

УДК 581.143:577.175.1

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА РИБАВ-ЭКСТРА НА РОСТ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАН У ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА

© 2013 г.

А.С. Лукаткин, Н.Н. Кашианова, Т.А. Котлова

Мордовский госуниверситет им. Н.П. Огарева, Саранск

aslukatkin@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.11.2012

Семена кукурузы обрабатывали различными концентрациями природного регулятора роста Рибав-Экстра, проростки выдерживали при нормальной и неблагоприятных температурах с последующей оценкой роста и проницаемости мембран. Показано, что Рибав-Экстра оказал положительное воздействие на молодые растения кукурузы на фоне действия пониженных и повышенных температур. Наиболее эффективная концентрация Рибав-Экстра, максимально повышающая термоустойчивость проростков кукурузы, – 0.1 мкл/л.

Ключевые слова: проростки кукурузы, пониженные температуры, высокие температуры, рост, проницаемость мембран, регуляторы роста, Рибав-Экстра.

Введение

Растения часто подвергаются действию неблагоприятных факторов окружающей среды, одним из которых (зачастую ведущим) является температура. Важная роль температуры во взаимоотношениях организма и среды проявляется на всех уровнях его структурной и функциональной организации. Температурные сдвиги вызывают изменения структуры биополимеров, метаболических процессов в растительной клетке, при высокой напряженности могут приводить к повреждениям и гибели растений [1]. При этом повреждения растений могут индуцировать как пониженные, так и повышенные температуры. Теплолюбивые растения, к которым принадлежит кукуруза, повреждаются при пониженных положительных температурах (выше 0°C, но ниже 10°C) [2]. Все растения при помещении в условия повышенной температуры испытывают тепловой стресс, который может быть опасным для растений [3, 4]. Известно, что основные ответные реакции растений на воздействия неблагоприятных абиотических факторов связаны со сверхпродукцией активированных форм кислорода (АФК) и возникновением окислительного стресса, в последующем приводящим к нарушениям структуры и функционирования клеточных мембран [2].

Для снижения повреждающего действия неблагоприятных температур используют различные приемы, среди которых особое место занимают синтетические и природные регуляторы роста (РР) [5, 6]. Наряду с регуляторным дейст-

вием на физиолого-биохимические процессы в растительных клетках, многие РР способствуют повышению устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессорам. Ранее было показано снижение холодового повреждения у теплолюбивых растений (в том числе кукурузы) при использовании ряда синтетических препаратов, преимущественно цитокининового типа действия [7–9]. Однако в последнее время большое внимание уделяется природным РР, которые могут использоваться в малых концентрациях, нетоксичны для растений и окружающей среды, повышают антистрессовую активность растений. Одним из них является препарат Рибав-Экстра – экстракт из микоризных грибов женьшеня, содержащий комплекс аминокислот и биологически активных веществ. Показано, что он стимулирует синтез фитогормонов, ростовые процессы, может повышать устойчивость к стрессорам [10–12].

Несмотря на проведенные ранее исследования антистрессового действия этого препарата, до сих пор нет четкого представления о механизмах этих эффектов, а также об оптимальных концентрациях препарата, используемых для обработки разных видов растений на фоне различных стрессирующих факторов. В связи с этим целью работы было изучение действия препарата Рибав-Экстра (РЭ) на термоустойчивость молодых растений кукурузы, оцениваемую по параметрам роста (прироста) и состояния клеточных мембран.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) определить параметры, ха-

рактизирующие термоустойчивость проростков кукурузы; 2) изучить эффекты различных концентраций РЭ на ранних этапах развития кукурузы; 3) выявить наиболее эффективные концентрации РЭ и их действие на рост и состояние клеточных мембран растений кукурузы при различных температурных воздействиях; 4) оценить эффективность РЭ в последствии неблагоприятных температур (по параметрам роста и проницаемости мембран).

Экспериментальная часть

Объектом для работы служили семена и молодые растения кукурузы (*Zea mays* L.) гибрида Коллективный 172 МВ. В качестве экспериментального материала для работы использовали Рибав-Экстра, любезно предоставленный фирмой ЗАО «Сельхозкосервис» (Москва). РЭ представляет собой 60%-ный спиртовой экстракт продуктов метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня, и содержит уникальный комплекс природных аминокислот (0.00348 г/л) и фитогормонов. Он стимулирует развитие микоризы, что приводит не только к усилению роста и развития корневой системы, но и к повышению устойчивости к заболеваниям и неблагоприятным факторам внешней среды [13].

