УДК 577.175.19 DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.01

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТОМЕЛАТОНИНА В ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ И УРОЖАЙНОСТИ ОГУРЦА ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ СТРЕССЕ В ЗАЩИЩЁННОМ ГРУНТЕ

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

Исследование выполнено в рамках государственного задания FGWR-2024-0002

Приведены данные по изучению различных доз фитомелатонина при обработке семян огурца в защищённом грунте с концентрациями раствора 0,1%, 0,01, 0,001%. Получены достоверные данные о положительном влиянии обработок семян на урожайность и качественные показатели огурца. В 2021 г. применение фитомелатонина в дозе 0,01 % увеличило урожайность на 47,4% по сравнению с контролем. В 2022 и 2023 г. самая высокая урожайность была при концентрации мелатонина 0,1%, в 2022 г. прибавка урожайности составила, соответственно, 2,1 кг/м^2, или 23,3%, в 2023 г. – 2,3 кг/м^2, или 23,2%. Обработка семян фитомелатонином оказала положительное влияние на качественные показатели плодов огурца: увеличилось содержание сухого вещества на 0,2-0,29%, аскорбиновой кислоты на 0,68-1,1 мг/100 г. Все концентрации фитомелатонина от 0,001 до 0,1% показали высокую эффективность, однако выявить между ними разницу статистическими методами оказалось невозможно.

Ключевые слова: мелатонин, огурец, предпосевная обработка семян, абиотический стресс.

Для цитирования: *Шаповал О.А., Мухина М.Т., Боровик Р.А.* Оценка эффективности фитомелатонина в повышении устойчивости и урожайности огурца при низкотемпературном стрессе в защищённом грунте // Плодородие. – 2026. – №4. – С. 5-9. DOI: 10.25680/S19948603.2026.151.01.

На современном этапе развития растениеводства важную роль в регуляции морфогенеза и адаптации растений к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам приобретает применение соединений, относящихся к фитогормонам и регуляторам роста растений различной природы.

Многообещающие свойства фитомелатонина, как стимулятора роста растений, вызвали интерес к данному веществу. Однако, разброс интервалов концентраций при установлении его эффективности обусловил необходимость тщательного изучения этого аспекта на различных сельскохозяйственных культурах.

Многочисленные исследования с биологически активными веществами на овощных культурах показали, что наиболее отзывчивыми на их действие является культура огурца, особенно в защищённом грунте. Главный показатель эффективности любого нового препарата – это получение высокой урожайности качественной продукции.

Биосинтез мелатонина (у растений фитомелатонин) широко изучался как у животных, так и у растений. Было обнаружено, что он представляет собой индольное соединение, получаемое из серотонина (5-гидрокситриптамина), которое синтезируется из аминокислоты триптофана. В растениях триптофан превращается в триптамин с помощью триптофандекарбоксилазы (TDC) [1].

Тщательно изучается защитная роль фитомелатонина от абиотических стрессовых ситуаций у растений: он действует как регулятор активности антиоксидантных ферментов, функция которых сводится к поглощению свободных радикалов опасных реакционно-способных активных форм кислорода и активных форм азота (ROS / RNS) [2].

У растений, обработанных фитомелатонином, наблюдались более высокие показатели выживаемости растений, увеличение роста побегов и корней, повышалась эффективность фотосинтеза: улучшалась морфология хлоропластов и устьиц, увеличивался уровень сахарозы и пролина [3].

Исследования по определению активности фитомелатонина, стимулирующего рост растений, показали, что его свойства схожи с ауксиноподобными соединениями. Самый высокий стимулирующий рост эффект проявляется при стрессовых состояниях растений, выращенных в засоленных условиях [4], подвергшихся холодовому стрессу, или дефиците минеральных питательных веществ [2-4].

Рядом исследователей установлено, что фитомелатонин также замедляет процесс индуцированного старения. В опытах показано, что листья ячменя, обработанные фитомелатонином, замедляют старение, вызванное темнотой, а также потерю хлорофилла в листьях. Выявленная особенность фитомелатонина – высокая биологическая активность в низких концентрациях. Тем не менее дозы, сроки и способы применения фитомелатонина варьируются в зависимости от вида растений и поставленных в исследованиях целей. Для достижения максимального эффекта эти параметры подбирают индивидуально [5].

