

УДК 631.811.98:632.111.5:633.11“324”

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА РЕГЛАЛГ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) К НИЗКИМ ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

© 2019 г. Н. Н. Желев^{1,*}, А. П. Даскалюк¹

¹ Институт генетики, физиологии и защиты растений АН Республики Молдова
ул. Пэдурий, 20, Кишинев, Молдова, MD-2002

*E-mail: jelevnn@yahoo.com

Поступила в редакцию 25.06.2018 г.

После доработки 01.10.2018 г.

Принята к публикации 12.01.2019 г.

Исследовали влияние предпосевной обработки семян 3-х сортов гексаплоидной пшеницы раствором природного стимулятора роста реглалг на рост, развитие, устойчивость к отрицательным температурам и показатели продуктивности растений. Выявлено, что у растений, полученных из семян, обработанных препаратом реглалг, уменьшалась длина эпикотилия, узел кушения и вторичные корни формировались глубже в почве, ускорялись и усиливались процессы адаптации к низким температурам, образовывались более жизнеспособные и продуктивные растения. Указанные эффекты обеспечили увеличение урожайности на 4–8 ц/га без снижения качества зерна.

Ключевые слова: природный регулятор роста реглалг, устойчивость растений, озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), низкие экстремальные температуры.

DOI: 10.1134/S0002188119040136

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, в связи с процессами глобального потепления климата [1], наблюдают широкие изменения температуры, что приводит к снижению урожайности и даже гибели растений озимой пшеницы. Устойчивость к экстремальным температурам является комплексным явлением и зависит от морфологических, физиологических, биохимических и генетических особенностей растений. В ответ на действие стрессовых факторов в растениях индуцируется множество защитных процессов, включая изменения в экспрессии генов, синтез фитоалексинов и гидролитических ферментов, ужесточение клеточной стенки, изменение темпов роста тканей и органов. В целом эти изменения содействуют возрастанию специфической и системной устойчивости растений к различным стрессовым факторам [2, 3]. Это происходит благодаря сдвигам в гормональном балансе [4], метаболизме [5] и экспрессии генов [6] у растений.

Адаптивные процессы в растениях зависят от многих факторов. К ним относятся сила воздействия и природа стрессового фактора, уровень и динамика включения и выключения адаптивных процессов, фаза онтогенеза растений и многие

другие факторы [7]. Эффективность предотвращения и восстановления повреждений, а также энергия, затраченная растением за развертывание и осуществление этих процессов [8], в конечном счете сказывается на продуктивности растений.

В практической деятельности, для того чтобы минимизировать потери в результате действия стрессовых факторов, подбирают генотипы, наиболее хорошо приспособленные к конкретным условиям. Дополнительные возможности могут появиться благодаря расширению адаптивного потенциала растений при помощи синтетических и природных регуляторов роста. Биологическая активность регуляторов роста проявляется в малых концентрациях, которые сравнимы с концентрациями действия фитогормонов [9]. Для достижения желаемого практического результата ими можно обрабатывать семена. В настоящее время особое внимание уделяется природным регуляторам роста, поскольку они обладают меньшей токсичностью и во многих случаях отвечают требованиям органического земледелия. Отдельную группу регуляторов роста составляют биостимуляторы [10, 11]. Они характеризуются сложным составом веществ и соединений, которыми

обрабатывают растения или почву для повышения жизнеспособности и толерантности растений к абиотическим стрессам, а также увеличения урожайности и качества продукции зерновых культур [12, 13]. Биостимуляторы способствуют росту и развитию растений в течение всего жизненного цикла, от прорастания семян до зрелости растений. Под их влиянием происходит повышение эффективности метаболизма, усиливается ассимиляция, транслокация и использование питательных веществ. Благодаря этому обеспечивается повышение урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур. В настоящей статье приведены данные о влиянии предпосевной обработки семян пшеницы биостимулятором реглалг на онтогенез, устойчивость к отрицательным температурам, а также на продуктивность растений 3-х сортов озимой пшеницы. Препарат реглалг содержит смесь ненасыщенных жирных кислот, органических кислот, фенольных соединений, кетонов и других биологически активных компонентов, выделенных из водорослей рода *Spirogira* sp. в специальных условиях и растворенных в 20°-ном этиловом спирте [14]. Успешная комбинация таких компонентов обеспечивает широкий спектр действия препарата [15]. Он сертифицирован для использования в сельском хозяйстве Молдовы как стимулятор роста растений 4-й группы токсичности (группа с очень низкой токсичностью). Цель работы – исследование влияния природного регулятора роста реглалг на устойчивость растений озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к низким экстремальным температурам.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов для исследования были взяты отличающиеся по устойчивости к экстремальным температурам сорта озимой пшеницы Молдова 5, Миссия и Куяльник [16], которые выращивали в 2014–2017 гг. на опытных полях Института генетики, физиологии и защиты растений АН Молдовы. В статье приведены результаты, полученные в опытах 2016–2017 гг. Перед посевом семена погружали на 2 минуты в воду (контроль) или в раствор препарата реглалг, разведенный водой в соотношении 1 : 200 (опыт) [17]. Отметим, что за это время влажность семян повышалась с 14 до 17%. После поверхностного высыхания под навесом в течение 40–60 мин семена высевали. Норма высева – 4 млн семян/га, глубина заделки 6 см. В отдельных экспериментах было показано, что биологическое влияние препарата реглалг сохранялось после высыхания семян до первоначальной

влажности и последующего хранения в течение 6 мес.