В первой серии опытов семена замачивали 10 часов в растворах РЭ концентраций от 0.001 до 100 мкл/л (контроль – в дистиллированной воде), затем промывали и проращивали при температуре около 25°C в растильнях на дистиллированной воде до возраста 7 суток. На третий день определяли энергию прорастания, на 7-й день – всхожесть семян, и измеряли ростовые характеристики (длину корня и побега). Далее семидневные проростки кукурузы пересаживали в модифицированную среду Кнопа. Часть растений оставляли в нормальных условиях (температура 25°C), а остальные помещали на 20 часов в термостат (температура 43°C) или холодильную камеру (температура 3°C), после чего возвращали в нормальные условия, выращивая еще 6 дней методом рулонной культуры [14]. На 14-й день от начала опыта измеряли ростовые характеристики (длину корня и побега), количество листьев на растении, визуально определяли % поврежденной листовой поверхности и выявляли концентрации РЭ, наиболее эффективные на фоне оптимальных и неблагоприятных температур.

Во второй серии опытов на основании концентраций, оказавших лучшее действие в первой серии, проверяли эффективность РЭ при действии и последствии неблагоприятных

температур на проростки кукурузы. Схема опыта – такая же, как и в первой серии. Сразу после окончания температурного воздействия (охлаждения при 3°C или нагрева при 43°C) и по достижении растениями возраста 14 суток определяли длину осевых органов с расчетом прироста, а также состояние клеточных мембран по выходу электролитов из высечек листьев в дистиллированную воду на кондуктометре ОК-102 («Radelkis», Венгрия) с платиновым электродом при частоте 3 кГц [15]. Определение проницаемости мембран проводили по изменению электропроводности вытяжки после 4-часовой экспозиции. Полный выход электролитов определяли по электропроводности вытяжки после разрушения мембран кипячением (методика детально описана в работе [16]). Результирующий выход электролитов рассчитывали в % от полного выхода:

$$L = (L_1 - L_w) / (L_2 - L_w) \cdot 100\%,$$

где L – выход электролитов, в процентах от полного выхода электролитов; L_1 и L_2 – электропроводность после настаивания высечек листьев и кипячения, в мкСм; L_w – электропроводность дистиллированной воды, мкСм [15].

Термоустойчивость оценивали по степени повреждения клеточных мембран после воздействия неблагоприятными температурами. Степень повреждения в различных вариантах оценивали по «коэффициенту повреждаемости» (КП), рассчитываемому по формуле

$$\text{КП} = (L_D - L_0) / (100 - L_0) \cdot 100\%,$$

где L_D – выход электролитов из ткани, подвергнутой стрессу, в процентах от полного выхода электролитов; L_0 – выход электролитов из ткани контрольных растений, в процентах от полного выхода электролитов. Чем больше величина КП, тем меньше устойчивость растительного объекта [15].

Все опыты в каждой серии повторяли 3 раза, они включали не менее 3 повторностей (растений каждого варианта). Результаты обрабатывали статистически по стандартным методикам с использованием компьютерной программы «BIOSTAT». В таблицах и на графиках представлены средние арифметические из всех повторностей с их стандартными ошибками. Сравнение различных вариантов опыта проводили по t-критерию Стьюдента при 5%-ном уровне значимости [17].

Результаты и их обсуждение

Рибав-Экстра – спиртовой экстракт продуктов метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня; он стимулирует развитие микоризы, усиливая рост корневой сис-

темы, тем самым улучшая состояние растений и повышая устойчивость к стрессорным факторам внешней среды [12]. Концентрации РЭ, применяемые разными авторами, в сильной степени варьируют (как для разных видов растений, так и для стрессирующих воздействий) [10, 11, 18]. Поэтому на первом этапе работы по изучению влияния РЭ на молодые растения кукурузы необходимо выявить концентрации РЭ, оказывающие лучшее действие.

Определение энергии прорастания и всхожести семян кукурузы при использовании препарата Рибав-Экстра показало, что не во всех концентрациях регулятора прорастание семян кукурузы шло быстрее (табл. 1). Оптимальной для прорастания семян оказалась концентрация 1 мкл/л, при обработке которой наблюдалось не только повышение энергии прорастания и всхожести относительно контроля, но и небольшое увеличение ростовых характеристик (длины корня и побега). Энергия прорастания и всхожесть семян увеличивались также в концентрации 10 мкл/л, а длина побега – 0.01 мкл/л.

