

A.V. Eregin, Ph.D. State Center for Agrochemical Service «Vologodskiy»
 160555, Vologda, Molochnoye village, Studentskaya str., 11
 e-mail: al.eregin2018@yandex.ru; Tel.: (8172) 52 – 52 – 59

In a stationary field experiment on sod-podzolic light loamy soil, the use of an organo-mineral fertilizer system made it possible to increase the productivity of the field crop rotation link: vico-oat mixture – winter wheat – barley in the first rotation by 101% and in the second rotation by 73% relative to the non-fertilized variant. A positive nitrogen balance was achieved only when applying 300 kg/ha of nitrogen with fertilizer and 45-50% of the dose with the return of the element by nitrogen fixation and straw harvest. Nitrogen fertilizers were most fully used in the application of a fertilizer system consisting of manure, 50 t/ha+N₁₅₀P₁₂₀K₂₂₅. In the first rotation, the indicator was 85% on an unknown background and 100% on a limed background, similar indicators in the second rotation were 51% and 43%. The agronomic payback of nitrogen was the highest in the variant with the introduction of manure of 25 t/ha in combination with N₇₅P₆₀K₁₁₃ and averaged 32.1 kg in the I rotation and 21.4 kg in the II rotation.

УДК 631.811.98

DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.08

ЭКЗОГЕННЫЙ МЕЛАТОНИН КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

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

Изучалось влияние экзогенного мелатонина на эффективность и защищённость фотосинтетического аппарата яровой пшеницы в условиях полевого опыта. Фотосинтез – ключевой этап в формировании урожая и его качества. В полевых условиях растения постоянно подвержены целому комплексу неконтролируемых неблагоприятных факторов, которые негативно сказываются на эффективности фотосинтеза. В процессе формирования физиологической реакции на стресс хлоропласты подвергаются разрушающему воздействию реактивных форм кислорода и азота. Растения имеют систему внутренней защиты от возникновения свободных радикалов. Одним из её компонентов является мелатонин. Рабочая гипотеза состояла в том, что дополнительный экзогенный источник мелатонина позволит улучшить протекание фотосинтеза у пшеницы. Показано в результате исследований, что обработка пшеницы 0,0003%-ным раствором мелатонина по вегетации позволяет повысить стабильность фотосинтетических пигментов, увеличить эффективный выход флуоресценции и нефотохимическое регулируемое ее тушение, что свидетельствует о повышении эффективности и стабильности работы фотосинтетического аппарата яровой пшеницы.

Ключевые слова: мелатонин, яровая пшеница, стресс, фотосинтез, флуоресценция, хлорофилл, каротиноиды.

Для цитирования Шаповал О.А., Мухина М.Т., Боровик Р.А. Экзогенный мелатонин как фактор повышения эффективности и стабильности работы фотосинтетического аппарата пшеницы яровой в условиях полевого опыта // Плодородие. – 2024. – №4. – С. 37-41. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.08.

Важнейшая задача сельского хозяйства – создание оптимальных условий для выращивания культурных растений с целью получения больших объёмов качественной сельскохозяйственной продукции. Удовлетворение потребностей растений может осуществляться, с одной стороны, путём изменения условий внешней среды, с другой стороны, путём расширения диапазона толерантности растений и повышения устойчивости к стрессовым факторам среды с применением физиологически активных веществ. В практике сельского хозяйства целый ряд условий среды довольно динамичен и с трудом поддается своевременному контролю, например, заморозки весной, недостаточно тёплый или, наоборот, избыточно жаркий вегетационный период, кратковременный дефицит влаги и др. Неконтролируемый стресс может негативно сказаться на урожайности возделываемых культур и приводить к снижению качества получаемой продукции. Решением проблемы могут служить физиологически активные вещества, способные

защитить растительный организм от влияния неблагоприятных условий. Одним из таких веществ является мелатонин.

