2023 гг. обработка семян

Таблица 4. Условие эксперимента в фитотроне
Table 4. Experimental conditions in the phytotron

Период	Режим увлажнения	Влажность почвы
Посев — всходы	Поддержание влажности на постоянном уровне	70-80% ППВ
Всходы — фаза 5 листьев	Поддержание влажности на постоянном уровне	50-60% ППВ
Фаза 5 листьев — первые признаки увядания	Равномерное понижение влажности	→ 50-60% ППВ 30-40% ППВ
Первые признаки увядания — стресс 7 дней	Поддержание влажности на постоянном уровне	30-40% ППВ

Таблица 5. Влияние мелатонина на динамику нарастания площади листьев
Table 5. Effect of melatonin on the dynamics of leaf area increase

Вариант	Площадь листьев. 11 день, см ²		Площадь листьев. 28 день, см ²		Площадь листьев. 35 день, см ²		Площадь листьев. 43 день, см ²	
	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю
Контроль	33,5 ± 7,1	—	393,6 ± 124,4	—	490,7 ± 115,4	—	865,5 ± 40,0	—
Мелатонин	37,4 ± 3,5	3,8/11,3	498,5 ± 54,7	104,9/26,6	572,1 ± 49,8	81,3/16,6	937,5 ± 186,0	72,0/8,3

Таблица 6. Влияние мелатонина на показатели сырой и сухой массы растений и эффективность работы фотосинтеза
Table 6. Effect of melatonin on the wet and dry mass of plants and the efficiency of photosynthesis

Вариант	Сырая масса растений, г		Сухая масса растений, г		Содержание каротиноидов, мг/г		Содержание хлорофилла В, мг/г	
	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю	среднее ± ст. отклонение	разница с контролем/ % к контролю
Контроль	15,1 ± 5,3	—	0,94 ± 0,37	—	3,77 ± 0,39	—	9,44 ± 1,43	—
Мелатонин	19,1 ± 1,9	4,0/26,8	1,21 ± 0,15	0,27/28,1	3,49 ± 0,55	-0,28/-7,33	11,47 ± 0,85	2,03/21,5



фитомелатонином в дозах 0,1%, 0,01% и 0,001% обеспечила получение урожайности с 2,8 до 2,89 т/га или на 6-10% выше контроля. Наиболее эффективным оказалось использование фитомелатонина в дозе 0,1%, что позволило сформировать прибавку урожая 0,26 т/га или 110% (в контроле 2,63 т/га). Максимальное содержание белка в эксперименте получено в варианте обработки семян фитомелатонином в дозе 0,1%, которое составило 11,8%, содержание клейковины — 24,7%.

В 2023 г. нами проводились исследования по изучению влияния фитомелатонина на устойчивость к водному стрессу в фитотроне на базе лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова на огурце сорта Герман (F1), для определения механизма действия мелатонина и подтверждения полученных опытных данных. Применение мелатонина привело к усиленному нарастанию надземной массы: сырая масса трех растений огурца на контроле составляла 15,1 г, а на опытном варианте она была выше на 26,8%.

Результаты эксперимента показали, что мелатонин способствует повышению количества

и стабильности фотосинтетических пигментов, улучшает коэффициент полезного действия. Однако положительный эффект мелатонина ингибировался на фоне дефицита влаги при затухании биохимических процессов, быстро повышаясь после восстановления влажности.

Список источников

1. Zheng, X. et al. (2017). Chloroplastic biosynthesis of melatonin and its involvement in protection of plants from salt stress. *Scientific Reports*, vol. 7, no. 1, p. 41236.
2. Varghese, N. et al. (2019). Melatonin Positively Influences the Photosynthetic Machinery and Antioxidant System of Avena sativa during Salinity Stress. *Plants*, vol. 8, no. 12.
3. Szafranska, K., Reiter, R.J., Posmyk, M.M. (2017). Melatonin Improves the Photosynthetic Apparatus in Pea Leaves Stressed by Paraquat via Chlorophyll Breakdown Regulation and Its Accelerated de novo Synthesis. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, p. 878.
4. Zhao, D. et al. (2019). Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants. *Frontiers in Endocrinology*, vol. 10, no. APR.
5. Hernandez-Ruiz, J., Cano, A., Arnao, M.B. (2004). Melatonin: a growth-stimulating compound present in lupin tissues. *Planta*, vol. 220, no. 1, pp. 140-144.
6. Шибалева Т.Г., Марковская Е.Ф., Мамаев А.В. Фитомелатонин: обзор // Журнал общей биологии. 2017. Т. 78. № 5. С. 46-62.

7. Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J. (2006). The physiological function of melatonin in plants. *Plant Signal. Behav.*, vol. 1, no. 3, pp. 89-95.

References

1. Zheng, X. et al. (2017). Chloroplastic biosynthesis of melatonin and its involvement in protection of plants from salt stress. *Scientific Reports*, vol. 7, no. 1, p. 41236.
2. Varghese, N. et al. (2019). Melatonin Positively Influences the Photosynthetic Machinery and Antioxidant System of Avena sativa during Salinity Stress. *Plants*, vol. 8, no. 12.
3. Szafranska, K., Reiter, R.J., Posmyk, M.M. (2017). Melatonin Improves the Photosynthetic Apparatus in Pea Leaves Stressed by Paraquat via Chlorophyll Breakdown Regulation and Its Accelerated de novo Synthesis. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, p. 878.
4. Zhao, D. et al. (2019). Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants. *Frontiers in Endocrinology*, vol. 10, no. APR.
5. Hernandez-Ruiz, J., Cano, A., Arnao, M.B. (2004). Melatonin: a growth-stimulating compound present in lupin tissues. *Planta*, vol. 220, no. 1, pp. 140-144.
6. Shibaeva, T.G., Markovskaya, E.F., Mamaev, A.V. (2017). Fitomelatonin: obzor [Phytomelatonin: review]. *Zhurnal obshchei biologii* [Journal of general biology], vol. 78, no. 5, pp. 46-62.
7. Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J. (2006). The physiological function of melatonin in plants. *Plant Signal. Behav.*, vol. 1, no. 3, pp. 89-95.

Информация об авторах:

- Шаповал Ольга Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-527X>, Scopus ID: 57195323081, SPIN-код: 8279-3710, shapoval.olga@yandex.ru
- Мухина Мария Тимофеевна**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6210-592X>, Scopus ID: 57395825300, SPIN-код: 1225-1904, mtmasm@mail.ru
- Боровик Роман Андреевич**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5152-8021>, SPIN-код: 9181-1920, to.roman@yahoo.com
- Можарова Ирина Петровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7856-2618>, SPIN-код: 6672-9738, dory-lol@yandex.ru

Information about the authors:

- Olga A. Shapoval**, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-527X>, Scopus ID: 57195323081, SPIN-code: 8279-3710, shapoval.olga@yandex.ru
- Maria T. Mukhina**, candidate of biological sciences, head of the laboratory of testing elements of agricultural technologies, agrochemicals and pesticides, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6210-592X>, Scopus ID: 57395825300, SPIN-code: 1225-1904, mtmasm@mail.ru
- Roman A. Borovik**, candidate of biological sciences, researcher of the laboratory of testing elements of agricultural technologies, agrochemicals and pesticides, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5152-8021>, SPIN-code: 9181-1920, to.roman@yahoo.com
- Mozharova Irina Petrovna**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of testing elements of agricultural technologies, agrochemicals and pesticides, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7856-2618>, SPIN-code: 6672-9738, dory-lol@yandex.ru

✉ todo.positivo@mail.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Международный журнал прикладных наук и технологий «INTEGRAL» издается 6 раз в год.

- Стратегический научный партнер журнала «Государственный университет по землеустройству».
- **INTEGRAL** цитируется в РИНЦ, Google Scholar, КиберЛенинке.
- Научным публикациям присваивается международный **цифровой индикатор DOI**.
- Журнал участник программы **открытого доступа** к научным публикациям.

Контакты: <https://e-integral.ru>, e-integral@ya.ru

