

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ
ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ, ФИЗИОЛОГИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

На правах рукописи

УДК: 633.111:[581.132:631.524.84/85](478)(043.3)

ПЛАТОВСКИЙ НИКОЛАЙ

**АКТИВНОСТЬ ФОТОСИСТЕМЫ II, УСТОЙЧИВОСТЬ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) В УСЛОВИЯХ
ТЕРМИЧЕСКОГО СТРЕССА**

164.02. - Физиология растений

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук**

КИШИНЁВ, 2024

Диссертация была выполнена в Лаборатории биохимии растений
Института генетики, физиологии и защиты растений ГУМ

Научный руководитель:

ДАСКАЛЮК Александр, доктор хабилитат биологических наук, профессор университетар

Официальные оппоненты:

ДЕРЕНДОВСКАЯ Антонина, доктор хабилитат аграрных наук, профессор университетар,
Технический университет Молдовы

АЛУКИ Николай, доктор биологических наук, конференциар университетар,
Государственный педагогический университет «Ion Creangă»

Состав диссертационного совета:

ШИШКАНУ Георгий, *председатель*, доктор хабилитат биологических наук, профессор университетар, академик АНМ

МАРИНЕСКУ Марина, *ученый секретарь*, доктор биологических наук, конференциар исследователь

РОТАРЬ Александр, доктор хабилитат биологических наук, конференциар исследователь

БУЖОРЯНУ Николай, доктор хабилитат аграрных наук, конференциар исследователь

БЫРСАН Анна, доктор биологических наук, конференциар университетар

Защита состоится 26 сентября 2024, в 11:00, на заседании Специализированного Научного Совета **D 164.02-24-32** при Институте генетики, физиологии и защиты растений ГУМ, в зале для конференции, эт. 2, ул. Лесная, 20, Кишинев, MD-2002, tel.: (+37322) 77 04 47, fax: (+37322) 55 61 80, e-mail: institut.gfpp@gmail.com

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Института генетики, физиологии и защиты растений и на web странице ANASEC (<http://www.anasesec.md>).

Автореферат разослан «21» августа 2024

Секретарь диссертационного совета

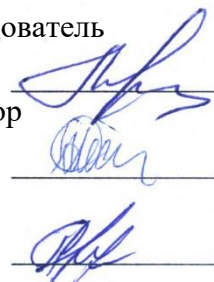
МАРИНЕСКУ Марина, доктор биологических наук, конференциар исследователь

Научный руководитель

ДАСКАЛЮК Александр, доктор хабилитат биологических наук, профессор

Автор:

ПЛАТОВСКИЙ Николай



Оглавление

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ	4
1. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТРЕССА, ИХ МОДИФИКАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА.....	8
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
3. РЕАКЦИЯ ПРОРОСШИХ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ НА МОДЕЛИРУЕМУЮ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАСУХУ И ЕЕ МОДИФИКАЦИЯ ПРИ ПОМОЩИ БИОСТИМУЛЯТОРА РЕГЛАЛГ	9
3.1. Влияние искусственно индуцированной засухи на параметры роста проростков пшеницы и возможность их модификации благодаря обработке семян раствором биостимулятора Реглалг.....	9
3.2. Влияние концентрации раствора сахарозы в питательной среде на прорастание семян разных генотипов пшеницы и модификация прорастания путем обработки семян биостимулятором Реглалг	12
3.3. Влияние осмотического стресса на активность ферментов амилазы в эндосперме семян различных генотипов пшеницы и её модификация при помощи биостимулятора Реглалг	13
3.4. Влияние обработки семян биостимулятором Реглалг на активность каталазы в экстрактах эндосперма проростков генотипов пшеницы, выращенных на питательной среде с различной концентрацией сахарозы	14
3.5. Влияние прорастания семян на среде с сахарозой на содержание пигментов в листьях десятисуточных проростков пшеницы	15
4. ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРА РЕГЛАЛГ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	19
4.1. Влияние предпосевной обработки семян раствором биостимулятора Реглалг на процессы роста и развития растений озимой пшеницы	19
4.2. Устойчивость листьев пшеницы к высоким температурам	21
4.3. Влияние биостимулятора Реглалг на динамику изменения индекса хлорофилла посевов растений пшеницы в различные периоды вегетации.....	22
4.4. Влияние биостимулятора Реглалг на динамику содержания полипептидного комплекса RuBisCo в флаговом листе пшеницы.....	23
4.5. Роль флагового листа и активности фотосистемы II в формировании урожая растений пшеницы, выращенных из семян, обработанных биостимулятором Реглалг	24
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	29
СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДЕССЕРТАЦИИ	30
АННОТАЦИЯ (на русском, румынском, английском)	32

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и важность проблемы. В последние годы, в результате глобального потепления климата, все более выражено проявляется расширение разницы между максимальными температурами летом и минимальными зимой. Это усложняет выживание растений. Повышение температуры в летнее время часто сопровождается продолжительными засухами, жаркими ветрами (суховеями) и низкой влажностью воздуха [4]. В результате повышения влияния антропогенных факторов на природу, в настоящее время в атмосфере увеличивается концентрация CO₂ и других парниковых газов, что приводит к уменьшению количества осадков и к потеплению [4]. Эти изменения усложняют выживание растений.

В зимний период стрессовые ситуации возникают в результате уменьшения/исчезновения снежного покрова, увеличения частоты и продолжительности периодов с положительными температурами. Угрожающими являются также внезапные переходы температуры от положительных значений днем к отрицательным значениям ночью, которые вызывают поздние весенние заморозки [11]. Эти явления усугубляются тенденцией к глобальному потеплению, которая, как свидетельствуют недавние исследования, приводит к увеличению разницы между максимальной и минимальной температурами в течение суток [5]. Уязвимость растений к экстремальным погодным условиям зависит от интенсивности неблагоприятного фактора, фазы развития растения и продолжительности действия стрессового фактора [12].

Благодаря способности растительного организма поддерживать внутренний гомеостаз, кратковременное воздействие умеренных доз неблагоприятного фактора не вызывает необратимых нарушений жизнедеятельности растения. В то же время, длительное воздействие неблагоприятных факторов, в частности, экстремальных температур, вызывает хроническое нарушение регуляции многих жизненно важных процессов, что часто приводит к гибели растений. В неблагоприятных условиях устойчивость и адаптация растений к неблагоприятным факторам среды обеспечивается наличием сложных систем регуляции функционального состояния, которые активируются на разных уровнях организации [1].

Хотя воздействие теплового стресса на растения пшеницы отрицательно влияет на их жизнеспособность и продуктивность, однако, чувствительность к указанным факторам зависит от фазы развития растения. Негативное влияние теплового стресса особенно выражено при воздействии экстремальных температур в период прорастания семян, который является критическим периодом роста растений [2]. Чувствительность растений к экстремальным температурам и засухе также особенно выражена в период колошения,

оплодотворения цветов и образования зерен в колосе [17], поэтому широкие колебания температуры в указанные периоды развития растений приводят к снижению урожая озимой пшеницы [18].

В исследованиях с использованием различных физиологических, биохимических и генетических методов было установлено, что реакция организмов на различные стрессовые факторы проявляет общие закономерности [3], однако, у разных видов и даже генотипов одного вида, эффекты определённых доз стрессового фактора варьируют в зависимости от устойчивости генотипа, а также от стадии развития растения [17].

В целом, устойчивость растений к действию теплового стресса определяется **двумя группами** механизмов: механизмы избегания/уменьшения действующей дозы стрессового фактора (**I**); механизмы, определяющие начальную функциональную устойчивость и эффективность адаптации растений к действию стрессового фактора в течении онтогенеза (**II**) [10]. Благодаря механизмам избегания, экспозиционная доза стрессового фактора воспринимается лишь частично, поэтому выживание осуществляется благодаря эффекту избегания (*stress avoidance*) [17]. Механизмы функциональной устойчивости зависят от эффективности процессов восстановления поражений, регенерации клеток, тканей, и даже целых органов [10]. Необходимо отметить, что процессы адаптации растений к условиям окружающей среды осуществляются за счёт вовлечения обеих групп механизмов [7]. Это проявляется в изменениях анатомических и морфологических структур растений, которые специфичны в зависимости от условий окружающей среды [12].

Дополнительные пути увеличения устойчивости возможны благодаря обработке семян или растений растворами регуляторов роста, синтетического и/или природного происхождения [8]. Биологическая активность регуляторов роста проявляется при обработке низкими концентрациями, которые сопоставимы с концентрациями действия фитогормонов [1]. Биостимуляторы индуцируют повышение эффективности обмена веществ, способствуют усвоению и использованию питательных веществ эндосперма для прорастания семени, роста, развития и адаптации растений.

Цель диссертационной работы заключалась в сравнении устойчивости различных генотипов пшеницы в период прорастания семян, выявлении возможных корреляционных связей между динамикой старения флагового листа, суточной активностью фотосинтеза, образованием и созреванием зерна в колосе, а также в определении влияния обработки семян биостимулятором *Реглалг* на устойчивость и продуктивность разных генотипов пшеницы.

Задачи исследований заключались в:

1. разработке и апробировании современных методов и подходов, позволяющих быстро и надёжно установить разницу между первичной и адаптивной устойчивостью генотипов гексаплоидной пшеницы к действию экстремальных температур.

2. применении разработанных методов и подходов для исследования специфической устойчивости и продуктивности 12 сортов озимой пшеницы и одного сорта тритикале, выращиваемых в течение ряда лет на территории опытного поля ИГФЗР, расположенного на окраине г. Кишинёва.

3. оценке эффективности разработанных методов и подходов путем определения устойчивости к экстремальным температурам растений, полученных из обычных семян, а также из тех, которые перед посевом были обработаны растворами биостимулятора *Реглалг*.

4. определении общих и специфических реакций различных генотипов пшеницы на действие экстремальных температур, используя системный подход для анализа результатов, полученных при помощи различных физиологических и биохимических методов оценки состояния растений пшеницы на протяжении всего периода онтогенеза, а также при разработке методов рационального применения биостимулятора *Реглалг* для повышения количества и качества урожая различных генотипов озимой пшеницы.

Гипотеза исследований: подтверждена гипотеза о том, что принципы методов ускоренного определения устойчивости технических систем к воздействию физических стрессовых факторов (радиации, температуры и др.) также применимы для определения первичной и адаптивной устойчивости генотипов пшеницы к экстремальным температурам, а также выдвинута гипотеза о возможности оптимизации методов применения биостимулятора *Реглалг* для повышения устойчивости к абиотическим стрессовым факторам и продуктивности растений пшеницы на основании специфичности воздействия различных концентраций биостимулятора *Реглалг* на всхожесть семян, рост и продуктивность растений.

Синтез методологии и обоснование выбранных методов исследования. Для достижения поставленной цели были использованы методы экспресс-определения устойчивости генотипов пшеницы (молдавской и украинской селекции) к действию высоких температур, а также оптимизированы методы применения биостимулятора *Реглалг* в сельском хозяйстве, выявлено существование корреляционных связей между реакцией генотипов пшеницы на действие осмотического стресса и их устойчивостью к жаре и морозу. В проведенных исследованиях применяли методы воздействия экстремальных

температур на семена и растения путем их инкубации в ультратермостате или в климатической камере, центрифугирования, хлорофиллометрии, флуориметрии, спектрофотометрии и др. Также определяли изменение содержания каротиноидов, хлорофилла *a* и *b*, соотношение содержания хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в проростках пшеницы, полученных из контрольных семян и обработанных биостимулятором *Реглалг*. Для оценки достоверности полученных результатов применяли статистические методы анализа.

Внедрение научных результатов: методы определения *исходной устойчивости* (3), *способности к адаптации* (4), а также *первичной* (1) и *адаптивной устойчивости* (2) генотипов пшеницы к действию экстремальных температур используются в Лаборатории биохимии растений ИГФЗР для оптимизации селекции сортов пшеницы и процедур применения биостимулятора *Реглалг* в сельском хозяйстве. Практические результаты были получены на опытном поле ИГФЗР и в различных сельскохозяйственных фирмах Республики Молдова (приложения 1, 2 в диссертации) при предпосевной обработке семян мягкой озимой пшеницы биостимулятором *Реглалг*, диссертационная работа была выполнена в двух проектах (15.817.05.13А; 20.80009.7007.07).

Публикации: по материалам диссертации опубликовано 26 научных работ, среди которых 2 статьи в национальном научном журнале (*кат. В*), 5 статей в зарубежных журналах, 5 статей в научных сборниках и 13 тезисов в национальных и международных конференциях.

Объём и структура диссертации: введение, 4 главы, включающие 11 таблиц и 32 рисунка, выводы и рекомендации, основной текст, изложенный на 120 страницах, 324 библиографические ссылки, 5 приложений.

Ключевые слова: гексаплоидная пшеница, созревание зерна, урожай, фотосистема II, гипотермический шок, гипертермический шок, устойчивость, биостимулятор *Реглалг*.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении аргументированы актуальность и важность темы, сформулированы цель, задачи и гипотеза исследований, синтез методологии и обоснование использованных методов, а также краткое изложение глав диссертации.

1. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТРЕССА, ИХ МОДИФИКАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

Данная глава содержит информацию, связанную с ретроспективным анализом научных достижений в исследовании влияния экстремальных отрицательных или положительных температур на растения мягкой озимой пшеницы, находящиеся на разных стадиях развития. Была проанализирована научная информация о процессах, обеспечивающих устойчивость растений к действию экстремальных температур и влияние биостимуляторов на устойчивость пшеницы к тепловому стрессу в период прорастания семян, роста и развития растений, формирования и созревания зерна в колосе. Сделан вывод о том, что для обеспечения качества и количества урожая пшеницы необходимо выявить особенности процессов инициации прорастания семян, а также особенности роста, образования колоса, цветения, формирования и созревания зерна в колосе растений разных генотипов пшеницы.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования. Исследования проводили на 12 сортах мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), из них: 8 сортов молдавской селекции (Молдова 5, Молдова 11, Молдова 66, Молдова 16, Молдова 614, Молдова 77, Молдова 79, Лэутар), 4 сорта украинской селекции (Миссия, Куяльник, Эпоха, Писанка). В исследованиях также использовали один сорт тритикале (*Triticosecale* Witt.) молдавской селекции (Инген 40). Растения выращивали на опытном поле Института генетики, физиологии и защиты растений, в пригороде города Кишинева, в течении 7 лет исследований (2017 - 2023).

Методы исследования. В лабораторных условиях определяли прорастание семян контрольных и опытных вариантов (обработанных различными концентрациями биостимулятора *Реглалг*), а также оптимальную концентрацию биостимулятора *Реглалг*, выбранную для обработки семян перед посевом в полевых условиях; влияние осмотического стресса, вызванного различными концентрациями сахарозы, на процент прорастания семян, активность амилазы и каталазы и содержание пигментов в листьях проростков разных генотипов пшеницы.

В полевых условиях определяли индекс хлорофилла в листьях различных генотипов пшеницы, активность фотосистемы II, содержание сахаров и активность каталазы в узлах кущения, динамику изменения полипептидного комплекса RuBisCo в флаговом листе. В течение онтогенеза определяли высоту растений, кустистость, термофилокрон, площадь

листьев, продуктивность контрольных и опытных растений различных генотипов пшеницы.

Методы математической обработки результатов исследований. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ MS Excel и Statistica. Данные представлены как в табличной, так и в графической форме. Средние данные, полученные по оценке всех параметров у контрольных вариантов, принимали как референтные значения. Каждый эксперимент разбивали на контрольные и опытные варианты. Значения, полученные в опытных вариантах, сравнивали с результатами, полученными в соответствующих контрольных вариантах. Каждый эксперимент повторяли не менее трех раз. Вычисляли средние значения, стандартное отклонение и достоверность различий между вариантами [14].

3. РЕАКЦИЯ ПРОРОСШИХ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ НА МОДЕЛИРУЕМУЮ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАСУХУ И ЕЕ МОДИФИКАЦИЯ ПРИ ПОМОЩИ БИОСТИМУЛЯТОРА РЕГЛАЛГ

3.1. Влияние искусственно индуцированной засухи на параметры роста проростков пшеницы и возможность их модификации благодаря обработке семян раствором биостимулятора *Реглалг*

Для определения устойчивости растений пшеницы к действию экстремальных температур и засухи, а также выявления влияния биостимулятора *Реглалг* на их жизнеспособность, исследовали показатели прорастания семян и роста проростков пшеницы в 3% растворе сахарозы (осмотическое давление 2,4 атм). При этом эффективность воздействия биостимулятора *Реглалг* на указанные показатели оценивали путем предварительной обработки семян раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/100, 1/200, 1/600 и 1/800. После обработки водой (контроль), или раствором препарата *Реглалг* (опыт), семена инкубировали в воздушном термостате для прорастания, в течение 5 суток. В таблице 3.1. приведены результаты оценки влияния осмотического стресса на развитие корней и листьев проростков пшеницы сорта Молдова 5.

При индуцированной осмотическим стрессом засухе, в контрольном варианте прирост листьев и корня снижался соответственно до 56,0% и 78,3% относительно контроля. Таким образом, в условиях осмотического стресса ингибирование роста надземной части было больше, чем центрального корня, что привело к снижению соотношения длины надземной части к длине центрального корня от 37,9% до 27,1% (таб. 3.1.).

Таблица 3.1. Влияние осмотического стресса, вызванного прорастанием семян пшеницы сорта Молдова 5 в растворе 3% сахарозы, на рост 5- суточных проростков, полученных из семян, предварительно обработанных водой или раствором с различной концентрацией биостимулятора *Реглалг*.

Варианты	% отношения длины осмотический стресс/контроль		% отношения длины надземная часть/центральный корень,	
	Надземная часть	Главный корень	Контроль	Осмотический стресс
Раствор 3% сахарозы (2,4 атм)				
Контроль	56,0(±0,6)	78,3(±0,5)	37,9	27,1
<i>Реглалг</i> , 1/100	76,4(±0,4)	88,1(±0,3)	67,1	58,1
<i>Реглалг</i> , 1/200	82,8(±0,2)	93,6(±0,4)	42,4	37,5
<i>Реглалг</i> , 1/600	80,9(±0,4)	89,5(±0,6)	56,8	51,3
<i>Реглалг</i> , 1/800	76,7(±0,4)	157,9(±0,8)	36,3	17,6
НСР 95	1,4	1,88		

В условиях осмотического стресса у проростков, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, повышалась скорость роста корней и надземной части. Учитывая тот факт, что обработка семян раствором биостимулятора *Реглалг*, разведенного водой в соотношении 1/200, привела к максимальному ускорению роста как центрального корня, так и листьев, эту концентрацию выбрали как оптимальную для обработки семян перед посевом в полевых условиях. Таким образом, по ингибированию скорости роста центрального корня и листьев можно судить об устойчивости генотипа пшеницы к осмотическому стрессу и эффективности повышения их устойчивости при помощи биостимулятора *Реглалг*.

Таблица 3.2. Влияние осмотического стресса, на площадь первичного листа 10-суточных проростков пшеницы сорта Молдова 5, выросших из семян, инкубированных в среде с 3% сахарозой (2,4 атм), обработанных перед прорастанием водой (контроль) или раствором с различными концентрациями биостимулятора *Реглалг* (опыт).

Варианты	Площадь листа, см ²		
	Контроль	Опыт	%, опыт/контроль
Контроль	3,37(±0,1)	2,00 (±0,1)	59
<i>Реглалг</i> , 1/100	3,32 (±0,06)	2,67 (±0,07)	80
<i>Реглалг</i> , 1/200	3,49 (±0,04)	2,93 (±0,04)	83
<i>Реглалг</i> , 1/600	3,01 (±0,09)	2,34 (±0,08)	77
<i>Реглалг</i> , 1/800	3,30 (±0,06)	2,68 (±0,06)	81
НСР 95	0,1	0,19	

Данные, приведенные в таблице 3.2., демонстрируют, что осмотический стресс существенно влияет на площадь первичного листа. В контрольном варианте, при действии осмотического стресса, площадь первичного листа проростков пшеницы снижалась до 59%. В то же время у проростков, полученных из семян, обработанных различными

концентрациями биостимулятора *Реглалг*, наблюдается тенденция к увеличению площади первичного листа растений, как в контрольном, так и в опытных вариантах исследований. При этом, выделяются контрольный и опытный варианты, полученные при обработке семян перед прорастанием биостимулятором *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200, под влиянием которого в нормальных условиях площадь первичного листа увеличилась на 3,5%, тогда как в условиях осмотического стресса увеличение его площади составило 46,5%. Из этого следует, что в условиях осмотического стресса уровень благоприятного влияния обработки семян биостимулятором *Реглалг* повышался. Благоприятное влияние обработки семян пшеницы раствором биостимулятора *Реглалг* перед прорастанием отражалось на накоплении биомассы листьев и корней, представляющих надземную и подземную часть (корневая система) проростков при выращивании растений в полевых условиях.

Таблица 3.3. Влияние 3% раствора сахарозы (2,4 атм) на прирост биомассы надземной части и корней 10- суточных проростков пшеницы сорта Молдова 5, выращенных из семян, обработанных водой (контроль) или растворами с различными концентрациями биостимулятора *Реглалг* (опыт).

Варианты	Прирост биомассы, гр		
	Контроль	Опыт	%, опыт/контроль
Надземная часть			
Без обработки биостимулятором	1,8 ($\pm 0,014$)	1,2 ($\pm 0,021$)	67
<i>Реглалг</i> , 1/100	1,9 ($\pm 0,008$)	1,7 ($\pm 0,012$)	89
<i>Реглалг</i> , 1/200	2,0 ($\pm 0,012$)	1,9 ($\pm 0,021$)	95
<i>Реглалг</i> , 1/600	1,7 ($\pm 0,011$)	1,6 ($\pm 0,02$)	94
<i>Реглалг</i> , 1/800	1,6 ($\pm 0,014$)	1,5 ($\pm 0,016$)	93
НСР 95	0,09	0,07	
Корневая система			
Без обработки биостимулятором	0,8 ($\pm 0,009$)	0,6 ($\pm 0,03$)	75
<i>Реглалг</i> , 1/100	0,8 ($\pm 0,006$)	0,7 ($\pm 0,012$)	87
<i>Реглалг</i> , 1/200	0,9 ($\pm 0,008$)	0,8 ($\pm 0,008$)	88
<i>Реглалг</i> , 1/600	0,7 ($\pm 0,006$)	0,6 ($\pm 0,014$)	85
<i>Реглалг</i> , 1/800	0,5 ($\pm 0,007$)	0,6 ($\pm 0,023$)	120
НСР 95	0,1	0,09	

Согласно данным, приведенным в таблице 3.3., при осмотическом стрессе накопление биомассы листьев и корней растений контрольного варианта соответственно снижалось до 67% и 75%, тогда как обработка семян раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200, обеспечила повышение процента накопления биомассы листьев и корней до 95% и 88% соответственно. Полученные данные указывают на то, что обработка семян биостимулятором *Реглалг* благоприятно повлияла на рост корней и листьев проростков пшеницы.

3.2. Влияние концентрации раствора сахарозы в питательной среде на прорастание семян разных генотипов пшеницы и модификация прорастания путем обработки семян биостимулятором *Реглалг*

В исследованиях использовали семена сортов озимой пшеницы Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник. Оценку динамики прорастания определяли по проценту проросших семян на 3, 5, 7 и 10 сутки после начала их инкубации в воде или в растворах сахарозы с концентрацией 1, 3, 5, 8, 10 и 16%, осмотическая сила которых составляла соответственно 0.8, 2.4, 4.0, 6.2, 8.2 и 13.5 атм

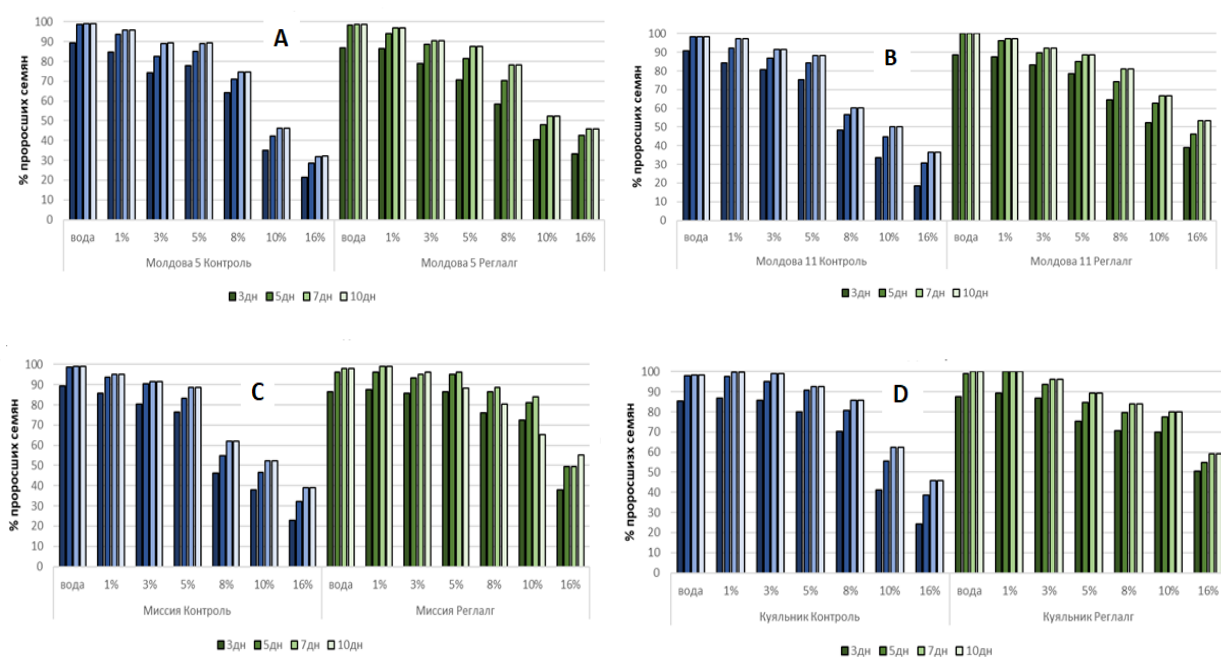


Рисунок 3.1. Процент прорастания семян пшеницы сортов Молдова 5 (А), Молдова 11 (В), Миссия (С) и Куяльник (D), обработанных перед прорастанием водой или раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200, проросших на фильтровальной бумаге, смоченной водой или раствором, содержащим 1, 3, 5, 8, 10 и 16% сахарозы, на 3, 5, 7 и 10 день прорастания.