Эксперименты проводили в соответствии с методом рендомизированных повторений [18]. Семена всех сортов высевали на 24 делянках: по 8 делянок на сорт (4 делянки – контроль и 4 – опыт). Площадь каждой делянки составляла 12 м². В экспериментах оценки влияния препарата реглалг на длину эпикотиля и морозоустойчивость растений отбирали образцы с одной делянки контроля и одной делянки опыта каждого из исследованных сортов. Растения остальных 3-х делянок каждого варианта использовали для фенологических наблюдений и оценки влияния препарата на продуктивность растений.

Для определения влияния препарата реглалг на морозоустойчивость растений пшеницы, прошедших первую (ноябрь) и вторую фазу (январь) закаливания, их инкубировали при разных отрицательных температурах. Отобранные растения (вместе с почвой) инкубировали в воздушном термостате RUMED-3401 (Германия) в течение 8 ч при отрицательных температурах –10, –11, –12 и –13°С для разных вариантов опыта. Точность поддержания температуры ±0.1°С. В каждом варианте определения морозоустойчивости использовали по 105 растений для каждой из указанных температур. Сразу после инкубации при отрицательной температуре эти растения каждого варианта инкубировали в течение 8 ч при температуре 0°С. После этого корни растений отмывали от почвы водой (температура воды ≤14°С), затем срезали эпикотили на расстоянии 0.5 см ниже узла кушения. Верхнюю часть растения с узлом кушения и 0.5-сантиметровым отрезком эпикотиля погружали до уровня узла кушения в сосуды с дистиллированной водой и инкубировали в течение 9 сут при температуре 18°С. В течение всего этого периода наблюдали за состоянием растений и инициацию развития вторичных корней. Выжившими считали те растения, у которых в этот период отрастали листья, и из узла кушения формировались вторичные корни. Наблюдения показали, что в некоторых вариантах опыта появление новых листьев и вторичных корней происходило уже в первые дни инкубации при температуре 18°С. У растений других вариантов корни не образовывались, а появлялись только новые листья, которые в последствии прекращали расти. Такие растения считали погибшими.

В процессе роста и развития растений в полевых условиях определяли содержание пигментов во флаговом листе в фазах колошения, цветения и формирования зерна (ранняя молочная спелость) по методике [19].

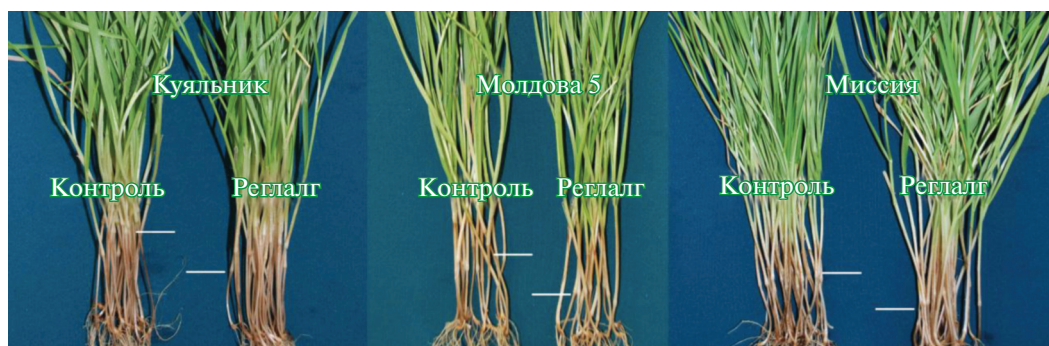


Рис. 1. Влияние препарата реглалг на длину эпикотиля растений пшеницы сортов Молдова 5, Миссия и Куяльник, выращенных в полевых условиях в период 2016/2017 г.

После уборки определяли следующие параметры продуктивности растений: среднее количество колосьев на 1 м^2 , среднее количество зерен в колосе, средняя масса колосьев на 1 м^2 , масса 1000 зерен (ГОСТ-10842-89) и расчетную урожайность растений с 1-го га по следующей формуле:

$$V_{\text{биол}} = (\Gamma \times M \times 10\,000) : 100\,000 = (\Gamma \times M) : 10,$$

где $V_{\text{биол}}$ – биологический урожай, ц/га, Γ – густота продуктивного стеблестоя, шт/ м^2 , M – масса зерна с одного колоса, г, 10000 – коэффициент перерасчета с 1 м^2 на 1 га, 100000 – коэффициент перевода с г/га в ц/га.

О качестве зерна судили по содержанию и качеству клейковины, а также по показателю седиментации муки [20, 21]. Полученные данные обработали статистически, определяя средние, стандартное отклонение и достоверность разницы между средними показателями в разных вариантах опыта [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показано влияние предпосевной обработки семян препаратом реглалг на растения озимой пшеницы, выращенные в полевых условиях, в период формирования узла кушения (рис. 1). Для лучшего восприятия влияния препарата на длину эпикотиля снизу растения были выровнены по месту расположения семенного узла. Видно, что у растений всех 3-х сортов, полученных из семян, обработанных перед посевом раствором препарата реглалг, длина эпикотиля была короче по сравнению с контрольными растениями. Из этого следует, что у опытных растений узел кушения формировался глубже в почве. Об этом свидетельствовала и большая длина светлой части листьев опытных растений, которые были более глубоко погружены в почву по сравнению с контролем. Препарат реглалг оказал наибольшее

влияние на семена сорта Миссия. Эпикотили опытных растений этого сорта, были едва заметны.