Мелатонин – вещество, синтезирующееся в клетках живых организмов всех царств. Однако в растениях он был открыт сравнительно недавно – в 1995 г. Биохимическая роль мелатонина в растительной клетке во многом остаётся предметом научных исследований и имеет множество дискуссионных аспектов. Тем не менее, ряд функций мелатонина в настоящее время установлен достаточно точно. Наиболее значимым способом функционирования мелатонина является участие в физиолого-биохимическом ответе растительной клетки на воздействие экзогенных стрессовых факторов, таких как высокие или низкие температуры, недостаток влаги, засоление и ряд других. Установлено, что главным маркёром и причиной нарушения метаболических процессов является образование различных форм свободных

радикалов, главным образом оксидных и азотистых, которые называются реактивные формы кислорода и азота. К ним относятся перекись водорода, гидроксильные (ОН), супероксидные (O_2^-) радикалы и NO^- радикалы. В присутствии этих радикалов происходят перекисное окисление липидов и повреждение мембран важнейших клеточных структур, таких как ядро, митохондрии, пластыды и хлоропласты. За обезвреживание постоянно возникающих реактивных форм кислорода и азота в клетке отвечает комплекс ферментов и пигментов с антиоксидантными свойствами, например каталаза, супероксиддисмутаза, полифенол оксидаза, каротиноиды и др. Мелатонин также является частью этой защитной системы. Механизм его участия заключается в регуляции экспрессии генов, кодирующих основные антиоксидантные ферменты. Кроме того, установлено, что сам мелатонин и некоторые его метаболиты обладают антиоксидантными свойствами [1, 2].

Рядом исследований установлено, что растения синтезируют эндогенный мелатонин непосредственно в хлоропластах. Механизм защиты связан с обезвреживанием реактивных форм кислорода и азота [3–5]. Другие аспекты участия мелатонина в работе фотосинтетического аппарата во многом остаются дискуссионными и малоизученными. Есть свидетельства участия мелатонина в работе электронно-транспортной цепи, а также в начальных этапах синтеза хлорофилла, на стадии синтеза порфирина [1, 5, 6].

Цель исследований – оценить влияние экзогенного мелатонина на ряд параметров работы фотосинтетического аппарата. В качестве испытуемой культуры использовалась яровая пшеница.

Методика. Методика проведения исследования частично описана в журнале «Плодородие» (2024, №3, С. 35-38).

Для оценки влияния мелатонина на фотосинтетический аппарат пшеницы были определены следующие показатели: содержание хлорофиллов а и b в листьях, содержание каротиноидов, термическая стабильность хлорофиллов и каротиноидов, параметры эффективности работы фотосинтетического аппарата методом РАМ-флуориметрии. Полевые измерения и отбор образцов проводили в фазе молочной спелости.

Отобранные образцы растительного материала были помещены в термопакет при температуре +4°C для перевозки в лабораторию. На следующий день в образцах определяли содержание хлорофиллов и каротиноидов. Экстракцию осуществляли 100%-ным ацетоном, после чего получали спектры оптической плотности экстрактов в видимом диапазоне на спектрофотометре Helios Omega US-VIS (Thermo Scientific). Количественное определение пигментов проводили с помощью стандартных растворов Гётри (для хлорофиллов) и Русселя (для каротиноидов), а также расчётным методом по Хольму-Веттштейну. Поскольку оба способа дали хорошую сходимость, в качестве конечного результата брали среднее по двум методам [7]. Параллельно с определением содержания пигментов определяли влажность образцов весовым методом.

Стабильность хлорофиллов и каротиноидов оценивали термическим методом: образец разделял на две навески: первую навеску не подвергали никакому воздействию, а вторую навеску выдерживали в дистиллированной воде, нагретой до 55 °C, в течение 1 ч. После чего

в обеих навесках определяли концентрацию хлорофиллов и каротиноидов. Индекс стабильности рассчитывали по формуле:

$$100\% \cdot C_{(\text{нагр.})} / C_{(\text{без. нагр.})},$$

где С – концентрация пигментов в навесках [7, 8].