Анализируя данные, приведенные на рисунке 3.1., можно отметить, что по устойчивости к действию осмотического стресса исследованные сорта располагаются в следующем порядке: Молдова 5 < Молдова 11 < Миссия < Куяльник. При инкубировании семян в растворе с концентрацией сахарозы 10% разница между процентом прорастания крайних контрольных вариантов (семена сорта Куяльник и сорта Молдова 5) составляла 16,88% (62,22% - 46,34%) (рис. 3.1. А и D). При увеличении концентрации сахарозы до 16% разница между процентом прорастания семян указанных сортов составляла 13,97% (45,71% - 31,74%) (рис. 3.1. А и D). Таким образом, разделение сортов пшеницы по разнице их реакции на осмотическую силу раствора в период прорастания семян, имеет тенденцию быть выше при инкубации в растворе с концентрацией сахарозы 10%, поэтому

инкубирование прорастающих семян в 10% сахарозе позволяет наиболее надежно разделить генотипы пшеницы по устойчивости к осмотическому стрессу.

Обработка семян раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200, приводит к значительному увеличению процента проросших семян у всех исследуемых сортов, (рис.3.1.), что свидетельствует о повышении жизнеспособности семян, обработанных раствором с этой концентрацией биостимулятора.

При инкубации в 10% растворе сахарозы повышение всхожести семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, было характерно для всех исследованных сортов, однако, относительный уровень благоприятного влияния обработки семян биостимулятором *Реглалг* на устойчивость выращенных растений был выше у генотипов с пониженной устойчивостью к осмотическому стрессу. Среди исследуемых генотипов, по реакции семян к осмотическому стрессу, сорт Куяльник оценён, как самый устойчивый, а сорт Молдова 5, как самый чувствительный.

3.3. Влияние осмотического стресса на активность ферментов амилазы в эндосперме семян различных генотипов пшеницы и её модификация при помощи биостимулятора *Реглалг*

Интенсивность роста проростков на начальных этапах прорастания семян определяется оптимальным использованием запасных веществ эндосперма в качестве источника пластических веществ и энергии для формирования нового растения [9]. По уровню активности амилазы в эндосперме можно оценить жизнеспособность семян, а также потенциальную устойчивость генотипов пшеницы к экстремальным температурам [2].

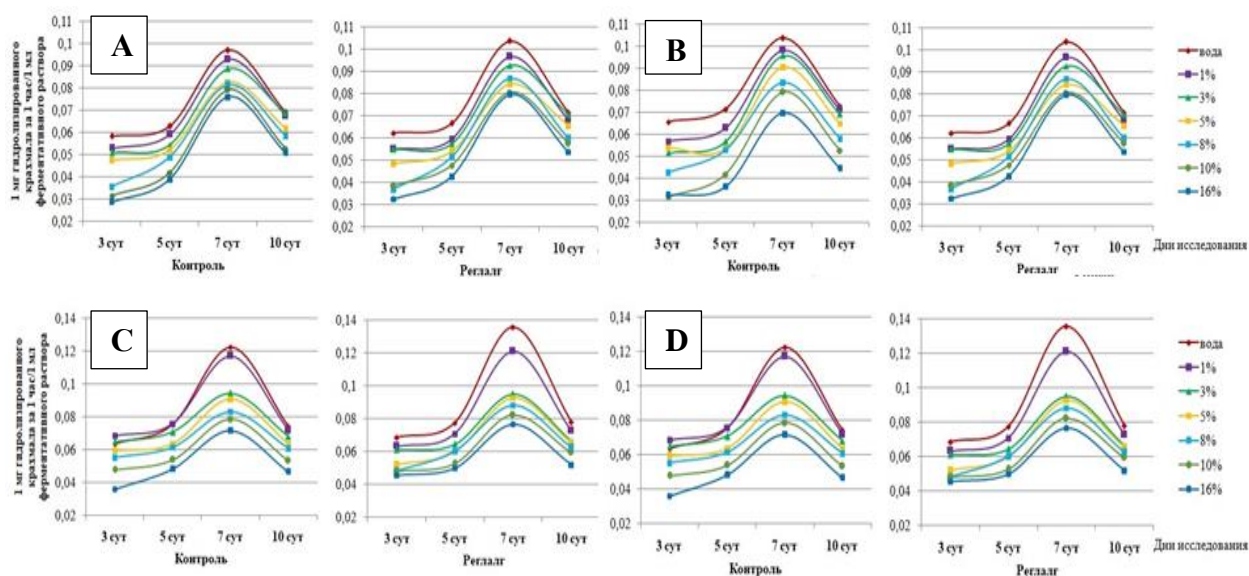


Рисунок 3.2. Суммарная активность амилаз в экстрактах из эндосперма проросших семян пшеницы сортов Молдова 5(А), Молдова 11 (В), Миссия (С) и Куяльник (D), выращенных в водных растворах с разной концентрацией сахарозы (0, 1, 3, 5, 8, 10 и 16%), в зависимости от продолжительности периода прорастания семян.

Результаты, приведённые на рисунке 3.2. демонстрируют, что с начала инкубации семян в среде для прорастания, вплоть до седьмых суток, активность амилаз постепенно возрастала. Затем она быстро падала, на десятые сутки достигая уровня, который был чуть выше, чем достигнутый на пятые сутки с начала инкубации семян в среде для прорастания. Легко заметить, что при инкубировании семян в среде для прорастания, для каждого варианта исследований, наблюдается следующее распределение сортов по активности амилаз в экстрактах из эндосперма семян: Куяльник > Миссия > Молдова 11 > Молдова 5, которая на седьмые сутки инкубирования была соответственно равной 0,122; 0,121; 0,104 и 0,097 мг гидролизованного крахмала в течение одного часа инкубации.

Указанные выше закономерности выявлены как в контрольных, так и в опытных вариантах. Они характерны и для семян, обработанных перед прорастанием биостимулятором *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200 (рис. 3.2. справа). После обработки семян раствором биостимулятора *Реглалг*, на седьмые сутки инкубирования в среде для прорастания, активность амилаз в экстрактах эндосперма сортов Куяльник, Миссия, Молдова 11 и Молдова 5 была соответственно равной 0,128; 0,128; 0,105 и 0,104 мг гидролизованного крахмала в течение одного часа инкубации. Таким образом, обработка семян раствором препарата *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200, привела к повышению активности амилаз в эндосперме в течение всего периода прорастания семян исследуемых сортов пшеницы, инкубированных в растворах с разной концентрацией сахарозы.

3.4. Влияние обработки семян биостимулятором *Реглалг* на активность каталазы в экстрактах эндосперма проростков генотипов пшеницы, выращенных на питательной среде с различной концентрацией сахарозы

Активация метаболизма в зародыше и в эндосперме является необходимым условием инициации прорастания семян, сопряженная с интенсификацией дыхания, активацией окислительно-восстановительных реакций в эндосперме семян. Эти процессы необходимы для образования энергии и поддержания биосинтеза новых соединений в зародыше семени. Параллельно образуются и активные формы кислорода, которые вызывают повреждение макромолекул и клеточных структур. В связи с этим, для оценки интенсивности метаболических процессов, определяли активность каталазы в экстрактах из эндосперма, которую выражали в $мМоль\ H_2O_2 \cdot 1\ мин / 1\ мг\ белка$.

Данные, приведенные на рисунке 3.3., показывают, что уровень активности каталазы в экстрактах эндосперма зависел от концентрации сахарозы в среде для прорастания семян.

С увеличением концентрации сахарозы в питательной среде активность каталазы в экстрактах эндосперма проростков имела тенденцию к снижению.

После начала прорастания семян активность каталазы постоянно увеличивалась, достигая максимального уровня на седьмые сутки, затем постепенно снижалась. Самый высокий уровень активности каталазы был зарегистрирован в экстрактах эндосперма проростков, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной водой. Предварительная обработка семян раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200, не оказала существенного влияния на активность каталазы в разных вариантах опыта. Уровень активности каталазы в экстрактах из эндосперма проростков исследуемых сортов пшеницы опытных и контрольных вариантов проявлял следующую тенденцию: Молдова 5 ≥ Молдова 11 ≥ Миссия ≥ Куяльник.

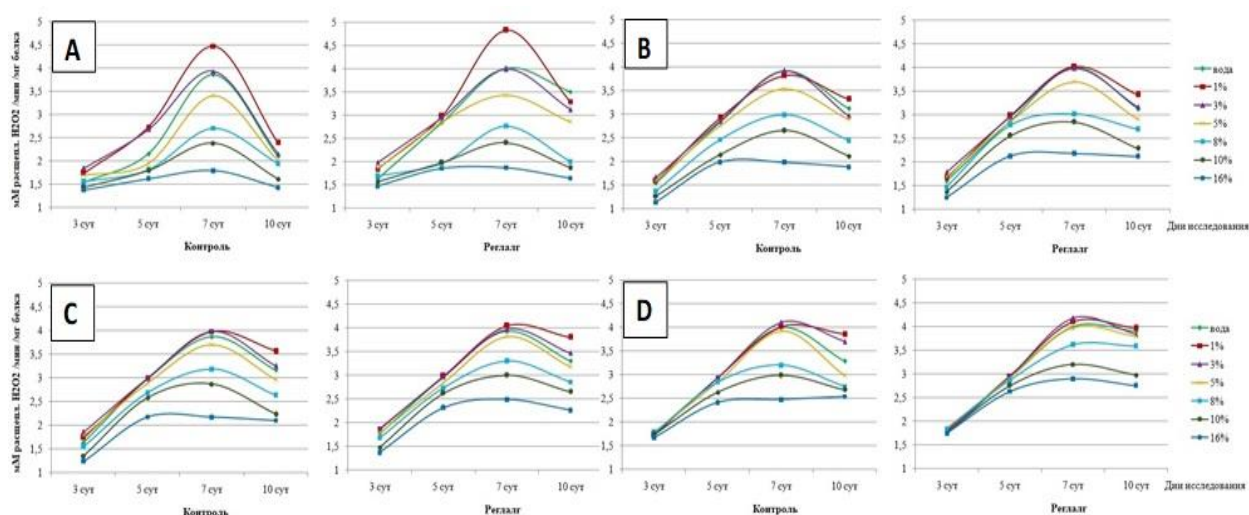


Рисунок 3.3. Активность каталазы в экстрактах из эндосперма проросших семян пшеницы сортов Молдова 5 (А), Молдова 11 (В), Миссия (С) и Куяльник (D), полученных из семян, инкубированных на среде с 0, 1, 3, 5, 8, 10 и 16% сахарозой. С правой стороны приведены данные, полученные из семян, обработанных водой, а с левой – из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200.

В целом, анализируя динамику активности каталазы можно заметить, что при осмотическом стрессе активность каталазы в экстрактах из эндосперма проростков проявляет тенденцию быть выше у сортов с меньшей устойчивостью к осмотическому стрессу. Активация метаболизма проростков, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, приводит к увеличению активности каталазы, которая, как правило, сопряжена с усилением активности метаболических процессов.

3.5. Влияние прорастания семян на среде с сахарозой на содержание пигментов в листьях десятисуточных проростков пшеницы

Общее содержание пигментов в листьях растений, а также относительное содержание отдельных компонентов, не является постоянным и существенно варьирует в зависимости от условий окружающей среды, возраста листьев и других факторов [16]. Из-за разрушения хлорофилл-липоидных комплексов и нарушения транспирации, культивирование растений в условиях стресса приводит к снижению фотосинтетической активности. Исследовали влияние растворов с различной концентрацией сахарозы на накопление пигментов в надземной части проростков пшеницы, вплоть до десятисуточного возраста. В исследованиях использовали семена пшеницы сортов Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник, предварительно инкубированных в воде (контроль) или в растворе биостимулятора *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200 (опыт).

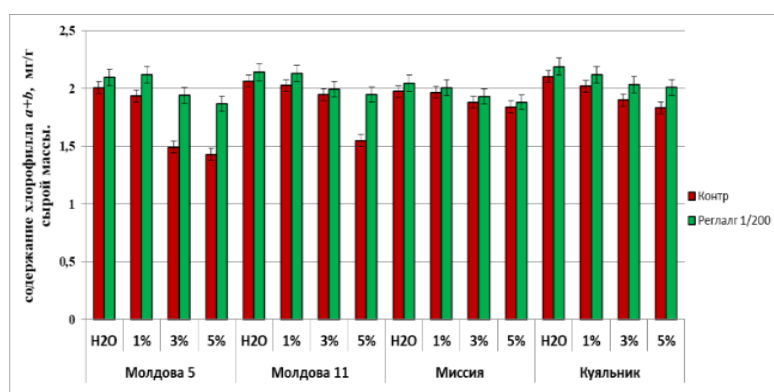


Рис. 3.4. Концентрация хлорофилла (а + б) в надземной части 10-суточных проростков пшеницы сорта Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник, полученных из семян, инкубированных в воде или в растворе биостимулятора Реглалг в концентрации 1/200, и выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной водой (контроль), или 1%, 3%, и 5% раствором сахарозы (опыт).

Если в листьях растений сорта Молдова 5, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной раствором сахарозы, содержание хлорофилла *a + б* в листьях уменьшалось с увеличением концентрации сахарозы в питательном растворе, то в листьях растений сорта Куяльник, наоборот, увеличивалось. В то же время, в исследуемых вариантах опыта, содержание суммы хлорофилла *a + б* в листьях проростков сортов Молдова 11 и Миссия варьировало незначительно. В контрольных и опытных вариантах существенных различий в содержании хлорофилла *a* и *б* в листьях сортов Миссия и Куяльник не наблюдалось.