Влияние препарата реглалг на длину эпикотиля опытных растений представлено на диаграммах (рис. 2). Средняя длина эпикотиля контрольных растений всех 3-х сортов была сопоставимой: она менялась от 2.2 до 2.4 см. Длина эпикотиля опытных растений была существенно меньше и изменялась от 1.1 до 1.4 см. Таким образом, обработка семян перед посевом препаратом реглалг привела к снижению длины эпикотиля на 0.8–1.3 см. Как следствие, узел кушения и корневая система опытных растений образовались в более глубоком слое почвы, с более стабильной влажностью. В холодные бесснежные периоды зимы минимальная температура на такой глубине на 2–5°C выше [23], чем на глубине залегания узла кушения контрольных растений (летом соответственно температура была ниже). У опытных растений также формировалась более мощная и глубже проникающая в почву корневая система, лучше использующая запасы влаги и питательных веществ почвы.

Об устойчивости к отрицательным температурам судили по доле выживших растений (в %) после их экспозиции при отрицательных температурах в воздушном термостате в течение 8 ч (табл. 1). Показано, что после обеих фаз закаливания по увеличению доли выживших растений в контроле сорта располагались в следующем порядке: Миссия < Молдова 5 < Куяльник. Данные, полученные предложенным методом, свидетельствовали о том, что после перехода от первой ко второй фазе закаливания, независимо от сорта устойчивость контрольных растений возрастала чуть больше, чем на 1°C. В то же время, доля выживших опытных растений (полученных из семян, обработанных препаратом реглалг) была существенно больше, чем контрольных. После первой

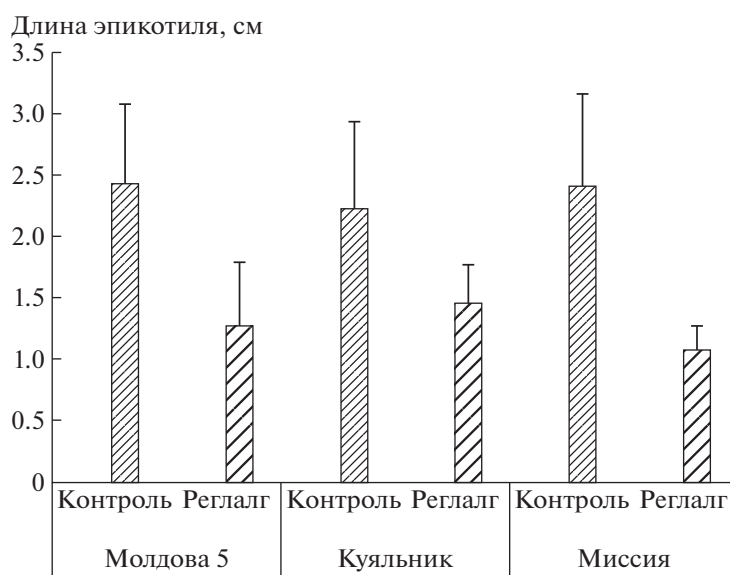


Рис. 2. Влияние обработки семян перед посевом раствором препарата реглалг на среднюю длину эпикотиля растений озимой пшеницы сортов Молдова 5, Миссия и Куяльник, выращенных в полевых условиях. Для измерения длины эпикотиля отбирали по 105 образцов растений каждого варианта в ноябре 2016 г. и в январе 2017 г.

фазы закаливания распределение сортов по устойчивости к морозу в опытных вариантах оставалось такой же, как и в контроле, однако по-

Таблица 1. Доля растений озимой пшеницы сортов Миссия, Молдова 5 и Куяльник, выживших после экспозиции в течение 8 часов при температурах -10 и -11°C

Сорт	Вариант	После 1-й фазы закаливания	После 2-й фазы закаливания
		Доля (%) выживших растений после экспозиции в течение 8 ч при температуре	
		-10°C	-11°C
Миссия	Контроль	48.6 ± 2.9	68.7 ± 1.5
	Реглалг	76.2 ± 3.3	96.2 ± 1.7
Молдова 5	Контроль	69.5 ± 1.6	76.3 ± 2.1
	Реглалг	85.7 ± 2.9	94.3 ± 2.9
Куяльник	Контроль	86.7 ± 4.4	87.3 ± 2.5
	Реглалг	95.2 ± 4.4	98.1 ± 3.3

Примечания. 1. Растения были выращены в полевых условиях и получены из контрольных семян (контроль) и семян, обработанных перед посевом раствором препарата Реглалг (эксперимент). 2. В период первой фазы закаливания почти все контрольные растения погибали после экспозиции в течение 8 ч при температуре -11°C , опытные – после экспозиции при -12°C . 3. В период 2-й фазы закаливания почти все контрольные растения погибали после экспозиции в течение 8 ч при температуре -12°C , опытные – после экспозиции при -13°C . 4. Для изучения воздействия низких температур на генотипы исследованных сортов пшеницы отбирали по 105 образцов растений каждого варианта в ноябре 2016 г. и в январе 2017 г.