Измерение параметров протекания фотосинтеза выполняли с помощью флуориметра марки Junior-PAM в поле. Метод заключается в разбиении потока солнечной энергии на три функциональные составляющие: $Y(II)$ – эффективный выход флуоресценции, соответствующий доле световой энергии, расходуемой на протекание фотохимических процессов в фотосистеме II, $Y(NPQ)$ – нефотохимическое регулируемое тушение флуоресценции – доля нефотохимических потерь световой энергии, связанная с работой защитного механизма отвода избыточной солнечной энергии в хлоропластах, $Y(NO)$ – нефотохимическое нерегулируемое тушение флуоресценции – доля нефотохимических потерь световой энергии, связанная с иными небioхимическими механизмами. Также рассчитывалось значение ETR – скорость работы электронно-транспортной цепи. Расчёт параметров проводили в прилагающейся программе WinControl-3.29 при естественном внешнем освещении в режиме «Act.-Yield». Флуоресценцию измеряли в срединной части адаксиальной стороны второго листа [9].

Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием табличного процессора MS Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение. Эффективность и стабильность фотосинтетического аппарата можно оценить по целому ряду показателей: содержанию непосредственно фотосинтетических пигментов – хлорофиллов, их устойчивости, выходу флуоресценции. Важное значение имеют не только указанные ключевые компоненты фотосинтетического аппарата, но также ряд других пигментов, присутствующих внутри хлоропластов, сопровождающих ключевые этапы фотосинтеза, а также участвующие в физической и химической защите других структур. Хлорофиллы являются главной частью фотосинтетического аппарата растений. В клетках высших растений хлорофилл присутствует в двух формах а и b, различающихся спектром поглощения солнечного света. Количественное содержание этих пигментов может указывать на общее состояние растения, уровень его питания и здоровье [10].

В клетках листьев пшеницы во всех вариантах опыта содержание суммы хлорофиллов составляло в среднем 31,3–37,2 мг/г. Статистически значимых различий между вариантами опыта и контролем не обнаружено. При этом соотношение хлорофиллов а : b достаточно стабильно – размах по опыту равен 2,3–2,7.

Помимо хлорофиллов внутри фотосинтетического аппарата присутствует ряд других пигментов, среди которых наиболее известен каротин. Его функции включают поглощение света в сине-зелёной области, участвуют в отводе избыточной солнечной энергии, а также проявляют антиоксидантную активность [10].

Сроки обработки мелатонином и концентрация рабочего раствора не оказали выраженного влияния на содержание каротиноидов, которое составляло в среднем 2,8–4,4 мг/г по опыту (табл. 1). Чёткой закономерности установить не удалось.

1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях пшеницы яровой сорта Тризо
(среднее \pm стандартное отклонение), мг/г

Вариант	Сумма хлорофиллов а + b	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды
К	34,6 \pm 3,4	24,7 \pm 2,5	9,9 \pm 0,9	3,7 \pm 0,7
Сем.0,001%	37,2 \pm 3,9	26,4 \pm 2,9	10,8 \pm 1,0	3,5 \pm 0,6
Всх.0,0003%	36,6 \pm 2,9	26,3 \pm 2,2	10,3 \pm 0,7	2,8 \pm 0,4
Всх.0,01%	31,3 \pm 1,4	22,4 \pm 1,2	8,8 \pm 0,2	3,6 \pm 0,8
Куш.0,0003%	35,3 \pm 3,8	25,1 \pm 2,8	10,2 \pm 1,1	4,4 \pm 1,0
Куш.0,01%	36,8 \pm 2,9	26,2 \pm 2,4	10,7 \pm 0,6	3,6 \pm 0,7
Сем. + Куш.0,0003%	32,9 \pm 1,0	23,3 \pm 0,6	9,6 \pm 0,4	4,0 \pm 0,9
Сем. + Куш.0,01%	33,5 \pm 4,2	23,9 \pm 3,0	9,5 \pm 1,2	4,1 \pm 0,7
НСР _{0,05}	5,3	4,0	1,4	1,2