В условиях индуцированной засухи, наибольшее соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *б* отмечено у сортов Куяльник и Миссия (рис. 3.5.), которые, по результатам предварительного анализа, являются более устойчивыми к действию засухи. У растений всех исследуемых сортов пшеницы, проросших из семян, обработанных перед

Данные, приведенные на рисунке 3.4., свидетельствуют о том, что осмотический стресс по-разному влияет на накопление суммы хлорофилла *a* и *б* в листьях десятидневных растений исследуемых сортов пшеницы. Если в листьях растений сорта Молдова 5, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной раствором сахарозы, содержание хлорофилла *a + б* в листьях уменьшалось с увеличением концентрации

прорастанием биостимулятором *Реглалг*, проявились более низкие показатели соотношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, по сравнению с таковыми у растений, полученных из семян, смоченных перед прорастанием водой.

Известно, что каротиноиды предохраняют различные соединения клетки,

в первую очередь молекулы хлорофилла, от фотоокисления [13]. У изученных сортов пшеницы прослеживалось закономерное возрастание количества каротиноидов с увеличением концентрации сахарозы в среде для прорастания семян (рис. 3.6.). Указанная

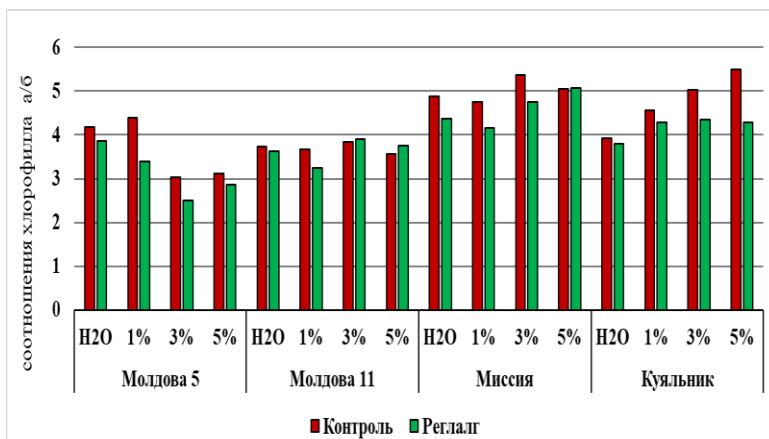


Рис. 3.6. Концентрация каротиноидов в надземной части 10-суточных проростков пшеницы сортов Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной водой или 1%, 3%, и 5% раствором сахарозы.

Реглалг, было ниже, чем в семенах, предварительно намоченных в воде.

Следовательно, наблюдаемое под влиянием осмотического стресса замедление роста проростков сопровождается повышением содержания в них каротиноидов, а ускорение роста, вызванное намачиванием семян в растворе биостимулятора *Реглалг*, наоборот, снижением содержания каротиноидов. Таким образом, адаптация проростков пшеницы к осмотическому стрессу проявляется в увеличении относительного содержания в листьях пигментов, хлорофилла *b* и каротиноидов. Указанные сдвиги, как правило,

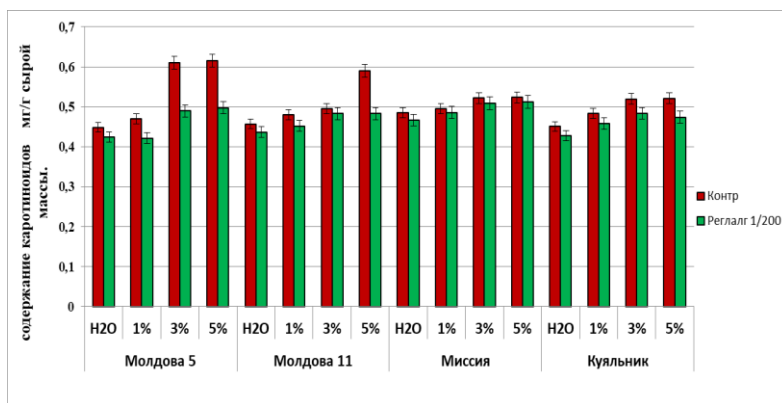


Рис.3.5. Соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в экстрактах из надземной части 10-суточных проростков пшеницы сортов Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной водой или раствором 1%, 3%, и 5% сахарозы.

закономерность наблюдалась как у растений, полученных из семян, предварительно обработанных водой, так и у растений, обработанных раствором биостимулятора *Реглалг*. Независимо от сорта, наблюдалась общая тенденция: содержание каротиноидов у растений, выращенных из семян, предварительно намоченных в растворе биостимулятора

являются тем более существенными, чем выше устойчивость растений к осмотическому стрессу. Среди исследованных сортов, самые высокие показатели содержания хлорофилла (а+б) и каротиноидов отмечены у проростков сортов Куяльник и Молдова 5, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной раствором 3% или 5 % сахарозы.

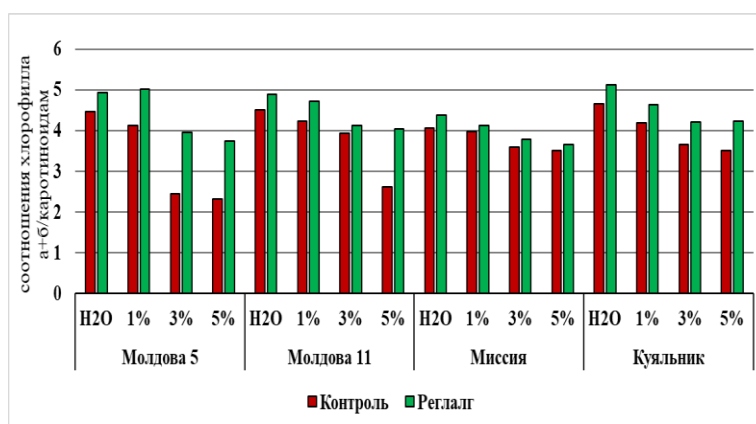


Рис. 3.7. Соотношение концентрации хлорофилла (а+б) к каротиноидам в надземной части 10-суточных проростков пшеницы сортов Молдова 5, Молдова 11, Миссия и Куяльник, выращенных на фильтровальной бумаге, смоченной водой или 1%, 3%, и 5% раствором сахарозы.

В целом, приведенные данные свидетельствуют о том, что накопление пигментов в листьях может служить надежным показателем устойчивости генотипа пшеницы к осмотическому стрессу, а также эффективности модификации устойчивости растений к абиотическому стрессу при помощи биостимулятора *Реглалг*.

4. ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРА РЕГЛАЛГ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В связи с тенденцией к глобальному потеплению климата, растения все чаще подвергаются резким колебаниям экстремальных температур [7]. Повышение продуктивности зерновых культур во многом определяется ростом и развитием растений на всех этапах онтогенеза, начиная с прорастания семян после посева и заканчивая созреванием зерна в колосе [5]. В современных условиях развития сельского хозяйства, минимизацию вредных последствий от действия абиотических стрессовых факторов достигают двумя способами. Первый способ основывается на выведении новых генотипов озимых злаков, характеризующихся высокими показателями устойчивости и урожайности в специфических условиях культивирования [5]. Второй способ предполагает применение биологически активных веществ для обработки семян перед посевом или растений в период вегетации, таким образом вызывая повышение устойчивости и продуктивности растений [19].

4.1. Влияние предпосевной обработки семян раствором биостимулятора *Реглалг* на процессы роста и развития растений озимой пшеницы

Оценку специфики влияния биостимулятора *Реглалг* на растения пшеницы определяли на всех этапах онтогенеза, начиная от появления всходов и кончая созреванием зерна и сбором урожая. Было установлено, что обработка семян озимой пшеницы раствором биостимулятора *Реглалг* приводит к уменьшению длины подземного штамба (первого междоузлия). Фотография, приведенная на рисунке 4.1., демонстрирует, что у растений пшеницы сортов Молдова 5 и Миссия, полученных из семян, обработанных перед посевом биостимулятором *Реглалг*, уменьшилась длина эпикотиля.



Рисунок 4.1. 105-дневные растения озимой пшеницы сортов Молдова 5 и Миссия контрольного (растения получены из семян, обработанных водой) и опытного (растения получены из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, разбавленного водой в соотношении 1/200) вариантов.

Зимой корни и листья растений пшеницы часто отмирают, однако, ткани узла кущения, будучи более устойчивыми к низким температурам и находясь глубже в почве, в зоне с более высокими температурами, меньше подвергаются стрессу, вызванному отрицательными температурами, оставаясь жизнеспособными по сравнению с узлами кущения контрольных растений. Зимой, в поверхностных слоях почвы, с увеличением глубины слоя почвы температура повышается экспоненциально [12]. Позже, при благоприятных условиях, из тканей узла кущения регенерируются корни и листья [17]. Увеличение глубины залегания узла кущения растений, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг* (таб. 4.1), дает основание считать, что благоприятное влияние этой обработки связано не только с повышением жизнеспособности

растений, но и с меньшим повреждающим воздействием экстремальных температур на растения зимой и летом.

Таблица 4.1. Длина эпикотилия растений различных генотипов пшеницы, выращенных из семян, обработанных перед посевом водой (контроль), или раствором биостимулятора *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200, 1/600 и 1/1000 (опыт).

Сорт	Вариант	Длина эпикотилия, см	Стандартное отклонение, см	% растений с узловыми корнями	НСР 95% длины эпикотилия
2015 – 2016 гг.					
Молдова 5	Контроль	2,46	0,56	22	
	<i>Реглалг</i> , 1/200	1,68	0,48	26	
	<i>Реглалг</i> , 1/600	1,71	0,41	21	
	<i>Реглалг</i> , 1/1000	1,78	0,52	24	0,28
Миссия	Контроль	2,31	0,64	18	
	<i>Реглалг</i> , 1/200	1,30	0,63	26	
	<i>Реглалг</i> , 1/600	1,42	0,61	21	
	<i>Реглалг</i> , 1/1000	1,57	0,74	22	0,22
Куяльник	Контроль	2,41	0,64	17	
	<i>Реглалг</i> , 1/200	1,42	0,58	24	
	<i>Реглалг</i> , 1/600	1,47	0,62	22	
	<i>Реглалг</i> , 1/1000	1,46	0,54	16	0,23

Исследования, проведенные с растениями сортов Молдова 5, Миссия и Куяльник показали, что обработка семян раствором биостимулятора *Реглалг* вызвала уменьшение длины эпикотилия. Максимальный эффект был достигнут при использовании биостимулятора, разведенного водой в отношении 1/200 (рис. 4.1 и таб. 4.1). У растений всех трех исследуемых сортов уменьшение длины эпикотилия было примерно одинаковым, достигая 1 см. Из этого следует, что в бесснежные периоды зимой температура на уровне узла кущения у растений опытных вариантов была на 3 – 4°C выше, по сравнению с таковой на уровне узла кущения растений контрольных вариантов [6].

4.2. Устойчивость листьев пшеницы к высоким температурам

Для оценки жизнеспособности растений после их выхода из зимнего покоя, после перезимовки, отбирали листья второго яруса одинаковой толщины и размера и определяли их устойчивость к высоким температурам. Анализ устойчивости функционирования клеточных мембран листьев к действию теплового шока (ТШ) оценивали по уровню утечки электролитов (рис. 4.2).

Данные, приведенные на рисунке 4.2.А и 4.2.В, свидетельствует о том, что динамика и уровень выхода электролитов зависят от продолжительности воздействия ТШ, вызванного экспозицией при 48°C, и времени измерения электропроводности среды инкубации листьев после воздействия ТШ. В контрольном варианте (рис. 4.2А)

экспоненциальная фаза выхода электролитов начинается после воздействия ТШ в течение более 10 минут. Повышение продолжительности инкубации сегментов листьев при 25°C в период после воздействия ТШ приводило к увеличению скорости выхода электролитов тем более существенной, чем продолжительнее было воздействие ТШ.

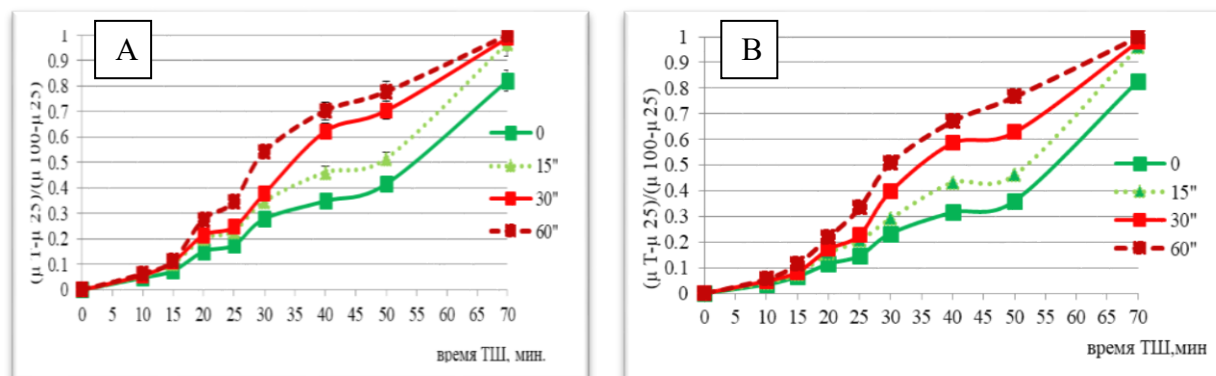


Рисунок 4.2. Влияние продолжительности ТШ при температуре 48°C в течение 0, 15, 30 и 60 минут на динамику утечки электролитов из сегментов листьев растений пшеницы сорта Молдова 5, полученных из семян, не обработанных (А-контроль) и обработанных биостимулятором *Реглалг 1/200* (В-опыт).