сле 2-й фазы закаливания морозоустойчивость растений исследованных сортов оказалась практически одинаковой. Из этого следует, что благоприятное влияние препарата реглалг на процессы адаптации растений к морозу было тем более выражено, чем была меньше сортовая морозоустойчивость. Таким образом, обработка семян пшеницы препаратом реглалг оказала благоприятное влияние на растения не только за счет уменьшения длины эпикотиля и формирования узла кущения и вторичных корней в более глубоком слое почвы, но также и благодаря повышению их адаптации к действию отрицательных температур.

Дополнительным подтверждением различия морозоустойчивости исследованных сортов пшеницы, а также благоприятного эффекта предпосевной обработки семян препаратом реглалг служили данные о процессе инициации развития вторичных корней (рис. 3а). У контрольных и опытных растений, не подвергнутых воздействию отрицательных температур, не отмечены различия в инициации этого процесса. Вместе с тем, показано, что инкубация растений после второй фазы закаливания, в течение 8 ч при температуре -12°C подавляла инициацию вторичных корней контрольных растений сортов Миссия и Молдова 5. Появление вторичных корней наблюдали только у контрольных растений сорта Куяльник. В то же время у опытных растений всех 3-х сортов отмечен процесс инициация вторичных корней (рис. 3б).

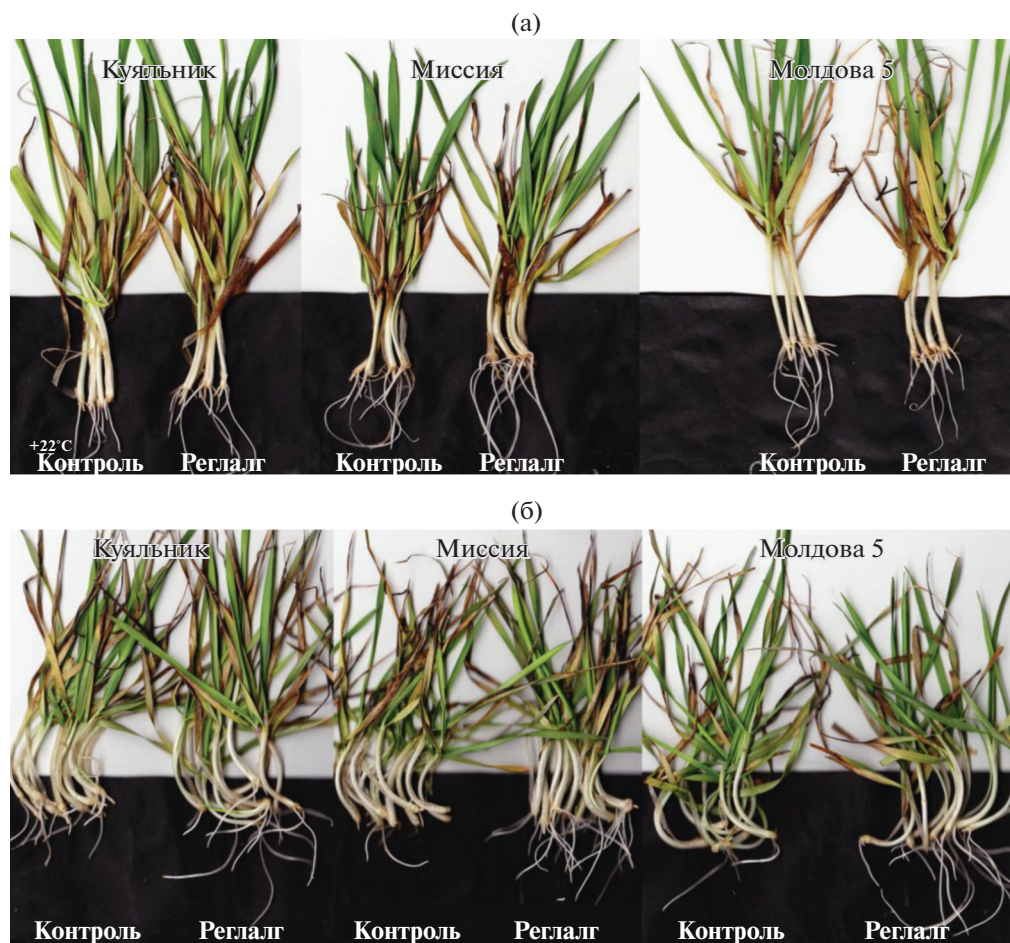


Рис. 3. Влияние обработки семян раствором препарата реглалг на инициацию роста вторичных корней растений озимой пшеницы сортов Куяльник, Миссия и Молдова 5, отобранных с поля после 2-й фазы закаливания (январь 2017 г.): (а) – растения, не подвергавшиеся воздействию отрицательных температур, (б) – растения, подвергшиеся воздействию температуры -12°C .