Цель исследований – определить эффективные концентрации фитомелатонина (ФМЛТ) при обработке семян огурца в защищенном грунте.

Методика. Исследования проводились в 2021-2023 г. в Одинцовском районе Московской области в защищённом грунте. Основными объектами исследований были – фитомелатонин (N-acetyl-5-methoxytryptamine) – плейотропная молекула индольной природы (далее по тексту ФМЛТ); ФМЛТ применяли в виде порошка 99,3% производства Китайской компании Wellgreen Technology

Co., Ltd.; огурец – гибрид F_1 Лель. Гибрид партенокарпического типа для первого оборота зимних теплиц, раннеспелый, начало съёмной спелости на 56-58-е сутки после полных всходов. Растение среднеплетистое индетерминантное, женского типа цветения, в узле чаще всего 2 плода.

С целью определения оптимальных интервалов концентраций были исследованы различные дозы ФМЛТ.

Схема опыта:

1. Контроль. Фон NPK.

2. Фон NPK + ФМЛТ, 0,1 %. Предпосевная обработка семян, концентрация – 0,1 %, расход рабочего раствора 1 л/кг.

3. Фон NPK + ФМЛТ, 0,01 %. Предпосевная обработка семян, концентрация – 0,01 %, расход рабочего раствора 1 л/кг.

4. Фон NPK + ФМЛТ, 0,001 %. Предпосевная обработка семян, концентрация – 0,001 %, расход рабочего раствора 1 л/кг.

Семена замачивали в растворе препарата в течении двух часов при комнатной температуре. Сушку проводили в течении суток в помещении с температурой не выше 25 °С.

Площадь опытных делянок 20 м², площадь учётных делянок – 10 м^2. Повторность в опыте – четырёхкратная.

Агротехника огурца общепринятая для центральных районов Нечернозёмной зоны России для грунтовой необогреваемой плёночной теплицы. Посев семян огурца проводили 25-28 апреля. Рассаду огурца высаживали в грунт в фазе 2-3 настоящих листьев, высота растений 20-25 см.

Использовали тепличный грунт с добавкой равной смеси низинного торфа и перегноя (2,0 т/10 м^2) с добавлением перлита, pH 6,4, содержание органического вещества – 5,2 %, подвижного фосфора (P_2O_5) – 184 мг/кг, калия (K_2O) – 108, азота (N) – 120 мг/кг. Рассаду выращивали в горшках 10 х 10 см, наполненных рассадной смесью (торф низинный, торф верховой, опилки). Лунки копали по двухстрочной схеме 70 х 40 см, густота посадки 4 растения на 1 м^2. Растения формировали в 1 стебель, подвязывали на шпагате к шпалерам высотой 2 м. Фоновое внесение удобрений – $N_{52}P_{32}K_{42}$. За период вегетации проводили обработку акарином 3,6% (биологический инсектоакарицид против клеща) в норме 8 мл/л.

За период вегетации осуществляли фенологические наблюдения, биометрические измерения плодов и растений, учёт урожайности. Определение содержания сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), аскорбиновой кислоты (ГОСТ 24556-89), содержание нитратов (ГОСТ 29270-91) проводили в аккредитованной лаборатории «Испытательный отдел ФГБНУ ФНЦО». Полученные данные обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа в программе MS Excel. Опыты были заложены в соответствии с «Методическими указаниями по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве» [6].

Результаты и их обсуждение. Для определения эффективных интервалов концентраций ФМЛТ в «Лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов» ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» были заложены скрининговые испытания, которые проводились на трех культурах в двух пулах лабораторного опыта. Они выявили концентрации, при которых всхожесть, энергия прорастания, масса проростков, длина ростка и корешка были оптимальными. Для огурца диапазон концентрации – от 0,1 до 0,001%.