Динамика кривых утечки электролитов из сегментов листьев растений, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, свидетельствует о благоприятном воздействии препарата на теплоустойчивость листьев растений (рис. 4.2.В). Сегменты листьев опытных растений проявили большую способность удерживать электролиты после воздействия ТШ. Следовательно, листья опытных растений характеризовались большей устойчивостью к ТШ, по сравнению с листьями контрольных растений.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян биостимулятором *Реглалг* способствует как увеличению начальной теплоустойчивости растений, так и способности растений восстанавливать повреждения, что обеспечивает их более высокую жизнеспособность и устойчивость к экстремальным температурам.

4.3. Влияние биостимулятора *Реглалг* на динамику изменения индекса хлорофилла посевов растений пшеницы в различные периоды вегетации

Для оценки состояния посевов пшеницы и определения влияния биостимулятора *Реглалг*, проводили измерения индекса хлорофилла посевов в течение всего периода вегетации. После выхода растений из зимнего покоя было выявлено, что, независимо от сорта, наибольшие показатели индекса хлорофилла были характерны для растений, полученных из семян, которые перед посевом были обработаны биостимулятором *Реглалг 1/200* (рис. 4.3.). У каждого из исследуемых сортов пшеницы индекс хлорофилла растений,

полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, превосходил по величине значение, характерное для растений контрольного посева.

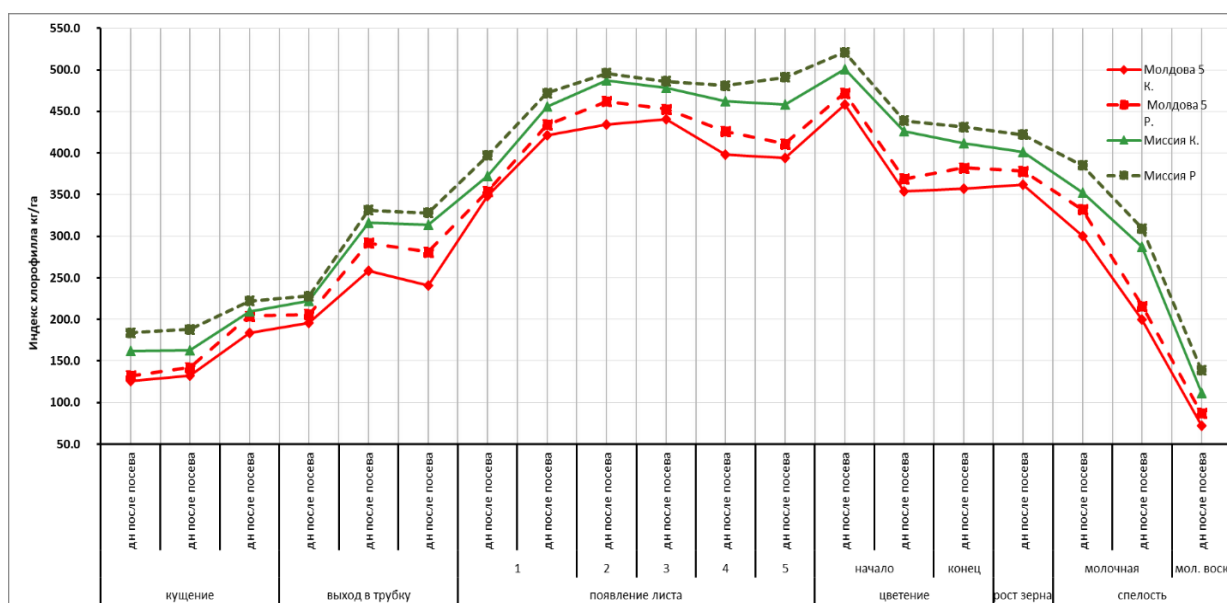


Рисунок 4.3. Динамика значений индекса хлорофилла посевов пшеницы сорта Молдова 5 и Миссия, выращенных в 2018 году из семян, обработанных водой (контроль) или биостимулятором *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200 (опыт).

Из приведенных на рисунке 4.3. данных видно, что с начала интенсивной вегетации, и вплоть до наступления фазы цветения и колошения, в июне месяце, наблюдалось повышение индекса хлорофилла посевов. С наступлением фазы формирования и роста зерна в колосе отмечено быстрое снижение индекса хлорофилла, которое продолжалось вплоть до полной гибели растений – в конце фазы молочно–восковой спелости зерна. Важно отметить, что индекс хлорофилла опытных растений в течение всего периода вегетации проявлял тенденцию быть выше, относительно контрольных растений, независимо от сорта пшеницы.

4.4. Влияние биостимулятора *Реглалг* на динамику содержания полипептидного комплекса RuBisCo в флаговом листе пшеницы

Интенсивность фотосинтеза зависит от сложных взаимодействий между хлоропластами и цитоплазмой клетки, которые варьируют в зависимости от интенсивности стрессовых факторов и возраста растений. Указанные факторы влияют на количественные и качественные показатели состояния фермента D-рибулозо-1,5дифосфат карбоксилазы / оксигеназы (КФ 4.1.1.39 RuBisCo). По его содержанию можно судить об общем состоянии растений [15]. Результаты электрофореза в денатурирующих условиях экстрактов из флагового листа растений восьми сортов пшеницы приведены на рисунке 4.4. Среди выявленных компонентов особое внимание уделяли полипептидам с молекулярной массой

от 15 до 60 килодальтон (кДа), поскольку они представляют большую и малую субъединицу RuBisCo.

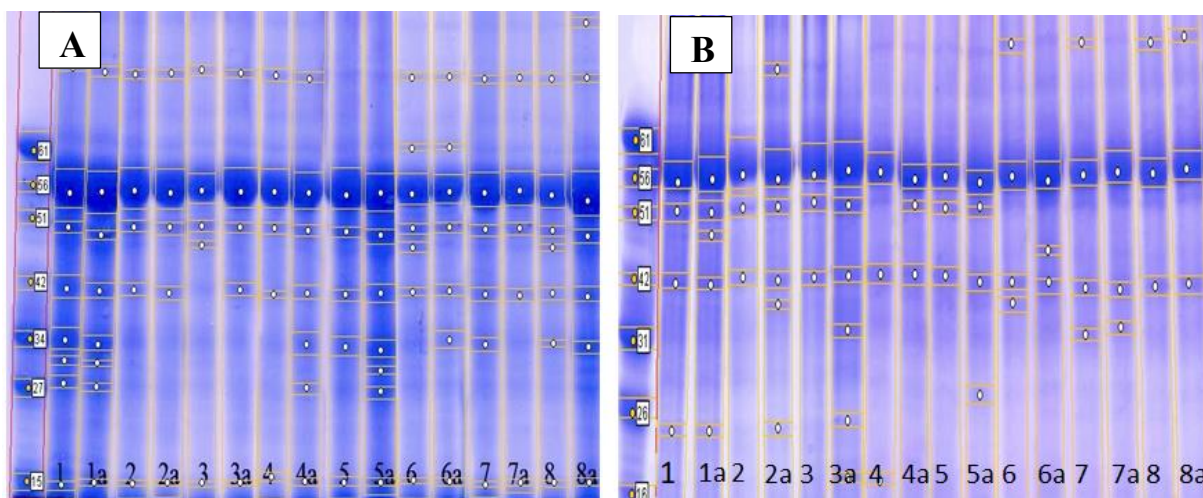


Рисунок 4.4. Электрофореграмма полипептидов, экстрагированных из флагового листа контрольных и опытных растений пшеницы, находящихся в фазе колошения (А) и молочно-восковой спелости (В). 1- 8 и 1а - 8а, соответственно представляют экстракты из контрольных и опытных вариантов растений пшеницы сортов Молдова 5, Молдова 77, Молдова 11, Лэутар, Молдова 614, Писанка, Куяльник и Эпоха. С левой стороны - электрофореграмма маркеров с молекулярными массами 61, 56, 51, 42, 31, 27 и 15 кДа.

Рисунок 4.4. демонстрирует, что интенсивность полос, характеризующих указанные полипептиды, была выше в экстрактах, выделенных из флагового листа растений, полученных из семян, обработанных перед посевом биостимулятором *Реглалг 1/200*. Очевидно, с этим связан и более высокий индекс хлорофилла посевов опытных растений по сравнению с контрольными. Подчеркнем, что отмеченная выше тенденция была характерна для всех исследованных сортов пшеницы. В целом, приведенные данные подтверждают, что растения, полученные из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, являются более жизнеспособными, благодаря чему они позже переходят в фазу созревания зерна в колосе и гибели растений.

4.5. Роль флагового листа в формировании урожая растений пшеницы, выращенных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*

Продуктивность растений пшеницы оценивают по накоплению биомассы зерна в колосе. Согласно результатам исследований [18], до 90 - 95% сухой биомассы зерна создается благодаря процессу фотосинтеза, проходящего во всех листьях растений и 5 - 10% его биомассы образуется благодаря фотосинтезу в стебле, колосе, влагалище листьев и осях. С практической точки зрения, особый интерес представляет выявление специфической роли активности фотосинтеза в флаговом листе пшеницы, который появляется последним и сохраняет высокую активность в фазе формирования и налива

зерна в колосе. Численные значения морфологических параметров флагового листа растений сортов Молдова 5, Миссия и Куяльник, выращенных в 2016, 2017 и 2018 году, приведены в таблице 4.2. Независимо от года культивирования, по величине площади и длине листьев, сорта проявили тенденцию располагаться в следующем порядке: Молдова 5 > Миссия > Куяльник. У опытных вариантов растений всех трех сортов пшеницы, на протяжении всех лет исследований ширина, длина и площадь флагового листа имели тенденцию быть выше, по сравнению с контрольными вариантами.

Таблица 4.2. Влияние предпосевной обработки семян озимой пшеницы водой (контроль) или биостимулятором *Реглалг*, разбавленным водой в соотношении 1/200 (опыт), на параметры, характеризующие площадь флагового листа растений пшеницы сортов Молдова 5, Миссия и Куяльник, выращенных в 2015 – 2018 годах.

Сорт	2015 – 2016			2016 – 2017			2017 – 2018		
	Площадь, см ²	Длина, см	Ширина, см	Площадь, см ²	Длина, см	Ширина, см	Площадь, см ²	Длина, см	Ширина, см
Контроль									
Молдова 5	18,9(±0,2)	21,8	1,14	20,2(±0,2)	28,3	1,18	21,8(±0,1)	29,0	1,21
Миссия	15,8(±0,1)	18,4	1,16	19,3(±0,1)	23,3	1,27	19,5(±0,1)	24,3	1,15
Куяльник	14,7(±0,2)	17,2	1,12	18,9(±0,2)	20,0	1,14	19,1(±0,3)	20,5	1,17
НСР (0,5)	1,82	0,64	0,017	0,38	1,26	0,02	1,14	0,98	0,032
Опыт									
Молдова 5	20,1(±0,3)	22,8	1,20	22,4(±0,1)	29,9	1,31	22,9(±0,3)	30,5	1,29
Миссия	16,8(±0,2)	19,3	1,22	20,9(±0,2)	25,5	1,37	21,3(±0,3)	27,4	1,25
Куяльник	15,4(±0,2)	18,8	1,16	19,6(±0,3)	20,8	1,29	19,7(±0,1)	21,1	1,26
НСР (0,5)	1,21	0,51	0,012	0,32	1,32	0,031	1,02	1,12	0,028

Для оценки фотосинтетической активности флагового листа растений исследуемых сортов пшеницы, находящихся на разных этапах созревания семян в колосе, определяли динамику изменения квантового выхода (*Yield*) фотосистемы II на основании флюоресценции хлорофилла листьев, измеряемой при помощи флуориметра PAM-2100 (Walz, Германия). Полученные данные, приведенные на рисунке 4.5., демонстрируют, что в утренние часы, с увеличением освещения, значения показателя *Yield* последовательно снижались от максимального уровня утром, при PAR 860 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, до минимального значения в 12:00 часов дня при PAR 1100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. В дальнейшем, с увеличением уровня PAR до 1400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, значения *Yield* были минимальными (0.100 и ниже *Yield*), оставаясь на низком уровне вплоть до 15:00 часов дня, когда уровень PAR снижался до 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. После этого показатель *Yield* постепенно увеличивался по мере падения уровня PAR в вечернее время.