Фенологические наблюдения в течение вегетации свидетельствовали о том, что опытные растения отличались от контрольных комплексом свойств: уменьшением длины эпикотилия, темно-зеленой окраской листьев, равномерным кущением, задержкой пожелтения нижних листьев. В целом такие растения выглядели более здоровыми. Эти наблюдения подтверждены данными о содержании хлорофиллов *a* и *b* во флаговом листе растений озимой пшеницы в фазе цветения (рис. 4), в которой отмечена самая большая разница между вариантами контроля и опыта. Показано, что во флаговом листе опытных растений всех 3-х сортов пшеницы содержание хлорофиллов *a* и *b*, а также и каротиноидов превысило показатели, характерные для флагового листа контрольных растений. Сравнение соотношения содержания хлорофилла *a* и *b* в флаговом листе контрольных и опытных растений выявило, что этот показатель у опытных растений всех сортов

снижался по сравнению с контрольными растениями. Это свидетельствовало о том, что опытные растения указанных сортов находились в состоянии меньшего стрессового напряжения. Литературные данные также указывают, что с повышением уровня стресса содержание хлорофиллов и каротиноидов в флаговом листе зерновых уменьшается [24], а растения пшеницы с меньшим соотношением хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в флаговом листе являются более продуктивными [25]. Подобные закономерности влияния биостимуляторов на содержание хлорофилла были обнаружены после обработки растений пшеницы в период вегетации экстрактами из морских водорослей, а также аминокислотами и экстрактами из дрожжей [26].

Действие препарата реглалг на параметры, характеризующие продуктивность растений озимой пшеницы приведены в табл. 2. Показано, что

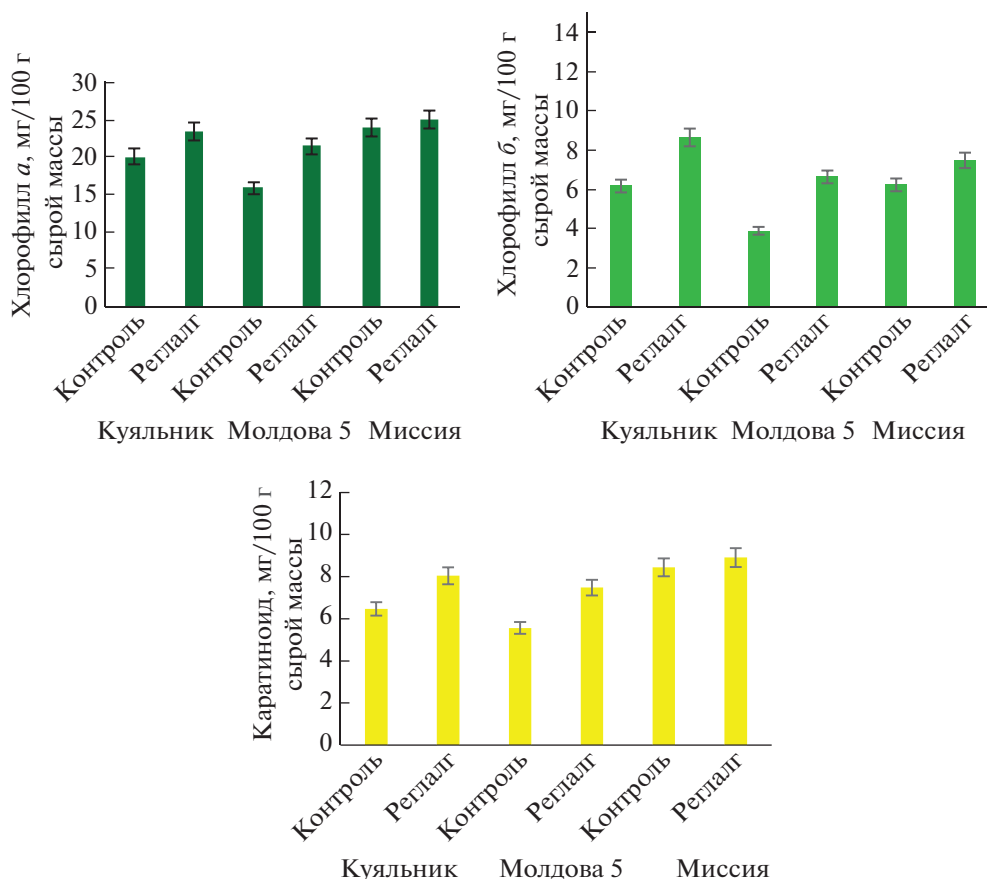


Рис. 4. Влияние обработки семян раствором препарата реглалг на содержание хлорофилла *a* и *b* и каратиноидов во флаговом листе озимой пшеницы сортов Куяльник, Молдова 5 и Миссия в фазе цветения.

у растений, выращенных из семян, обработанных раствором препарата реглалг, проявилась тенденция к улучшению всех показателей, влияющих на урожайность пшеницы. Хотя влияние препарата реглалг на отдельные показатели продуктивности было статистически недостоверным, конечный результат (масса зерна) достоверно был больше. Благодаря обработке семян перед посевом, у сортов Молдова 5 и Куяльник в опытных вариантах сред-

нее количество колосьев на 1 м² и средняя масса каждого колоса увеличились на 8–10%, что в конечном счете обеспечило статистически достоверное повышение урожайности зерна на 4–8 ц/га.