Следующий этап работы, с использованием полученных лабораторных данных, проводился в мелкоделяночных опытах. Для этого в 2021-2023 г. были заложены опыты в грунтовой необогреваемой плёночной теплице на культуре огурца сорта Лель. Проводили обработку семян огурца в защищённом грунте ФМЛТ. Фенологические наблюдения за растениями в течении вегетации не выявили заметную разницу в их развитии. Наблюдение за наступлением фенофаз при выращивании огурца гибрида F_1 Лель показало, что использование ФМЛТ при обработке семян огурца не оказывало значительного влияния: их наступление опережало контроль на 1-3 дня. Основные различия отмечены при последующей оценке структуры и величины урожая испытуемой культуры. Учёт урожайности проводили 25 раз за вегетацию. Растения вступали в плодоношение в конце июня. Сбор плодов осуществляли через день, учитывали не только урожайность, но и товарность.

1. Динамика урожая огурца по месяцам, кг/м^2

Год	Месяц	Контроль	ФМЛТ, %			$НСР_{05}$
			0,1	0,01	0,001	
2021	Июнь	0,2	0,3	0,5	0,3	**1,9**
	Июль	6,2	7,5	8,4	8,3	
	Август	1,4	1,9	2,6	1,9	
	Суммарная	**7,8**	**9,7**	**11,5**	**10,5**	
2022	Июнь	0,2	0,4	0,3	0,2	**1,4**
	Июль	7,3	8,8	8,2	8,3	
	Август	1,5	1,9	1,4	1,9	
	Суммарная	**9,0**	**11,1**	**9,9**	**10,4**	
2023	Июнь	0,3	0,4	1,4	0,7	**1,7**
	Июль	7,3	9,1	8,2	8,4	
	Август	2,3	2,7	2,3	2,7	
	Суммарная	**9,9**	**12,2**	**11,9**	**11,8**	
В среднем за 3 года		**8,9**	**11,0**	**11,1**	**10,9**	**1,8**

В соответствии с данными таблицы 1, наиболее эффективной концентрацией в 2021 г. была 0,01%. Прибавка урожайности отмечалась по всем месяцам и в среднем составила 3,7 кг/м^2, или на 47,4% была выше контроля. Урожайность равна 11,5 кг/м^2, а на контроле 7,8 кг/м^2. В вариантах с обработкой семян с концентрациями 0,1 и 0,001 % урожайность была, соответственно, 9,7 и 10,5 кг/м^2, или на 24,3 и 34,6% выше контрольного варианта. В этот год наблюдались самые значительные прибавки урожая.

Определение динамики формирования урожая в 2021 г. показало, что применение ФМЛТ в дозе 0,01 % значительно увеличивало урожайность, все остальные изучаемые варианты, в сравнении с контролем, так же дали достоверную прибавку, которая была выше значения $НСР_{05}$= 1,9.

В 2022 и 2023 г. концентрация, при которой получена самая высокая урожайность, составила 0,1%. Так в 2022 г. прибавка урожайности была 2,1 кг/м^2, или 23,3%. Урожайность составила 11,1 кг/м^2, а в контрольном варианте 9,0 кг/м^2. В вариантах с обработкой семян ФМЛТ в концентрациях 0,01 и 0,001% получена прибавка урожайности, соответственно, 0,9 и 1,4 кг/м^2, или 10-12 %. В отличие от 2021 г., когда наблюдались достоверные прибавки урожая огурца по всем вариантам, в 2022 г. достоверную прибавку (выше показателя $НСР_{05}$ 1,4) показали варианты с обработкой семян в концентрации 0,1 и 0,001 %. Урожай в них составил, соответственно, 11,1 и 10,4 кг/м^2. В варианте с концентрацией раствора 0,01% прибавка оказалась ниже $НСР_{05}$ = 0,9 кг/м^2.

В 2023 г. была получена самая высокая прибавка урожайности 2,3 кг/м^2, или 23,2% в варианте с обработкой семян с концентрацией 0,1%. Урожайность в этом

варианте составила 12,2 кг/м^2, в контрольном варианте – 9,9 кг/м^2. Однако, в отличие от 2022 г., все полученные прибавки были достоверными и выше показателя $НСР_{05}$. Так в варианте с обработкой семян ФМЛТ, 0,01% урожайность составила 11,9 кг/м^2, прибавка – 2,0 кг/м^2, или 20,2 %. В варианте ФМЛТ, 0,001%, соответственно, 11,8 кг/м^2, или 1,9 кг/м^2 и 19,2%.