Определение индексов стабильности хлорофиллов и каротиноидов показало, что их значения зависят от сроков обработки и концентрации рабочего раствора мелатонина (табл. 2, рис. 1). Так в вариантах, где проводили обработку 0,0003%-ным раствором отмечено повышение индекса стабильности суммы хлорофиллов с 59,2% на контроле до 73,7-83,9%. При этом наибольшее увеличение значения индекса стабильности отмечено в вариантах, где обработку проводили в фазе кущения. Поскольку соотношение двух типов хлорофиллов у растений на всех опытных делянках было относительно

выравненным, картина распределения индексов стабильности хлорофиллов а и b отдельно аналогична картине распределения индекса стабильности суммы хлорофиллов. В контроле для хлорофилла а индекс стабильности составлял 59,2%, для b – 59,0%. В вариантах, где обработку проводили 0,0003%-ным раствором мелатонина эти значения составили в среднем 73,2-82,6% для хлорофилла а и 75,1-87,3% для хлорофилла b. При этом следует отметить, что стабильность обоих типов пигментов примерно одинакова в каждом варианте.

2. Термическая стабильность хлорофиллов и каротиноидов в листьях пшеницы яровой сорта Тризо
(среднее \pm стандартное отклонение), %

Вариант	Сумма хлорофиллов а + b, %	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды
К	59,2 \pm 5,4	59,2 \pm 8,6	59,0 \pm 10,1	69,7 \pm 7,3
Сем.0,001%	56,5 \pm 6,2	54,9 \pm 6,8	60,4 \pm 11,0	70,8 \pm 2,8
Всх.0,0003%	73,7 \pm 3,3	73,2 \pm 4,1	75,1 \pm 9,5	68,9 \pm 2,8
Всх.0,01%	57,2 \pm 3,7	56,7 \pm 6,0	58,2 \pm 2,6	74,2 \pm 5,6
Куш.0,0003%	81,5 \pm 5,3	78,9 \pm 5,8	88,2 \pm 7,9	84,6 \pm 5,9
Куш.0,01%	59,7 \pm 3,7	62,5 \pm 3,4	52,5 \pm 12,6	81,9 \pm 3,1
Сем. + Куш.0,0003%	83,9 \pm 4,6	82,6 \pm 7,7	87,3 \pm 7,3	88,1 \pm 6,0
Сем. + Куш.0,01%	55,6 \pm 6,4	55,8 \pm 5,4	55,0 \pm 12,0	80,3 \pm 4,5
НСР _{0,05}	8,3	10,4	16,2	8,4