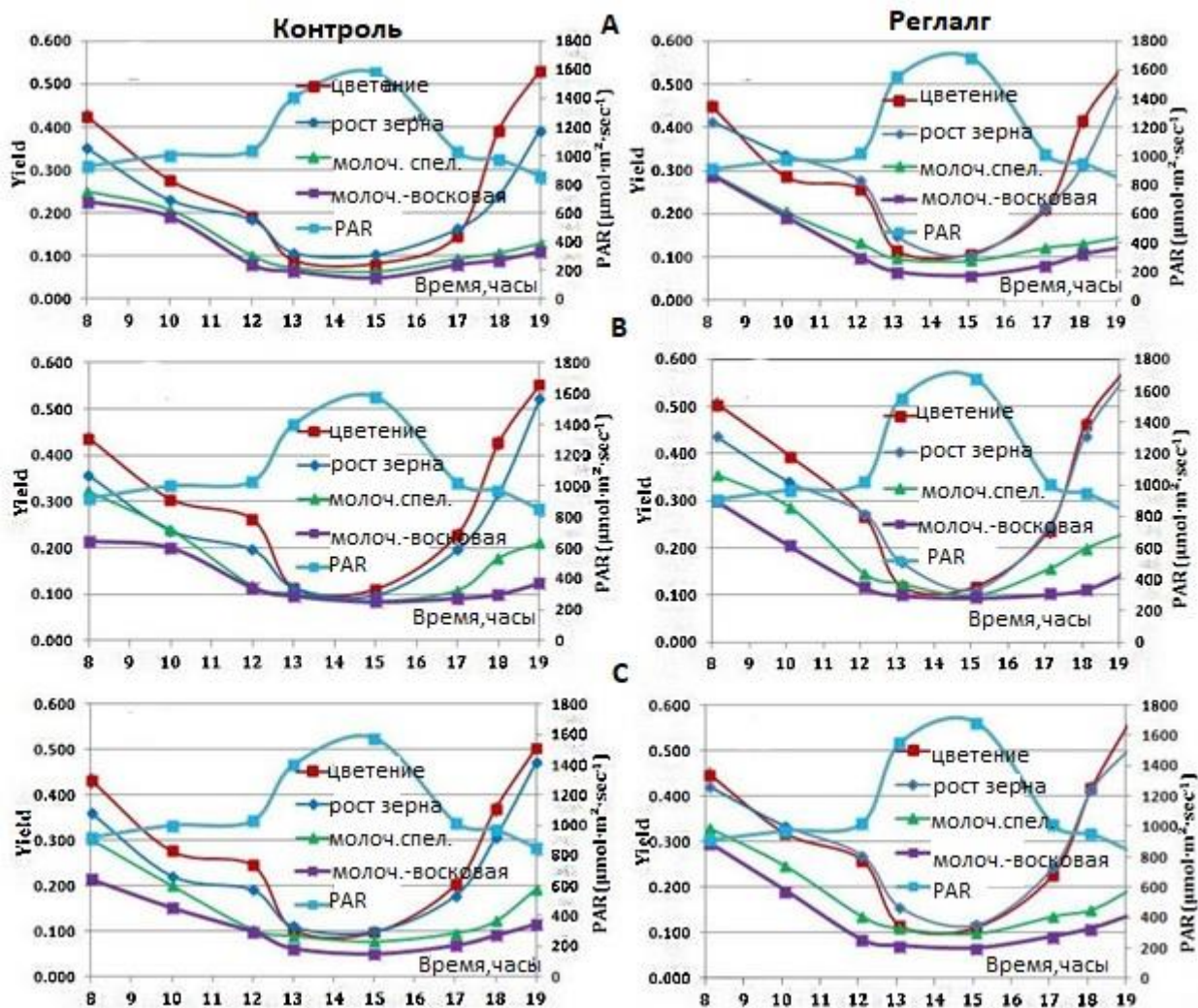


Рисунок 4.5. Динамика активности фотосистемы II флагового листа растений сортов Молдова 5 - А, Миссия - В, Куяльник - С, полученных из семян, обработанных водой (контроль) или биостимулятором *Регалг* 1/200 (опыт).

Важно отметить, что по мере созревания зерна в колосе, максимальное значение показателя *Yield* последовательно снижалось от 0.420 у флагового листа в фазе инициации колошения, до 0.210 у флагового листа растений, находившихся в фазе молочно-восковой спелости. В вечернее время, независимо от сорта пшеницы, восстановление показателя *Yield* по мере старения листа проходило медленнее. По мере созревания зерна в колосе, независимо от сорта пшеницы, разница между максимальным значением *Yield* флагового листа в 19:00 часов вечера и в 8 часов утра, последовательно менялась от положительного значения, в фазах цветения и роста зерна в колосе, до отрицательного значения, в фазах молочной и молочно-восковой спелости зерна. Эти данные свидетельствуют о том, что по мере старения флагового листа, динамика фотохимического восстановления ингибированных центров вечером снижалась быстрее, чем динамика их ингибирования в утренние часы.

Приведенные выше закономерности изменения показателя *Yield* сохранились и у растений, полученных из семян, обработанных перед посевом биостимулятором *Реглалг* (рис. 4.5. справа). При этом, для всех фаз созревания семян в колосе, в течение всего светового дня, значения *Yield* флагового листа растений опытных вариантов проявляли тенденцию быть выше, чем у контрольных растений. Таким образом, можно полагать, что ожидаемое накопление биомассы зерна в колосе у растений, полученных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, будет выше.

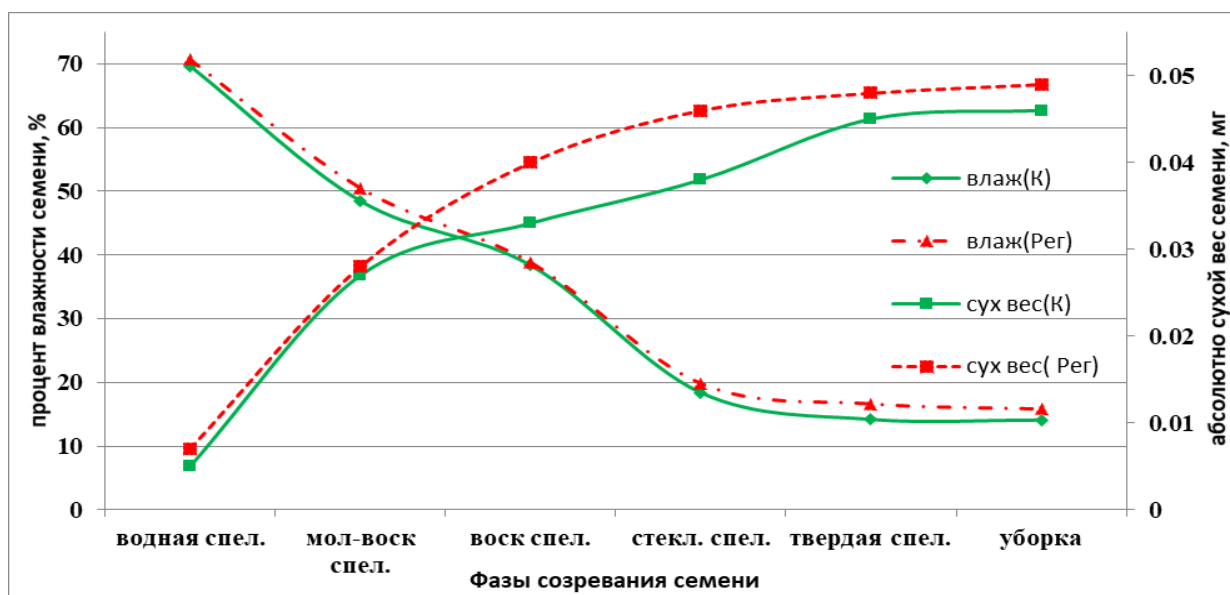


Рисунок 4.6. Динамика снижения влажности и накопления сухого вещества в зернах в период созревания семян растений пшеницы сорта Молдова 5, выращенных из семян, обработанных водой (контроль) или биостимулятором *Реглалг* 1/200 (опыт).

Дополнительным подтверждением того, что благотворное влияние биостимулятора *Реглалг* на урожай растений пшеницы связано со стимулированием жизнеспособности растений, служат данные, приведенные на рисунке 4.6. Из них следует, что в течение всего периода формирования и созревания зерна в колосе у опытных растений, влажность семян проявляла тенденцию быть выше по сравнению с семенами контрольных растений. Параллельно, средний абсолютно сухой вес зерна опытных растений также проявлял выраженную тенденцию быть выше, чем у растений контрольных вариантов.

Указанные выше закономерности косвенно подтверждаются данными о суммарном содержании хлорофилла в опытных и контрольных вариантах растений пшеницы сортов Молдова 5 и Миссия, приведенные ранее (рис. 4.3.). Отмечено, что растения сорта Миссия, по сравнению с растениями сорта Молдова 5, характеризовались не только более продолжительным периодом вегетации, но и более высоким содержанием хлорофилла в листьях. Независимо от сорта, обработка семян перед посевом раствором биостимулятора *Реглалг* у полученных растений привела к более высокому содержанию хлорофилла в

листьях в течение всего периода вегетации (рис. 4.3). Это свидетельствует о положительном влиянии биостимулятора на жизнеспособность растений обоих сортов пшеницы.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Инкубация семян пшеницы в растворах сахарозы, вызывающих разный осмотический стресс, оказывает специфическое влияние на следующие физиологические показатели состояния растений разных генотипов пшеницы:

- а) приводит к снижению процента прорастания семян, которое выше у генотипов с более низкой устойчивостью к высоким температурам и засухе;
- б) приводит к снижению биомассы корней и листьев проростков, проявляя тенденцию к более выраженному ингибированию накопления биомассы корней по соотношению к биомассе листьев;
- в) приводит к ингибированию суммарной активности каталазы и амилазы в эндосперме прорастающих семян;
- г) приводит к снижению концентрации хлорофилла *a* и *b*, а также каротиноидов в листьях.

2. Предпосевная обработка семян пшеницы растворами с различной концентрацией биостимулятора *Реглалг* приводит к стимулированию формирования узла кущения в более глубоких слоях почвы (в среднем на 1,5-2 см), что содействует повышению уровня избегания действия экстремальных температур на клетки узла кущения и первичных корней в зимний и летний периоды;

3. Благоприятные эффекты использования биостимулятора *Реглалг* для обработки семян перед посевом тем выше, чем устойчивость генотипа к действию неблагоприятных температур ниже.

4. Благоприятное влияние обработки семян озимой пшеницы раствором биостимулятора *Реглалг* на полученные из них растения, является результатом повышения их жизнеспособности и устойчивости к экстремальным температурам (на 1 – 2°C). Это достигается за счет положительного воздействия на эффекты избегания (уменьшения действующей дозы), а также повышения первичной и адаптационной устойчивости.

5. Растения пшеницы, у которых дневная активность фотосинтеза флагового листа в период прохождения фаз образования и созревания зерна в колосе выше, характеризуются более длительным периодом прохождения каждой из фаз образования зерна (в среднем на 2 – 3 дня), начиная от инициации колошения и заканчивая фазой его созревания.

6. На основании сравнения специфики суточной динамики активности фотосистемы II флагового листа растений пшеницы, находящихся в одинаковой фазе развития зерна в колосе, генотипы пшеницы можно распределить согласно их продуктивности в конкретных условиях окружающей среды.

7. Растения пшеницы, у которых активность фотосистемы II в течение всего светового дня проявляет тенденцию быть выше, также характеризуются более высоким уровнем зерновой продуктивности (прибавка к урожайности составляет от 200 до 400 кг/га).

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для оценки устойчивости генотипов пшеницы к абиотическим стрессовым факторам и оптимизации ее модификации при помощи биостимулятора *Реглалг*, предлагается комплексный подход, основанный на:

- а) оценке влияния биостимулятора на всхожесть семян и интенсивности накопления биомассы проростками, полученными в условиях осмотического стресса различной интенсивности;
- б) определении влияния биостимулятора на суммарную активность каталазы, накоплении в проростках хлорофилла *a* и *b*, а также каротиноидов;
- с) использовании других методов, описанных в методических рекомендациях [19].

2. Для сравнения устойчивости различных генотипов пшеницы к действию высоких и низких температур, а также влияния биостимуляторов на эти показатели, рекомендуем отдельно оценить их первичную и адаптивную устойчивость.

3. Поскольку растения, полученные из семян, репродуцированных в годы с необычно низкими температурами зимой, или высокими температурами и засухой весной и летом, характеризуются повышенной чувствительностью к экстремальным температурам и засухе, для хранения в запасном фонде рекомендуем закладывать семена, собранные в годы с благоприятными погодными условиями.

4. В связи с тем, что у растений пшеницы продолжительность фаз образования и созревания зерна в колосе меняется в зависимости от условий среды (главным образом температуры и влажности), для корректного определения устойчивости к неблагоприятным факторам и потенциальной продуктивности, тестирование генотипов пшеницы рекомендуется проводить в разных климатических зонах.

5. Для распределения генотипов пшеницы согласно конститутивной (начальной) и адаптационной устойчивости к экстремальным температурам, а также для оптимизации методов оценки влияния биостимуляторов на устойчивость и продуктивность растений в

условиях с экстремальными температурами, рекомендуем применять методы, основанные на использовании изложенных выше принципов.