Анализ данных по месяцам показал, что в июне и августе было превышение прибавки урожая по сравнению с контролем. Пик сборов огурца пришелся на июль и составил более 70% от суммарной урожайности во все годы. На товарность плодов обработки препаратами практически не оказали влияния.

Биометрические измерения плодов и растений проводили во время 2-го сбора огурцов. Обработка семян ФМЛТ не оказала достоверного влияния на размер и массу плода. Средняя масса плода варьировала от 56,9 до 58,9 г, длина плода 11,8-12,8 см. Однако, наблюдалась тенденция к повышению этих показателей при обработке семян огурца ФМЛТ: при определении длины плода в среднем на 0,9-1,0 см, массы плода на 1-3 г. На вкусовые качества плода обработки препаратами влияния не оказали (табл. 2).

2. Биометрические показатели плодов гибрида F1 Лель в различных вариантах опыта (в среднем за 3 года)

Вариант	Размер плода, см		Масса плода, г	Дегустационная оценка, балл
	длина	ширина		
Контроль. Фон NPK	11,8	2,2	56,9	4,8
Фон NPK+ ФМЛТ, 0,1%	12,7	2,7	59,6	4,8
Фон NPK+ ФМЛТ, 0,01%	12,6	2,5	57,9	4,8
Фон NPK+ ФМЛТ, 0,001%	12,8	2,8	58,9	4,8
$НСР_{05}$	1,7		13,6	–

Биохимические исследования проводили на плодах огурца девятого сбора. Применение ФМЛТ оказало положительное влияние на биохимический состав плодов: увеличилось содержание аскорбиновой кислоты и сухого вещества, по сравнению с контролем (табл. 3).

3. Биохимический состав огурца

Вариант	Сухое в-во, %			Аскорбиновая к-та, мг/100 г			Нитраты, мг/кг		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Контроль. Фон NPK	3,9	4,1	3,9	3,3	3,7	3,3	153	163	145
Фон NPK + ФМЛТ, 0,1%	4,1	4,3	4,1	3,9	3,9	3,5	169	195	178
Фон NPK + ФМЛТ, 0,01%	4,0	4,1	3,9	3,9	4,0	3,3	162	184	163
Фон NPK + ФМЛТ, 0,001%	4,0	4,3	4,2	3,3	4,2	3,8	157	178	179

По содержанию нитратов во всех изученных обработках отмечено незначительное увеличение, которое не превышало предельно допустимой концентрации (ПДК – 400 мг/кг).

Лучшей по биохимическим показателям была обработка семян ФМЛТ в дозе 0,01 %, по сравнению с контролем.

В 2021–2023 г. содержание сухого вещества колебалось. Самый высокий показатель был в варианте с обработкой семян ФМЛТ, 0,001% По содержанию как сухого вещества, так и аскорбиновой кислоты все варианты с обработкой семян ФМЛТ во всех концентрациях показали тенденцию к увеличению этих показателей.

Обсуждение и выводы. Абиотический стресс приводит к ряду физиолого-биохимических изменений в растительном организме. Цель этих изменений – адаптировать метаболизм клетки к новым условиям и защитить её от возможных повреждений и гибели. В результате воздействия пониженных температур нарушается согласованное течение биохимических реакций, что приводит к высвобождению и накоплению активных форм кислорода в клетке, а это способствует развитию оксидативного стресса.

В исследованиях последних лет установлено, что у растений, которые обрабатывали фитомелатонином, наблюдалось увеличение роста побегов и корней. Все эти опыты проводились в основном в лабораторных условиях. Они показали интервалы концентраций при определении эффективности препарата и зависимость эффективных концентраций от вида культуры. Поэтому в 2021-2023 г. провели серию опытов на основных сельскохозяйственных культурах для более тщательного изучения этого вопроса. Данное исследование выполнялось на культуре огурца в защищённом грунте.