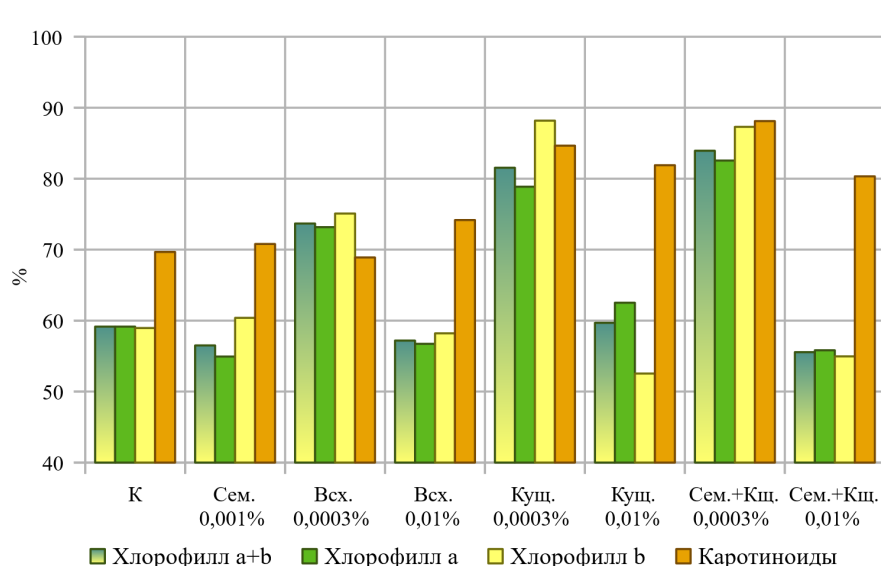


Рис. 1. Термическая стабильность хлорофиллов и каротиноидов в листьях пшеницы яровой сорта Тризо

Характер влияния мелатонина на стабильность каротиноидов специфичен. Наиболее высокие и статистически значимые показатели стабильности отмечены у растений пшеницы в тех вариантах, где обработку мелатонином проводили в фазе кущения, и составили 80,3-

88,1%, при значении на контроле 69,7%. Ранняя обработка не повлияла на стабильность каротиноидов. Исходя из полученных данных следует отметить, что каротиноиды имеют большую устойчивость, чем хлорофиллы.

Значения выхода флуоресценции, полученные методом РАМ-флуориметрии, показывают характер работы фотосинтетического аппарата и его эффективность (табл. 3, рис. 2).

В частности, эффективный выход флуоресценции $Y(II)$, соответствует доли поглощённой солнечной энергии, непосредственно пошедшей на синтез органических веществ. Наиболее высокие, имеющие статистически значимое отличие от контроля показатели получены в вариантах опыта, где обработка проводилась 0,0003%-ным раствором мелатонина в фазе кущения. Значения

параметра $Y(II)$ в этих вариантах составили 0,488 и 0,506, при величине на контроле 0,401. Следует также отметить небольшое увеличение эффективного выхода флуоресценции до 0,425 в варианте с обработкой 0,0003%-ным раствором по всходам, по сравнению с другими вариантами с ранней обработкой. В совокупности этих замечаний, характер распределения данного показателя по опыту в определённой степени согласуется характером распределения значения индексов стабильности хлорофиллов, что может свидетельствовать о наличии причинно-следственной связи.

3. Параметры протекания фотосинтеза в листьях пшеницы яровой сорта Тризо
(среднее \pm стандартное отклонение)

Вариант	$Y(II)$	$Y(NPQ)$	$Y(NO)$	ETR, $\frac{\text{ммоль-эл.}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$
К	0,401 \pm 0,031	0,239 \pm 0,011	0,360 \pm 0,033	58,2 \pm 8,1
Сем.0,001%	0,389 \pm 0,022	0,190 \pm 0,042	0,421 \pm 0,049	62,6 \pm 5,4
Всх.0,0003%	0,424 \pm 0,043	0,223 \pm 0,040	0,353 \pm 0,036	61,6 \pm 11,0
Всх.0,01%	0,368 \pm 0,027	0,248 \pm 0,022	0,384 \pm 0,005	57,6 \pm 6,0
Кущ.0,0003%	0,506 \pm 0,039	0,335 \pm 0,034	0,159 \pm 0,039	69,7 \pm 5,9
Кущ.0,01%	0,425 \pm 0,037	0,193 \pm 0,019	0,382 \pm 0,052	61,2 \pm 6,2
Сем. + Кущ.0,0003%	0,488 \pm 0,019	0,319 \pm 0,055	0,193 \pm 0,045	68,1 \pm 8,4
Сем. + Кущ.0,01%	0,429 \pm 0,014	0,242 \pm 0,031	0,329 \pm 0,026	61,6 \pm 8,8
НСР _{0,05}	0,051	0,058	0,065	12,9