Для оценки влияния препарата реглалг на качестве урожая определяли содержание сырой клейковины (рис. 5а) и число седиментации муки (рис. 5б). Отмечено, что по содержанию сырой клейковины зерно исследованных сортов пшени-

Таблица 2. Влияние предпосевной обработки семян препаратом реглалг на показатели продуктивности озимой пшеницы сортов Куяльник, Молдова 5 и Миссия

Сорт	Вариант	Среднее количество колосьев, шт./м ²	Среднее количество зерен в колосе, шт.	Средняя масса колосьев, г/м ²	Масса 1000 зерен, г	Расчетная урожайность, ц/га
Молдова 5	Контроль	353 ± 32	32.3 ± 1.2	630 ± 41	36.3 ± 0.4	41 ± 0.49
	Реглалг	387 ± 38	33.7 ± 1.1	682 ± 46	36.7 ± 0.5	48 ± 0.31
Куяльник	Контроль	366 ± 39	37.1 ± 1.6	753 ± 52	37.2 ± 0.7	51 ± 0.60
	Реглалг	403 ± 45	38.0 ± 1.4	831 ± 57	37.8 ± 0.8	58 ± 0.46
Миссия	Контроль	412 ± 35	33.3 ± 1.5	750 ± 51	36.4 ± 0.6	50 ± 0.38
	Реглалг	441 ± 33	34.0 ± 1.5	785 ± 52	36.1 ± 0.4	54 ± 0.46

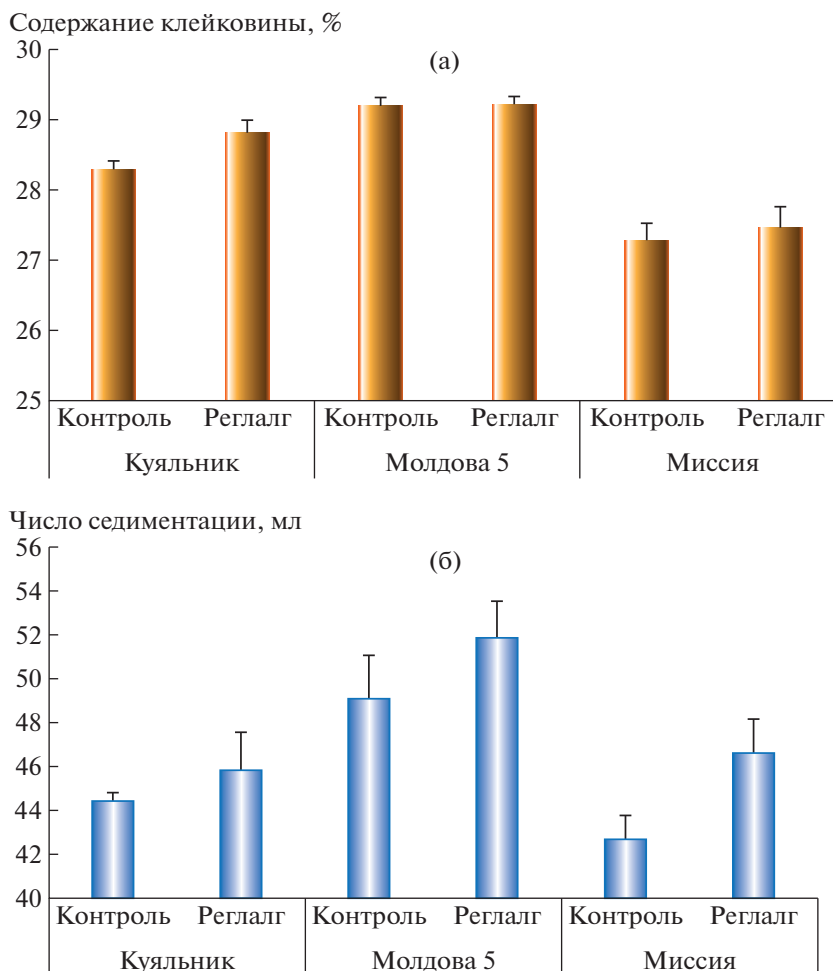


Рис. 5. Влияние обработки семян раствором препарата реглалг на содержание сырой клейковины (а) и показатель седиментации муки (б) озимой пшеницы сортов Куюльник, Молдова 5 и Миссия.

цы существенно различалось. Наименьшее содержание сырой клейковины было характерно для зерна сорта Миссия, самое высокое – для зерна сорта Молдова 5. Полученные данные также показали, что различия между содержанием сырой клейковины в контрольном и опытном вариантах для каждого сорта были статистически недостоверными. Величины индекса деформации сырой клейковины (**ИДК-1**) контрольного и опытного вариантов для каждого сорта были сопоставимыми и варьировали в пределах 60–75 ед. ИДК-1, что указывало на хорошее качество зерна.

Число седиментации является одним из самых важных показателей, характеризующих качество муки. Его определяли согласно методу Зелени (по способности белков муки набухать в слабых растворах органических кислот). Этот показатель был достоверно более высоким для муки сорта Молдова 5 по сравнению с мукой 2-х остальных сортов и был практически одинаковым у муки

сорт Куюльник и Миссия. В то же время у муки, полученной из зерна опытных вариантов, число седиментации возрастало на 3–6 ед. альвеографа, что указывало на улучшение ее качества. Это влияние привлекает особое внимание, поскольку литературные данные свидетельствуют о тенденции к обратной корреляции между урожайностью одного и того же сорта пшеницы и показателями качества зерна [27].