БИБЛИОГРАФИЯ

- 1 ДАСКАЛЮК, А., РАЛЯ, Т., КУЗА, П. Влияние теплового шока на флуоресценцию хлорофилла листьев белого дуба (*Quercus pubescens* Willd.). В: *Фотосинтетика* 45, 2007, с. 469–471. Рабочая: [DOI: 10.1007/s11099-007-0079-0](https://doi.org/10.1007/s11099-007-0079-0)
- 2 КАТАН, П., ПАРМАКЛИ, Д. Нестабильность сельскохозяйственного производства в районах неустойчивого ведения сельского хозяйства. В: *Vector European*. 2019, Numărul 1, p. 80-84. ISSN 2345-1106. ISSNе 2587-358X.
- 3 КАРШИБОВЕВ, Х.Х., СИДДИКОВ, Р.Э., ПОКРОВСКАЯ, М.Н. Устойчивость содержания общей воды в листьях и температуры коагуляции белков листьев сортов твердой пшеницы в богарных условиях. В: *Аграрная наука Общее земледелие*. 2018. 54-55 с. Рабочая: [DOI 10.32634/0869-8155-2018-320-11-54-55](https://doi.org/10.32634/0869-8155-2018-320-11-54-55)
- 4 ПАРМАКЛИ Д. и др. Сравнительный анализ состояния растениеводства в Республике Казахстан и Республике Молдов. В: *Vector European*. 2019, Numărul 2., P.114-121. ISSN 2345-1106. ISSNе 2587-358X.
- 5 ПЛАТОВСКИЙ, Н.Н. Влияние биостимулятора реглалг на термоустойчивость растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.). В: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. Nr. 1(340), 2020. p.63-69 Cat В. ISSN 1857-064X
- 6 ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т. Применение метода флуориметрии для оценки первичной теплоустойчивости флаговых листьев гексаплоидной пшеницы в зависимости от температуры теплового шока. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2020, Nr. 2(341), p.67-72 (Cat В). ISSN 1857-064X.
- 7 ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т. Применение биологического регулятора роста реглалг для увеличения устойчивости гексаплоидной пшеницы к действию абиотических факторов среды. В: *Селекційно – генетична наука і оcvima*. Мат.кон. Умань, 2021, с.185-190
- 8 ПЛАТОВСКИЙ, Н. Динамика накопления хлорофилла в листьях *Triticum aestivum* L. В зависимости от глубины залегания узла кушения. В: *Genetica, Fiziologia și Ameliorarea Plantelor conferință științifică internațională 2021*. ISBN 978-9975-56-912-5. Рабочая: [DOI: 10.53040/gppb7.2021.21](https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.21)
- 9 СИМОНОВА, Е. Н., КРАВЧЕНКО, Н. С. Активность ферментов в прорастающих семенах мягкой озимой пшеницы в условиях смены светового режима при УФ-облучении семян. В: *Зерновое хозяйство России*. 2019, № 1(61), с.18-21. (Print)ISSN 2079-8725, (Online) ISSN 2079-8733. Рабочая: [DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-18-21](https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-61-1-18-21)
- 10 ЯКОВЕЦ, О.Г. *Физиология стресса*. Минск 2009 с. 101
- 11 БАВОВА, S.S., МАТКАРИМОВ, F.I., УСМАНОВ, R.M., ТУРАЕВ, O.S., ТОГАЕВА, M.A., БАВОВЕВ, S.K. Climate change impact on chlorophyll content and grain yield of bread wheat (*triticum aestivum* L.) In: *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 2023, 55 (6) 1930-1940, pISSN 1029-7073; eISSN 2224-8978 Disponibil: [DOI: 10.54910/sabrao2023.55.6.7](https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.7).
- 12 BALLA, K., KARSAI, I., BONIS, P., et al. Heat stress responses in a large set of winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) depend on the timing and duration of stress. In: *PLOS ONE*. 2019, vol. 14, nr. 19, pp. 1-20. ISSN 1932-6203. Disponibil: [DOI: 10.1371/journal.pone.0222639](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222639)
- 13 CHEN Li-li, ZHANG Kai, GONG Xiao-chen, WANG Hao-ying, et al. Effects of different LEDs light spectrum on the growth, leaf anatomy, and chloroplast ultrastructure of potato plantlets in vitro and minituber production after transplanting in the greenhouse. CHEN Li-li et al. In: *Journal of Integrative Agriculture*, 2020, 19(1): p.108–119. Disponibil: [DOI: 10.1016/S2095-3119\(19\)62633-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62633-X)
- 14 CLEWER, A.G., SCARISBRICK, D.H. *Practical statistics and experimental design for plant crop science*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, LTD. 2001. 332 pp. SBN 0 471 89908 9
- 15 DUCA, MARIA, PORT, ANGELA, BURCOVSCHI, ION Environmental response in sunflower hybrids: a multivariate approach In: *Romanian Agricultural Research*, 2022, Numărul 39 Pag. 1-14. ISSN 1222-4227, ISSNе 2067-5720.
- 16 IBRAHIM, M., ALSAHLI, A., AL-GHAMDI, A. Cumulative abiotic stresses and their effect on the antioxidant defense system in two species of wheat, *Triticum durum* desf and *Triticum aestivum* L. In: *Archives of Biological Sciences*. 2013, vol. 65, nr. 4, pp. 1423-1433. ISSN 0354-4664. Disponibil: [DOI: 10.2298/ABS13044231](https://doi.org/10.2298/ABS13044231)
- 17 SONG, W., Zhao, L., Zhang, X., et al. Effect of timing of heat stress during grain filling in two wheat varieties under moderate and very high temperature. In: *Indian. J Genet*. 2015, vol. 75, nr. 1, pp. 121–124. ISSN 0019-5200. Disponibil: [DOI: 10.5958/0975-6906.2015.00018.8](https://doi.org/10.5958/0975-6906.2015.00018.8)
- 18 YADAV, S., MODI, P., DAVE, A. et al. *Effect of abiotic stress on crops*. In: Sustainable Crop Production eds. Mirza Hasanuzzaman, et al., Intech Open, 2020. pp. 1-21. ISBN 978-1-83880-899-0 DOI: [10.5772/intechopen.88434](https://doi.org/10.5772/intechopen.88434)
- 19 **Metode de apreciere și modificare a rezistenței genotipurilor de grâu: (*Triticum aestivum* L.) la acțiunea temperaturilor extreme: (recomandări metodice)/ Institutul de Genetica, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Univirsității de Stat din Moldova; elaborate JELEV, N., RALEA, T., ZDIORUK, N., ПЛАТОВСКИЙ, N. Chisinau:[editura USM], 2023. 45p. ISBN 978-9975-62-622-4**

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДЕССЕРТАЦИИ

Статьи в других признанных зарубежных журналах

1. PLATOVSCHII, N. The role of the flag leaf in the formation of the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. In: *Acta Scientific Agriculture*, 2023, Vol.7 (12), pp. 49-55. ISSN: 2581-365X. Disponibil: [DOI: 10.31080/ASAG.2023.07.1325](https://doi.org/10.31080/ASAG.2023.07.1325) (IF:1.014)

Статьи в журналах Национального реестра профессиональных журналов с указанием категории

2. ПЛАТОВСКИЙ, Н. Влияние биостимулятора *Реглалг* на термоустойчивость растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.). In: *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*. 2020, 1(340): 63-69. ISSN 1857-064X. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/114605 (categoria B)
3. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т. Применение метода флуориметрии для оценки первичной теплоустойчивости флаговых листьев гексаплоидной пшеницы в зависимости от температуры теплового шока. In: *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*. 2020, nr. 2(341), 67-72. ISSN 1857-064X. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/121095 (categoria B)

Статьи в сборниках международных научных конференций (за рубежом)

4. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ Т. Влияние БАВ на формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы. В: *Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки*, Санкт-Петербург 01–02 октября 2020 г., с. 210-218. ISBN 978-5-905200-43-4. Disponibil: https://www.agrophys.ru/Media/Default/Conferences/2020Conference_proceedings.pdf
5. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т. Применение биологического регулятора роста *Реглалг* для увеличения устойчивости гексаплоидной пшеницы к действию абиотических факторов среды. В: *Селекционно-генетическая наука и образование* (Парижские чтения) 19 марта 2021 г., Умань, сс. 185-190. Disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/356147492>
6. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т., ГОРЕ, А. Влияние БАВ *Реглалг* на скорость созревания различных генотипов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) В: *Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего*, ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 14-15 сентября 2021 г., с. 402-406, ISBN 978-5-905200-46-5. Disponibil: http://www.agrophys.ru/Agrophysics_trends.pdf
7. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н. Влияние Биологически активных соединений на термоустойчивость растений *Triticum Aestivum* L. В: *Актуальные проблемы ботаники и охраны природы*. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции профессора Г. Ф. Морозов, 28-30 ноября 2017г. Симферополь, АРИАЛ, с. 185-190, ISBN 978-5-906962-78-2
8. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н. Специфика морфогенеза и суммарные показатели метаболизма растений *Triticosecale*, полученный из семян, обработанных препаратом *реглалг*. В: *Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях*. Материалы Международной научно-практической конференции. 5-7 декабря 2017, Ч.2, Киров: Вятская ГСХА, с. 185-189.

Статьи в сборниках международных научных конференций (Республика Молдова)

9. ПЛАТОВСКИЙ, Н. Динамика накопления хлорофилла в листьях *Triticum aestivum* L. в зависимости от глубины залегания узла кушения. In: *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor*. Ediția 7, 4-5 octombrie 2021 /com. șt. Andronic L. et al., Chișinău: Tipogr. "PrintCaro", 2021, pp.153-155. ISBN 978-9975-56-912-5. Disponibil: [DOI: 10.53040/gppb7.2021.21](https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.21)
10. PLATOVSCHII, N., ZDIORUK, N., RALEA, T., GORE, A. Activity of Ps-2 in flag leaf and depth of the tillering node *Triticum aestivum* L. In: *Protecția plantelor - realizări și perspective*, Ed. 57, 2-3 octombrie 2023, Chișinău. Chișinău: Tipografia "Print-Caro", 2023, nr.58, pp. 358-365. ISBN 978-9975-62-563-0. Disponibil: [DOI: 10.53040/ppap2023.54](https://doi.org/10.53040/ppap2023.54)
11. JELEV, N., ZDIORUK, N., SPRÎNCEANĂ, S., PLATOVSCHII, N. Atenuarea impactului schimbării climatice asupra grâului comun de toamnă cu ajutorul regulatorului natural de creștere *Reglalg*. In: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice: Materialele conferinței științifice cu participare internațională*, 25 noiembrie 2016. Chișinău 2016, pp. 284-288. ISBN 978-9975-108-02-7. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/284-288_2.pdf

Articole în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

12. PLATOVSCHII, N., ZDIORUK, N., RALEA, T., GORE, A. Chlorophyll index as a criterion for assessing the development of *Triticum aestivum* L. In: *Natural sciences in the dialogue of generations*, 14-15 septembrie 2023, Chișinău. Chișinău: CEP USM, 2023, p. 59. ISBN 978-9975-3430-9-1.
13. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ Т. Возрастные изменения полипептидного комплекса Rubisco в флаговых листьях пшеницы (*Triticum aestivum* L.) под воздействием БАВ. In: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Știința în nordul Republicii Moldova: probleme, realizări, perspective”* (ediția a cincea), consacrată aniversării a 15 ani de la fondarea instituției. Bălți, 25-26 iunie 2021. p. 85-88. ISBN 978-9975-62-432-9. Disponibil: <http://dspace.usarb.md:8080/jspui/handle/5073>

Тезисы в материалах международных научных конференций (за рубежом)

14. ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т., ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЖЕЛЕВ, Н. Экспресс-метод распределения генотипов пшеницы согласно их устойчивости к действию экстремальных температур. В: *Селекция зерновых и зернобобовых культур в условиях изменения климата: направления и приоритеты*. г. Одесса, Украина 5 мая 2021 года с.180-181. Disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/356147721>
15. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ Т. Индекс хлорофилла как показатель роста, развития и продуктивности различных генотипов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). В: *Селекция зерновых и зернобобовых культур в условиях изменения климата: направления и приоритеты*. г. Одесса, Украина 5 мая 2021 года с.183-184. Disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/354076732>
16. ПЛАТОВСКИЙ, Н., ЗДИОРУК, Н., РАЛЯ, Т., ГОРЕ, А. Влияние предпосевной обработки семян БАВ на фотосинтетическую деятельность флаговых листьев пшеницы (*Triticum aestivum* L.). В: *Всероссийская научная конференция с международным участием и школа для молодых ученых «Экспериментальная биология растений и биотехнология: история и взгляд в будущее»*, Материалы докладов. Москва, 27 сентября-1 октября 2021г., с.81, ISBN 978-5-4465-3388-6. Disponibil: <https://www.researchgate.net/publication/356145980>

АННОТАЦИЯ

ПЛАТОВСКИЙ НИКОЛАЙ, «Активность фотосистемы II, устойчивость и продуктивность пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях термического стресса». Диссертация на соискание степени доктора биологических наук, Кишинев, 2024.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, 4 глав, 7 общих выводов, 5 рекомендаций, 324 библиографических ссылок, 5 приложений, 120 страниц основного текста, 32 рисунков, 11 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 26 научных работах.

Ключевые слова: гексаплоидная пшеница, созревание зерна, урожай, фотосистема II, гипотермический шок, гипертермический шок, устойчивость, биостимулятор *Реглалг*.

Цель работы: определение устойчивости генотипов мягкой озимой пшеницы к экстремальным температурам; ее модификация с помощью биостимулятора *Реглалг*; оценка возможных связей между влиянием биостимулятора *Реглалг* на активность фотосистемы II флагового листа и продуктивностью разных генотипов пшеницы.

Задачи исследований: 1) выявить величину осмотического стресса, вызванного растворением сахарозы, которая позволяет с высокой разрешающей способностью распределять генотипы пшеницы согласно их первичной устойчивости к экстремально высоким температурам и засухе; 2) прорастить семена различных генотипов пшеницы в питательной среде с оптимальной концентрацией сахарозы с целью их распределения согласно их устойчивости к экстремальным температурам; 3) выявить концентрацию раствора биостимулятора *Реглалг*, которая вызывает максимальную защиту генотипов пшеницы от действия шока, вызванного экспозицией экстремальных температур; 4) оценить влияние обработки семян раствором с оптимальной концентрацией биостимулятора *Реглалг* на первичную и адаптационную устойчивость разных генотипов пшеницы к действию экстремальных температур; 5) выявить возможные связи между динамикой изменения активности фотосистемы II флагового листа в течение светового дня, динамикой старения листа и зерновой продуктивностью растений пшеницы; 6) оценить влияние обработки семян раствором биостимулятора *Реглалг* в оптимальной концентрации на урожай разных генотипов пшеницы; 7) выявить параметры изменения физиологического состояния растений пшеницы, выращенных из семян, обработанных биостимулятором *Реглалг*, значения которых лучше всего отражают благоприятное влияние биостимулятора *Реглалг* на количество и качество урожая пшеницы.