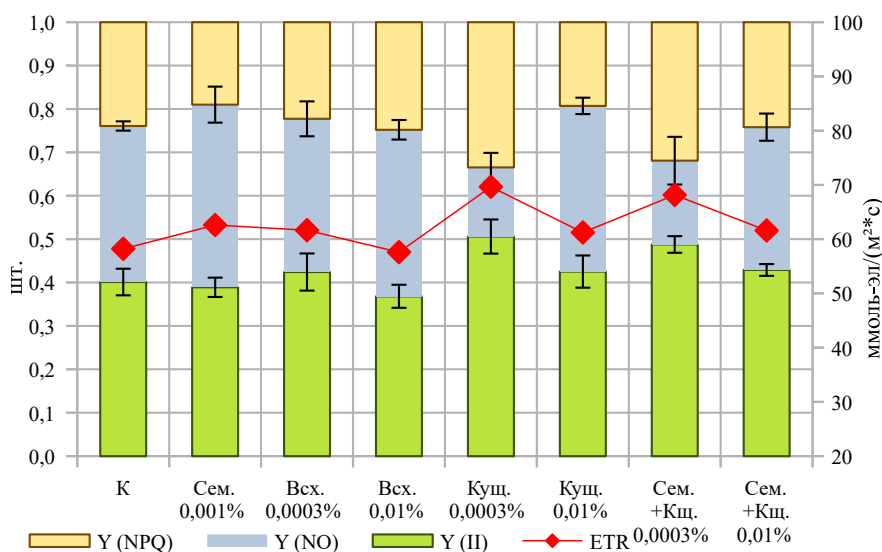


Рис. 2. Параметры протекания фотосинтеза в листьях пшеницы яровой сорта Тризо

Связанная с параметром $Y(II)$ скорость работы электронно-транспортной цепи (ETR) повторяет его динамику, приобретая наибольшие значения 69,7 и 68,1 (ммоль-эл.)/(м²·с) в вариантах с обработкой 0,0003%-ным раствором мелатонина в фазе кущения, при значении на контроле 58,2 (ммоль-эл.)/(м²·с). Однако различия между этими вариантами статистически не достоверны.

Нефотохимическое регулируемое тушение флуоресценции $Y(NPQ)$ характеризует работу комплекса пигментов и структур хлоропластов, участвующих в отводе избыточной солнечной энергии. Наибольшие значения этого показателя также наблюдались в вариантах с обработкой пшеницы 0,0003%-ным раствором мелатонина в фазе кущения – 0,335 и 0,319. Эти значения достоверно

отличались от контроля – 0,239. По аналогии с эффективным выходом флуоресценции возникает желание связать параметр $Y(NPQ)$ со стабильностью каротиноидов, которые выполняют в том числе защитную функцию. Однако корреляции между этими показателями нет, а, согласно литературным данным [10], основное участие в процессе отвода солнечной энергии принимают зеаксантин и мембранный потенциал.

Нефотохимическое нерегулируемое тушение флуоресценции $Y(NO)$ – это доля рассеянной солнечной энергии. В сумме с другими параметрами Y не даёт единицу, потому наблюдаются значимое снижение в вариантах с обработкой 0,0003%-ным раствором мелатонина в фазе кущения.

Заключение. В условиях мелкоделяночного полевого опыта на яровой пшенице мелатонин продемонстрировал способность повышать устойчивость и эффективность работы фотосинтетического аппарата растений. Несмотря на относительно благоприятные погодные условия, растения тем не менее в течение вегетационного сезона подвергаются краткосрочным стрессам, связанным с колебанием температуры, уровнем увлажнённости почв, воздействием патогенных организмов и действием пестицидов. В совокупности эти факторы не позволяют растениям реализовать свой потенциал.

Проведённые исследования показали, что обработка мелатонином не влияла на количественное содержание пигментов, но позволила повысить эффективность работы и защищённость фотосинтетического аппарата. Наилучший эффект был достигнут при обработке пшеницы в фазе кущения 0,0003%-ным раствором мелатонина с нормой расхода рабочего раствора 300 л/га. Обработка позволила существенно повысить эффективный выход флуоресценции и скорость работы электронно-транспортной цепи, что свидетельствует о возрастании способности растений эффективно усваивать солнечную энергию, т.е. большая часть солнечной энергии направляется непосредственно на синтез углеводов. Кроме того, в этих вариантах опыта повысилась стабильность хлорофиллов и каротиноидов, а также увеличилось нефотохимическое регулируемое тушение флуоресценции. Это говорит об усилении защитного комплекса хлоропластов и способности растений сопротивляться стрессовым факторам.