В наших экспериментах с применением препарата реглалг отмечена тенденция к повышению всех показателей, характеризующих величину урожайности и качество зерна. Необходимо подчеркнуть, что указанные эффекты при применении препарата реглалг подтверждены в опытах, проведенных в разные годы. Более того, в производственных испытаниях в 2015/2016 г. на 15 полях с общей площадью 1700 га с разными сортами пшеницы было показано, что предпосевная обработка семян препаратом реглалг привела к повы-

шению средней урожайности зерна с 46.5 ц/га в контроле до 57.5 ц/га в опытных вариантах. Интересно заметить, что в контроле урожайность варьировала от 38.1 до 51.2 ц/га, тогда как в опытных вариантах — от 42.7 до 75.7 ц/га. Таким образом, под влиянием препарата реглалг расширилась вариабельность урожайности на разных полях. В контрольных вариантах разница между максимальной и минимальной урожайностью составила 13.1 ц/га, тогда как в опытных вариантах — 33.0 ц/га. В то же время под влиянием препарата реглалг проявился более значительный сдвиг верхнего предела урожайности (с 51.2 до 75.7 ц/га) по сравнению с тем, который был характерен для нижнего предела (с 38.1 до 42.7 ц/га). В комплексе эти данные показали расширение диапазона условий среды, в которых в опытных растениях сохранялось гомеостатическое равновесие, что в конечном счете обусловило повышение зерновой продуктивности растений.

Полученные результаты свидетельствовали о больших перспективах применения препарата *Реглалг* для предпосевной обработки семян озимой пшеницы. Под его влиянием уменьшалась длина эпикотилиа на 0.8–1.3 см и, как следствие, узел кущения и вторичные корни образовались в более глубоком слое почвы, что обеспечило их функционирование в благоприятных условиях влажности и температуры в течение всего периода вегетации. Из литературы известно, что длину эпикотилиа пшеницы можно уменьшить путем опрыскивания семян или растений синтетическим регулятором роста хлорхолинхлоридом (*тур, ССС*) [28]. Его рекомендуют применять только тогда, когда посев проводили в хорошо увлажненную почву или для предотвращения полегания из-за вытягивания растений. В противном случае, из-за ослабления роста урожайность растений уменьшается. Повышение зимостойкости растений под влиянием *ССС* связано не столько с повышенной морозостойкостью тканей, сколько с более глубоким залеганием узла кущения в почве. Кроме того, *ССС* является среднетоксичным соединением, что приводит к серьезному ограничению его применения. Учитывая это, препарат реглалг обладает неоспоримым преимуществом по сравнению с *ССС*. Как и *ССС*, он снижает длину эпикотилиа, но является нетоксичным и дополнительно содействует лучшей адаптации растений к морозу. Растения, полученные из семян, обработанных перед посевом природным стимулятором роста реглалг, проявляют способность поддерживать гомеостатическое равновесие в более широком диапазоне условий окружающей среды по сравнению с контролем без обработки.

Благодаря отмеченным свойствам, в растениях, полученных из семян, обработанных препаратом реглалг, ускоряются процессы адаптации к флуктуациям факторов окружающей среды, благодаря чему его применение приводит к повышению количества и качества урожая. Этот эффект наблюдали как в годы с неблагоприятными погодными условиями, так и в годы с относительно благоприятными условиями. Другой важной особенностью препарата реглалг является его низкая норма применения и совместимость с фунгицидами и другими средствами защиты растений. Перед посевом 1 л препарата можно обработать 20 т семян. В целом развитие из семян, обработанных раствором препарата реглалг, более жизнеспособных растений, проявляющих большую устойчивость к морозу и высокой температуре, с пониженным риском повторного посева и более высоким урожаем зерна обуславливает практическую привлекательность применения препарата в практике. Поскольку предпосевная обработка семян не требует дополнительных расходов со стороны производителей и экономически более выгодна по сравнению с опрыскиванием растений в полевых условиях, описанные подходы обоснованы не только с точки зрения экологии, но и экономического эффекта.