Научная новизна и оригинальность: впервые проведены физиологические исследования, выявившие положительные корреляционные связи между *первичной* (1) и *адаптивной* (2) устойчивостью генотипов пшеницы к действию положительных или отрицательных температур. *Исходная устойчивость* (3) семян и *способность к адаптации* (4) полученных растений к действию экстремальных температур варьируют в зависимости от условий воспроизведения семян, а предельное значение суммы этих параметров не превышает сумму *первичной* и *адаптивной* устойчивости генотипа. Благоприятное влияние биостимуляторов на устойчивость генотипов пшеницы к экстремальным температурам обусловлено оптимизацией процессов, направленных на достижение значения суммы *первичной* и *адаптивной* устойчивости генотипа. Благоприятное воздействие биостимуляторов на устойчивость растений к стрессовым факторам может быть расширено за счет их влияния на морфогенез и скорость роста растений, изменяя при этом относительные эффекты избегания действия экстремальных температур. В целом, благодаря влиянию на морфогенез, биостимуляторы могут как повышать, так и уменьшать те эффекты, которые обеспечиваются благодаря достижению предельного значения суммы *первичной* и *адаптивной* устойчивости генотипа. В связи с этим, профессиональный уровень исполнителя определяет рациональное применение биостимуляторов в сельском хозяйстве.

Полученный результат, способствующий решению важной научной задачи, заключается в разработке принципов оценки и методов экспериментального определения *исходной устойчивости* (3) и *способности к адаптации* (4) растений, в зависимости от конкретных условий выращивания. Из этих показателей, с помощью процедур экстраполяции, можно оценить *первичную* (1) и *адаптивную* (2) устойчивость. Значения последних двух показателей устойчивости растений зависят только от специфики генотипа. Максимальный положительный эффект от применения биостимуляторов можно получить при гармонизации способов достижения адаптивной устойчивости, специфичной для каждого генотипа, а также путем максимизации благоприятных эффектов избегания действия стрессовых факторов.

Прикладное значение: разработанные теоретические и практические принципы представляют собой важные рычаги для познания физиологических процессов, определяющих устойчивость растений к действию экстремальных температур, отбора и выращивания генотипов пшеницы, а также рационального использования биостимуляторов с целью увеличения количества и качества урожая.

Внедрение научных результатов: методы определения *исходной устойчивости* (3), *способности к адаптации* (4), а также *первичной* (1) и *адаптивной устойчивости* (2) генотипов пшеницы к действию экстремальных температур используются в Лаборатории биохимии растений ИГФЗР для оптимизации селекции сортов пшеницы и процедур применения биостимулятора *Реглалг* в сельском хозяйстве. Практические результаты были получены при обработке семян мягкой озимой пшеницы перед посевом на опытном поле ИГФЗР и в различных сельскохозяйственных фирмах Республики Молдова (приложения).

ADNOTARE

PLATOVSCII NICOLAI, «Activitatea fotosistemului II, rezistența și productivitatea grâului (*Triticum aestivum* L.) în condiții de stres termic», teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2024.

Structura tezei: Teza este constituită din compartimentul introductiv, 4 capitole, 7 concluzii generale, 5 recomandări, bibliografie cu 324 de titluri, 5 anexe; 120 de pagini cu text de bază, 32 de figuri, 11 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 26 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: grâu hexaploid, maturizarea plantelor, recoltă, fotosistemul II, stres termic, șoc hipotermic, șoc hipertermic, rezistență, biostimulatorul *Reglalg*.

Scopul lucrării: determinarea rezistenței genotipurilor de grâu de toamnă la acțiunea temperaturilor extreme; modificarea acesteia folosind biostimulatorul *Reglalg*; evaluarea legăturilor posibile dintre influența biostimulatorului *Reglalg* asupra activității fotosistemului II a frunzei steag și productivitatea diferitelor genotipuri de grâu.

Obiectivele cercetării: 1) de determinat valoarea stresului osmotic, cauzat de includerea zaharozei în mediul de germinare a semințelor, care dă posibilitatea de a aprecia în mod accelerat rezistența genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor extreme; 2) analiza indicilor morfologici și fiziologici asociați cu rezistența constitutivă și inductivă a soiurilor de grâu comun de toamnă la acțiunea temperaturilor înalte și scăzute; 3) estimarea în mod accelerat a rezistenței genotipurilor de grâu comun de toamnă în baza metodelor elaborate pentru evaluarea toleranței lor la acțiunea temperaturilor extreme; 4) determinarea influenței tratării semințelor înainte de semănat cu biostimulatorul *Reglalg* asupra rezistenței genotipurilor de grâu la acțiunea șocului termic la etapa inițială de germinare a lor și în fazele de călire ale plantelor; 5) evaluarea particularităților care caracterizează capacitatea fotosintetică a plantelor, productivitatea și calitatea boabelor plantelor grâului comun de toamnă obținute din semințele tratate înainte de semănat cu biostimulatorul *Reglalg*.

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată au fost efectuate cercetări fiziologice care au dat posibilitatea de a dezvălui legăturile corelative pozitive dintre *rezistența primară* (1) și cea *adaptivă* (2) a genotipurilor de grâu la acțiunea temperaturilor pozitive sau negative. *Rezistența inițială* (3) a semințelor și *capacitatea de adaptare* (4) a plantelor obținute după acțiunea temperaturilor extreme variază în dependență de condițiile de reproducere ale semințelor, iar valoarea limită a sumei acestor parametri nu depășește suma *rezistenței primare* și celei *adaptive* a genotipului. Efectele benefice ale biostimulatorilor asupra rezistenței genotipurilor la acțiunea factorilor de stres termic se datorează optimizării proceselor direcționate spre atingerea valorii limite a sumei *rezistenței primare* și celei *adaptive* a genotipului. Efectele benefice ale biostimulatorilor pot fi extinse datorită influenței acestora asupra morfogenezei și ritmului de dezvoltare a plantelor, astfel modificând efectele relative ale fenomenelor de evitare ale acțiunii temperaturilor extreme. În comun, efectele menționate ale biostimulatorilor pot depăși, sau fi mai mici, în comparație cu cele ce pot fi asigurate doar de atingerea valorii limite a *rezistenței primare* și *adaptive* a genotipului. Din această cauză nivelul profesional a implementatorului influențează decisiv rezultatele aplicării biostimulatorilor în agricultură.

Rezultatul obținut care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante constă în elaborarea principiilor de evaluare și a procedeelelor de determinare experimentală a *rezistenței inițiale* (3) și *rezistenței de adaptare* (4), dependente de condițiile specifice de cultivare a plantelor, din care, prin proceduri de extrapolare, poate fi evaluată *rezistența primară* (1) și *rezistența adaptivă* (2), dependente doar de specificul genotipului. Efectul benefic maximal al aplicării biostimulatorilor poate fi obținut datorită armonizării căilor de atingere a *rezistenței adaptive*, specifice genotipului, precum și a maximalizării *efectelor de evitare* ale acțiunii factorilor de stres asupra plantelor.

Valoarea aplicativă: principiile teoretice și practice, nou elaborate, reprezintă un pas important pentru cunoașterea proceselor fiziologice esențiale în vederea determinării rezistenței plantelor la acțiunea temperaturilor extreme, selectarea și cultivarea genotipurilor de grâu, precum și utilizarea rațională a biostimulatorilor în vederea sporirii cantității și calității recoltei.

Implementarea rezultatelor științifice: metodele expres de determinare a rezistenței constitutive la ger și arșiță a genotipurilor de grâu în baza aplicării dozelor specifice ale șocului termic sunt utilizate în laboratorul de Biochimia Plantelor din cadrul IGFP pentru optimizarea selectării soiurilor de grâu și a procedurilor de utilizare rațională a biostimulatorilor în agricultură. În scopul dezvoltării unor plante viguroase, rezistente la factorii de stres termic și cu productivitate sporită a fost utilizat biostimulatorul *Reglalg* pentru tratarea semințelor grâului comun de toamnă înainte de semănat pe câmpul experimental al IGFP și în diferite gospodării agricole din Republica Moldova (anexe).

ANNOTATION

PLATOVSCHEI NICOLAI, «Activity of photosystem II, resistance and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) under thermal stress conditions», doctoral thesis in biological sciences, Chisinau, 2024.

Thesis structure: the thesis consists of an introductory section, 4 chapters, 7 general conclusions, 5 recommendations, a bibliography with 324 titles, 6 appendices; 120 pages of basic text, 32 figures, and 11 tables. The obtained results are published in 26 scientific papers.

Keywords: hexaploid wheat, plant maturation, harvest, photosystem II, heat stress, hypothermic shock, hyperthermic shock, resistance, biostimulator *Reglalg*.

The purpose of the work: determination of the resistance of winter wheat genotypes to the action of extreme temperatures; its modification using the biostimulator *Reglalg*; evaluation of the possible links between the influence of biostimulator *Reglalg* on flag leaf photosystem II activity and the productivity of different wheat genotypes.

The objectives of the research: 1) to determine the value of the osmotic stress, caused by the inclusion of sucrose in the seed germination medium, which gives the opportunity to quickly appreciate the resistance of wheat genotypes to the action of extreme temperatures; 2) the analysis of the morphological and physiological indices associated with the constitutive and inductive resistance of common winter wheat varieties at high and low temperatures; 3) accelerated estimation of the resistance of common winter wheat genotypes based on the methods developed to reveal their tolerance to extreme temperatures; 4) determining the influence of seed treatment before sowing with the biostimulator *Reglalg* on the resistance of wheat genotypes to the action of thermal shock in the initial stage of their germination and during the hardening phases of the plants; 5) evaluation of the peculiarities that characterize the photosynthetic capacity of plants, the productivity and the quality of common autumn wheat grains under the influence of the biostimulator *Reglalg*.

Scientific novelty and originality: for the first time, physiological research was carried out that revealed the positive correlative links between the primary (1) and the adaptive (2) resistance of wheat genotypes to the action of positive or negative temperatures. The initial resistance (3) of the seeds and the adaptation capacity (4) of the plants obtained to the action of extreme temperatures vary depending on the reproduction conditions of the seeds, and the limit value of the sum of these parameters does not exceed the sum of the primary and adaptive resistance of the genotype. The beneficial effects of biostimulators on the resistance of genotypes to heat stress factors are due to the optimization of processes aimed at reaching the limit value of the sum of the primary and adaptive resistance of the genotype. The beneficial effects of biostimulators can be extended due to their influence on plants' morphogenesis and growth rate, thus changing the relative impact of the avoidance phenomena of the action of stress factors and extreme temperatures. In common, the mentioned effects of biostimulators can exceed, or diminish, those that can only be ensured by reaching the limit value of the primary and adaptive resistance of the genotype. For this reason, the professional level of the implementer is decisive for the rational application of biostimulators in agriculture.

The result obtained, which contributes to the solution of an important scientific problem, consists in the development of evaluation principles and procedures for the experimental determination of initial resistance (3) and adaptation resistance (4), dependent on the specific conditions of plant cultivation, from which through extrapolation procedures primary resistance (1) and adaptive resistance (2) can be evaluated, depending only on the specifics of the genotype. The maximum beneficial effect of applying biostimulators can be obtained due to the harmonization of the ways of achieving adaptive resistance, specific to the genotype, and maximization of avoiding results of the action of stress factors on plants.

Applied value: the theoretical and practical principles, newly developed, represent an important step for the knowledge of the essential physiological processes to determine the resistance of plants to the action of extreme temperatures, the selection and cultivation of wheat genotypes, as well as the rational use of biostimulators to increase the quantity and quality of the harvest.

Implementation of scientific results: the express methods for determining the constitutive resistance to frost and heat of wheat genotypes based on the application of specific doses of heat shock are used in the laboratory of Plant Biochemistry within the IGFPP to optimize the selection of wheat varieties and the procedures for the use of biostimulators in agriculture. *Reglalg* biostimulator is used to treat the seeds of common autumn wheat before sowing on the experimental field of the IGFPP and in different agricultural households in the Republic of Moldova (appendices) to develop vigorous plants, resistant to thermal stress factors and with increased productivity.

**UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
INSTITUTUL DE GENETICĂ, FIZIOLOGIE ȘI PROTECȚIE A
PLANTELOR**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 633.111:[581.132:631.524.84/85](478)(043.3)

PLATOVSCII NICOLAI

**ACTIVITATEA FOTOSISTEMULUI II, REZISTENȚA ȘI
PRODUCTIVITATEA GRÂULUI (*Triticum aestivum* L.) ÎN CONDIȚII DE
STRES TERMIC**

164.02-Fiziologie vegetală

Rezumatul tezei de doctor în științe biologice

CHIȘINĂU, 2024

ПЛАТОВСКИЙ НИКОЛАЙ

**АКТИВНОСТЬ ФОТОСИСТЕМЫ II, УСТОЙЧИВОСТЬ И
ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) В УСЛОВИЯХ
ТЕРМИЧЕСКОГО СТРЕССА**

164.02. - Физиология растений

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук**

Отправлен в печать: «15» августа 2024
Бумага offset. Печать offset.
Печат. лист.: 2,20

Формат бумаги 60x84 1/16
тираж 50 шт.
Заказ nr. 15/08

Типография «Tirocart Print» SRL
ул. Alexandr Puskin, 22 of.523
тел: +373 069554576