Использование регуляторов роста растений в тепличном хозяйстве в настоящее время является обычным агрохимическим приёмом, наравне с внесением удобрений и обработкой средствами защиты. Самый восприимчивый момент при выращивании в неотапливаемых плёночных теплицах это резкий перепад температур ночью. Их колебание может достигать 10-15°С, а в отдельные промежутки времени температура даже в конце мая и весь июнь может опускаться до 2-5°С. Даже при кратковременном понижении температур в ночное время, повторяющемся в течении нескольких дней, происходит торможение линейного роста растений. Для защиты растений от такого температурного стресса используют препараты криопротекторы, адаптогены, антистрессанты, регуляторы роста растений. В исследованиях ряда авторов получены достоверные данные об эффективном использовании препаратов эпин-экстра, циркон, изабион, вымпел, янтарная кислота, в качестве криопротекторов, активизирующих адаптацию растений к пониженным температурам. Их воздействие на растения, снижающее отрицательное влияние низких температур, состоит в сгущении клеточного сока, препятствующего образованию льда внутри клетки и запуску синтеза защитных белков [7, 8].

Возможность использования ФМЛТ в качестве адаптогена и антистрессанта для предотвращения холодового стресса выявлено совсем недавно. Рядом исследователей показано, что ФМЛТ оказывает протекторное действие на ткани растений, которые подвергались воздействию холода, и как результат значительно ослабляет холодовой стресс у многих культурных растений. В опытах с рисом, томатом, бермудской травой и люпином белым ФМЛТ сократил негативное влияние низких температур на прорастание и рост корней [3]. Большое внимание в исследованиях уделяется механизму действия ФМЛТ на растения. Применение мелатонина при холодовом стрессе у пшеницы повысило активность супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы и глутатионредуктазы,

что снизило уровень АФК и уменьшило окислительное повреждение, улучшив рост растений [9]. У арабидопсиса повышалась экспрессия генов, кодирующих факторы связывания элементов, реагирующих на засуху (*DREBs*); холодочувствительного гена *COR15a*; *CAMTA1*, участвующих в устойчивости к замерзанию и засухе; а также *ZAT10* и *ZAT12* – два важных активатора транскрипции, кодирующих гены антиоксидантов, связанных с активными формами кислорода [3, 10-14]. Приведенные данные свидетельствуют, что фитомелатонин связан с активацией определённых генов, реагирующих на холод. Это подтверждает гипотезу о том, что он оказывает защитное действие при абиотических стрессах [15].

ФМЛТ имеет несомненные преимущества: природное происхождение, низкая токсичность, относительная дешевизна, маленький размер молекулы, легко проникающей в клетку, сильные антиоксидантные свойства, что делает его очень привлекательным для широкого использования в сельском хозяйстве.

С целью определения эффективных концентраций, при которых наблюдаются криопротекторные свойства мелатонина в «Лаборатории испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов» ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» проводили исследования в условиях холодового стресса у растений кукурузы. Применение мелатонина для обработки семян в норме 0,1-1 мг/л показало тенденцию к снижению малонового альдегида – вещества, тесно и прямо коррелирующего с уровнем развития оксидативного стресса, на 9,4-17,2%, при содержании на контроле малонового диальдегида 0,69 мкМоль/г. При определении активности антиоксидантного фермента – каталазы на контроле этот показатель составил 455 мл(O_2)/(г·мин) в вариантах с применением растворов ФМЛТ в концентрациях 1 и 10 мг/л – 480 и 493 мл(O_2)/(г·мин) соответственно. Наблюдалось повышение содержания углеводов в тканях листовых пластин [16].

Анализ метеорологических данных за 3 года (2021-2023) показал, что понижение ночных температур до опасных для огурца показателей наблюдалось ежегодно в течении 2-3 нед. Так в 2021 г. с 1 по 13 июня ночные температуры опускались ежедневно до 6-10 ^{0}С. В 2022 г. с 5 по 18 июня ночные температуры опускались до 7-10 ^{0}С, а в 2023 г. с 1 по 15 июня – до 8-12^{0}С. Однако в отдельные дни июня температура опускалась, соответственно: 4 июня до 3 ^{0}С, 11-13 июня до 6 ^{0}С, а с 21 по 30 июня до 9-11^{0}С. Основываясь на этих показателях, продолжение исследований в неотапливаемой плёночной теплице в течении трех лет убедительно доказало, что обработка семян ФМЛТ положительно повлияла на урожайность огурца и качество урожая. Это подтверждает воздействие фитомелатонина, как вещества, снижающего отрицательное влияние низких температур. Рассматриваемый диапазон концентраций от 0,1 до 0,001% во все годы показал достоверную прибавку урожайности в основном по всем вариантам опыта. Наблюдались ускорение появления всходов и начала плодоношения, тенденция к увеличению размеров плодов огурца, иными словами возможность применения регулятора роста ФМЛТ для предпосевной активации культуры огурца.