Менее выраженный положительный эффект наблюдался в варианте, где пшеница обрабатывалась 0,0003%-ным раствором мелатонина по всходам. Увеличение

концентрации рабочего раствора до 0,01% не привело к возрастанию положительного эффекта. Увеличение дозы позволило только повысить стабильность каротиноидов. Остальные показатели снизились до контрольных значений.

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. Шубаева Т.Г. Фитомелатонин: обзор / Т.Г. Шубаева, 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.
4. Melatonin Positively Influences the Photosynthetic Machinery and Antioxidant System of Avena sativa during Salinity Stress / N. Varghese [и др.] // Plants. – 2019. – Т. 8. – № 12.
5. Szafranska K. Melatonin Improves the Photosynthetic Apparatus in Pea Leaves Stressed by Paraquat via Chlorophyll Breakdown Regulation and Its Accelerated de novo Synthesis / K. Szafranska, R.J. Reiter, M.M. Posmyk // Frontiers in Plant Science. – 2017. – Т. 8. – С. 878.
6. Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants / D. Zhao [и др.] // Frontiers in Endocrinology. – 2019. – Т. 10. – Melatonin synthesis and function. – № APR.
7. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин; ред. Е.В. Кирсанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
8. Madhan M.M. Chlorophyll Stability Index (CSI): Its impact on salt tolerance in rice / M.M. Madhan, L.N. Subramanian, S. Ibrahim // IRRN. – 2000. – Vol. 25. – P. 38–39.
9. Schreiber U. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse Method: An Overview / U. Schreiber // Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis / eds. G.C. Papageorgiou, Govindjee. – Dordrecht: Springer Netherlands, 2004. – Vol. 19. – P. 279–319.
10. Lincoln Taiz. Plant Physiology, Fifth Edition / Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger. – Cary: Sinauer Associates, Inc, 2010. – 782 p.

EXOGENOUS MELATONIN AS A FACTOR OF INCREASING THE EFFICIENCY AND STABILITY OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF SPRING WHEAT UNDER FIELD EXPERIMENTAL CONDITIONS

O.A. Shapoval, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher

M.T. Mukhina, Head of the Department of Testing Growth Regulators of Plant and Agrochemicals and Pesticides

R.A. Borovik, Researcher at the Laboratory of Testing Elements of Agrotechnologies, Agrochemicals, Growth Regulators of Plant and Pesticides

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova str., 31A, 127434, Moscow, Russia, e-mail: elgen@mail.ru

The article studies the influence of exogenous melatonin on the efficiency and security of the photosynthetic apparatus of spring wheat under field experiment conditions. Photosynthesis is a key stage in the formation of the crop and its quality. In field conditions, plants are constantly exposed to a whole range of uncontrollable unfavorable factors that negatively affect the efficiency of photosynthesis. In the process of forming a physiological response to stress, chloroplasts are exposed to the destructive effects of reactive oxygen and nitrogen species. Plants have an internal defense system against the formation of free radicals. One of its components is melatonin. The working hypothesis was that an additional exogenous source of melatonin would improve photosynthesis in wheat. As a result of the research, it was shown that treating wheat with a 0.0003% melatonin solution during the growing season can increase the stability of photosynthetic pigments, increase the effective fluorescence yield and non-photochemical controlled fluorescence quenching, which indicates an increase in the efficiency and stability of the photosynthetic apparatus of spring wheat.

Key words: melatonin, spring wheat, stress, photosynthesis, fluorescence, chlorophyll, carotenoids.