ВЫВОДЫ

1. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы раствором природного стимулятора роста реглалг оказывала влияние на следующие свойства выращенных из них растений: у растений уменьшалась длина эпикотилиа, узел кущения и вторичные корни формировались в более глубоких слоях почвы, что содействовало проявлению устойчивости культуры к низким температурам; у растений ускорялись и усиливались процессы адаптации, благодаря чему они меньше страдали от изменений температуры окружающей среды.
2. У растений озимой пшеницы, полученных из семян, обработанных перед посевом раствором препарата реглалг, отмечено увеличение урожайности зерна в среднем на 4–8 ц/га.
3. Зерно озимой пшеницы, выращенной из семян, обработанных перед посевом раствором препарата реглалг, характеризовалась сравнимыми показателями качества клейковины и повышением показателя “число седиментации” муки по сравнению с зерном контрольных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Barros V.R., Field C.B., Dokken D.J.* IPCC 2014b. Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom and N.Y., USA: Cambridge University Press, 688 p.
2. *Кишмов С.В.* Пути адаптации растений к низким температурам // Усп. совр. биол. 2001. Т. 121. С. 3–22.
3. *Dascaliuc A., Ivanova R., Arpentin Gh.* Systemic approach in determining the role of bioactive compounds // Advanced bioactive compounds countering the effects of radiological, chemical and biological agents. NATO science for peace and security. Series A: Chemistry and biology. Dordrecht: Springer, 2013. P. 121–131.
4. *Kosakivska I.V., Voytenko L.V., Likhnyovskiy R.V.* Effect of temperature on *Triticum aestivum* L. seedlings growth and phytohormone balance // J. Stress Physiol. Biochem. 2015. V. 11. № 4. P. 91–99.
5. *Janska A., Marsik P., Zelenkova S., Ovesna J.* Cold stress and acclimation – what is important for metabolic adjustment? // Plant Biol. 2010. V. 12. P. 395–405.
6. *Таланова В.В., Титов А.Ф., Топчиева Л.В., Малышева И.Е., Венжик Ю.В., Назаркина Е.А.* Экспрессия генов в клетках листьев пшеницы при локальном действии низкой температуры на корневую систему растений // Докл. РАН. 2010. Т. 435. № 4. С. 571–573.
7. *Жученко А.А.* Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Т. 1. Теория и практика. М.: Агрорус, 2008. 814 с.
8. *Hatfield J.L., Prueger J.H.* Temperature extremes: Effect on plant growth and development // Weather and Climate Extremes. 2015. № 10. P. 4–10.
9. *Шакирова Ф.М.* Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
10. *Posmyk M.M., Szafranska K.* Biostimulators. A New trend towards solving an old problem // Front. Plant Sci. 2016. V. 7. P. 1–6.
11. *Yakhin O.I., Lubyonov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H.* Biostimulants in plant science: A Global perspective // Front. Plant Sci. 2017. P. 1–32.
12. *Данилов А.В.* Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур // Вестн. Марий. гос. ун-та. Сер. сел.-хоз. науки. Эконом. науки. 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 28–32.
13. *Кузьминых А.Н., Пашкова Г.И.* Урожайность и качество зерна озимой ржи в зависимости от применения стимуляторов роста // Вестн. Марий. гос. ун-та. Сер. сел.-хоз. науки. Эконом. науки. 2016. № 1. С. 26–29.
14. *Dascaliuc A.P.* Stimulator of growth. Institute of plant physiology of the Academy of Sciences (RM) // The Certification AA No. 0448. Kishinev, 19 February, 2003.
15. *Кириченко Е.В., Гринюк С.А.* Рострегуляторная активность экстракта водорослей // Biotechnol. Acta. 2013. Т. 6. № 5. С. 143–149.
16. *Желев Н., Здиорук Н., Раля Т., Горя А., Даскалюк А.* Ускоренное определение термоустойчивости генотипов пшеницы, основанное на закономерностях влияния теплового шока на прорастание семян // Изв. АН Молдовы. Науки о жизни. 2015. № 3(327). С. 60–66.
17. *Желев Н.* Снижение влияния абиотических факторов стресса на растения *Triticum aestivum* L. использованием природного регулятора роста реглаг // Изв. АН Молдовы. Науки о жизни. 2016. № 3(330). P. 72–79.
18. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. *Шлык А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
20. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. М.: Стандартинформ, 2014.
21. ГОСТ ISO 5529-2013. Пшеница. Определение показателя седиментации по методу Зелени. М.: Стандартинформ, 2014.
22. *Clewer A.G., Scarisbrick D.H.* Practical statistics and experimental design for plant crop science. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2001. 332 p.
23. *Пономарев В.И.* Повышение зимостойкости озимой пшеницы. М.: Рос-сельхозиздат, 1975. 316 с.
24. *Rong-hua Li., Pei-guo G., Baum M., Grando S., Ceccarelli S.* Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley // Agricult. Sci. China. 2006. V. 5. Iss. 10. P. 751–757.
25. *Rehman S.U., Bilal M., Rana R.M., Tahir M.N., Shah M.K., Ayalew H., Yan G.* Cell membrane stability and chlorophyll content variation in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under conditions of heat and drought // Crop Pasture Sci. 2016. V. 67. Iss. 7. P. 712–718.
26. *Hammad S.A.R., Ali O.A.M.* Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract // Annual. Agricult. Sci. 2014. V. 59. Iss. 1. P. 133–145.
27. *Oury F.-X., Godin C.* Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favourable genotypes? // Euphytica. 2007. V. 157. Iss. 1. P. 45–57.
28. *Хисамутдинова В.Н., Кузьмина Г.Г.* Влияние закалывания и хлорхалинхлорида (XXX) на устойчивость озимой пшеницы // Повышение продуктивности и устойчивости зерновых культур. Алма-Ата, 1979. С. 122–126.

**The Effect of the Natural Growth Regulator Reglalg
on the Resistance of Winter Wheat Plants (*Triticum aestivum* L.)
to Extreme Low Temperatures**

N. N. Jelev^{a,#} and A. P. Dascaluic^a

^a *Institute of Genetics, Physiology and Protection of Plants, 20 Padurii str., Chisinau, MD-2002, Moldova*

[#] *E-mail: jelevnn@yahoo.com*

The influence of presowing treatment of seeds of 3 varieties of hexaploid winter wheat with a solution of natural growth stimulator reglalg on the growth, development, resistance to negative temperatures and plant productivity indicators was studied. Revealed that plants derived from seeds treated realg, decreased the length of the epicotyl, the tillering node and the secondary roots were formed deeper in the soil, accelerated and intensified the process of adaptation to low temperatures, formed a more vigorous and productive plants. These effects provided an increase in yield by 4–8 c/ha, without reducing the quality of grain.

Key words: natural growth regulator reglalg, plant resistance, wheat (*Triticum aestivum* L.), low temperature extremes.