По данным учёта урожайности плодов огурца в годы исследований, в 2021 г. применение ФМЛТ в концентрации 0,01 % значительно увеличивало урожайность – на 47,4%, по сравнению с контролем. Все остальные изучаемые варианты, в сравнении с контролем, так же дали достоверную прибавку урожайности (1,9-2,7 кг/м^2, или на 24,3-34,6% к контролю). В 2022 и 2023 г. самая высокая урожайность была при концентрации мелатонина 0,1%: в 2022 г. соответственно 2,1 кг/м^2, или 23,3%, в 2023 г. - 2,3 кг/м^2, или 23,2%. Однако, в отличие от 2022 г., все полученные прибавки были достоверными и выше $НСР_{05}$. Обработка семян мелатонином оказала положительное влияние на качественные показатели плодов огурца: содержанию сухого вещества в 2021 г. составило 0,2-0,29%, в 2022 г. 0,19-0,28%; прибавка содержания аскорбиновой кислоты была в 2021 г. 0,68-1,1 мг/100 г, в 2022 г. – 0,31-0,48 мг/100 г.

В среднем за три года исследований статистически значимая прибавка урожайности огурца была отмечена во всех исследуемых концентрациях раствора при обработке семян огурца ФМЛТ. Она составила 2-2,2 кг/м^2, при урожайности на контроле 8,9 кг/м^2. Исследования показали, что именно тенденция к увеличению количества плодов и их массы обеспечила рост урожайности в опыте. Наблюдалось также улучшение биохимических показателей урожая: повышение сухого вещества, аскорбиновой кислоты.

В опыте был подтверждён эффективный диапазон концентрации при обработке семян огурца ФМЛТ, полученный ранее в лабораторном исследовании. Все концентрации ФМЛТ от 0,1 до 0,001% показали высокую эффективность, однако выявить между ними разницу статистическими методами оказалось невозможно.

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что предпосевная обработка семян огурца раствором мелатонина является перспективным подходом к повышению как урожайности, так и качества его плодов.

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. *Shi H.* Fundamental issues of melatonin-mediated stress signaling in plants / H. Shi, K. Chen, Y. Wei, C. He // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–27.
3. *Sun C.* Melatonin: a master regulator of plant development and stress responses / C. Sun, L. Liu, L. Wang, B. Li, C. Jin, X. Lin // Journal of Integrative Plant Biology. – 2021. – Vol. 63. – P. 126–145.
4. *Шибаева Т. Г.* Фитомелатонин: обзор / Т. Г. Шибаева, Е. Ф. Марковская, А. В. Мамаев // Журнал общей биологии. – 2017. – Т. 78, № 5. – С. 46–62.
5. *Wang K.* Functions and prospects of melatonin in plant growth, yield, and quality / K. Wang, Q. Xing, G. J. Ahammed, J. Zhou // Journal of Experimental Botany. – 2022. – Vol. 73. – P. 5928–5946.
6. *Методические* указания по проведению регистрационных испытаний с агрохимикатами в сельском хозяйстве : производственно-практическое издание. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 308 с.
7. *Титов А. Ф.* Растения в условиях стресса: ведущая научная школа России по экологической физиологии растений / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Т. Г. Шибаева // Труды Карельского научного центра РАН. – 2023. – № 3. – С. 26–46. – DOI: 10.17076/eco1772.
8. *Будыкина Н. П.* Влияние эпина экстра – синтетического аналога 24-эпибрассинолида – на стрессоустойчивость и продуктивность растений огурца (Cucumis sativus L.) / Н. П. Будыкина, Т. Г. Шибаева, А. Ф. Титов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2012. – № 2. – С. 47–55.
9. *Bhardwaj S.* Physiological and molecular insights into the role of silicon in improving plant performance under abiotic stresses / S. Bhardwaj, D. Sharma, S. Singh, P. C. Ramamurthy, T. Verma, M. Pujari, J. Singh, D. Kapoor, R. Prasad // Plant and Soil. – 2023. – Vol. 486. – P. 25–43.
10. *Gupta A.* The physiology of plant responses to drought / A. Gupta, A. Rico-Medina, A. I. Caño-Delgado // Science. – 2020. – Vol. 368. – P. 266–269.
11. *Wei J.* Phytomelatonin receptor PMTR1-mediated signaling regulates stomatal closure in Arabidopsis thaliana / J. Wei, D. X. Li, J. R. Zhang, C. Shan, Z. Rengel, Z. B. Song, Q. Chen // Journal of Pineal Research. – 2018. – Vol. 65. – Article e12500.
12. *Zhao H.* Melatonin alleviates chilling stress in cucumber seedlings by up-regulation of CsZat12 and modulation of polyamine and abscisic acid

metabolism / H. Zhao, K. Zhang, X. Zhou, L. Xi, Y. Wang, H. Xu, T. Pan, Z. Zou // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – Article 4998.
13. *Wang Y.* Phytomelatonin: a universal abiotic stress regulator / Y. Wang, R. J. Reiter, Z. Chan // Journal of Experimental Botany. – 2018. – Vol. 69. – P. 963–974.
14. *Arnao M.* Melatonin in flowering, fruit set and fruit ripening / M. Arnao, J. Hernández-Ruiz // Plant Reproduction. – 2020. – Vol. 33. – P. 77–87.
15. *Ahmad I.* Melatonin role in plant growth and physiology under abiotic stress / I. Ahmad, G. Zhu, G. Zhou, J. Liu, M. U. Younas, Y. Zhu // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24. – Article 8759. – DOI: 10.3390/ijms24108759.
16. *Шаповал О. А.* Влияние мелатонина на физиолого-биохимические показатели низкотемпературного стресса у кукурузы / О. А. Шаповал, М. Т. Мухина, Р. А. Боровик // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – Т. 67, № 6. – С. 692–696.

UDC 631.811.98

EVALUATION OF THE EFFECTS OF MELATONIN AND LANTHANUM EDTA ON SUNFLOWER PRODUCTIVITY AND RESISTANCE TO ALTERNARIA BLIGHT IN THE DRY STEPPE ZONE OF RUSSIA

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
D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
31A, Pryanishnikova St., Moscow 127434, Russia
E-mail: elgen@mail.ru

Studies were conducted to evaluate the effectiveness of pre-sowing seed treatment and foliar application of melatonin and lanthanum EDTA in combination with a chelated micronutrient fertilizer (CMF), Grade B, and the fungicide Ridomil Gold MZ on the sunflower cultivar Yubileiny 60 in the Astrakhan Region during 2024–2025. The aim of the study was to assess the effects of melatonin and lanthanum EDTA on seed germination, biometric parameters, yield components, seed yield, seed oil content, and plant resistance to Alternaria blight. In 2024, the application of melatonin in combination with CMF Grade B increased seed yield by 22.2%, while lanthanum EDTA combined with CMF Grade B increased yield by 16.7% compared with the untreated control. When used together with the fungicide, yield increases ranged from 19.4% to 30.6%. In 2025, sunflower yield increased by 16.7–19.4% when the treatments were applied without the fungicide and by 19.4–27.8% when applied as tank mixtures with the fungicide. The biological efficacy against Alternaria blight at the beginning of seed ripening was 47.8–50.5% in 2024 and 49.5–51.8% in 2025 when melatonin or lanthanum EDTA was applied without the fungicide. In tank mixtures with the fungicide, biological efficacy increased to 57.6–62.4% and 56.6–60.8%, respectively. The crude oil content of sunflower seeds increased by 1.8–3.2 percentage points. The results confirm the feasibility of applying melatonin and lanthanum EDTA in combination with CMF Grade B to enhance sunflower productivity and reduce fungicide input under the dry steppe conditions of Russia.
Keywords: melatonin, lanthanum EDTA, sunflower, productivity, seed oil content, Alternaria blight, rare earth elements.