При выращивании методом рулонной культуры растений, обработанных препаратом Рибав-Экстра, выявлено, что в оптимальных температурных условиях обработка РЭ проявила тенденцию к усилению роста корня во всех концентрациях, кроме самой низкой (табл. 2). Но положительного действия этого регулятора роста на длину побега не наблюдалось, лишь при концентрации 0.1 мкл/л выявлена тенденция к небольшой стимуляции роста. Рибав-Экстра не способствовал и увеличению количества листьев. Таким образом, в нормальных температурных условиях не выражена рост-стимулирующая активность препарата РЭ.

Вторую группу растений в рулонной культуре выдерживали 20 ч в холодильной камере при пониженной температуре 3°C. Эта обработка приводила к снижению роста осевых органов, количества листьев на растении и визуальному повреждению (подсыханию) листьев кукурузы. Препарат Рибав-Экстра положительно повлиял

на состояние растений кукурузы. Так, длина корня в последствии охлаждения была максимальной в варианте 1 мкл/л РЭ. Для роста побега показана положительная тенденция (различия с водным контролем недостоверны) в диапазоне концентраций РЭ от 0.1 до 10 мкл/л. Количество листьев во многих вариантах обработки препаратом Рибав-Экстра было выше водного контроля. Препарат показал тенденцию к снижению процента подсыхания листовой поверхности во всех концентрациях, кроме самой низкой.

У растений, которые были выдержаны 20 ч при 43°C, выявлена тенденция к снижению роста корней побегов относительно температурного контроля (25°C). При обработке РЭ почти во всех вариантах опыта показана тенденция к превышению роста осевых органов и образования листьев по отношению к водному контролю. Визуально определенная степень повреждения листовой поверхности в результате прогрева проростков кукурузы была самой высокой в контроле, и все исследованные концентрации РЭ достоверно снижали повреждение, наиболее низкой эта величина была в варианте 1 мкл/л.

Таким образом, оценка эффективности РЭ на фоне кратковременного действия пониженных и повышенных температур не позволила сделать однозначного заключения о преимуществе той или иной концентрации, хотя очевидно положительное влияние препарата на рост и степень повреждения листовой поверхности растений, особенно в дозе 1 мкл/л.

Во второй серии опытов были взяты три концентрации препарата, эффективные по влиянию на рост при действии стрессовых температур, и определено последствие температурного стресса по выходу электролитов и по параметрам роста. В отличие от первого этапа, где определяли абсолютные значения начального роста осевых органов, здесь определяли относительные (разницу за время от окончания стрессирующего воздействия до завершения опыта). Прирост корня и побега существенно

Таблица 1

Влияние препарата Рибав-Экстра на прорастание семян кукурузы и длину осевых органов 7-дневных проростков

Вариант опыта	Концентрация РЭ, мкл/л	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина, мм	
				корень	побег
Вода	0	80±1.7	84±1.5	99±2.1	47±4.6
Рибав-Экстра	100	76±2.7	78±2.6	81±6.5	54±3.6
	10	88±1.8	88±1.4	92±8.5	55±3.7
	1	90±1.7	91±1.6	102±6.3	58±3.2
	0.1	77±1.5	85±1.6	95±6.0	55±3.0
	0.01	75±1.4	84±1.5	97±6.9	58±2.4
	0.001	72±2.8	73±2.4	89±6.2	51±3.2

Таблица 2

Параметры роста и повреждения 14-дневных растений кукурузы, выращенных в рулонной культуре из обработанных препаратом Рибав-Экстра семян и подвергнутых 20-часовому воздействию неблагоприятных температур

Вариант опыта	Концентрация, мкл/л	Длина, мм		Количество листьев, шт./раст.	% повреждения листовой поверхности
		корень	побег		
Температура 25°C					
Вода	0	141±15.6	208±16.6	3.2±0.2	-
РЭ	100	148±16.9	184±14.0	2.9±0.1	-
	10	146±18.3	187±17.9	3.1±0.2	-
	1	149±16.1	186±11.2	3.0±0.0	-
	0.1	151±10.4	214±11.9	3.1±0.1	-
	0.01	153±16.0	197±9.4	3.0±0.0	-
	0.001	126±19.5	162±9.7	2.8±0.1	-
Температура 3°C					
Вода	0	124±12.5	164±10.4	2.4±0.2	11.0±1.6
РЭ	100	124±14.6	144±11.3	3.1±0.2	9.0±1.5
	10	130±10.5	180±15.8	2.5±0.2	9.0±1.4
	1	148±15.2	186±14.0	3.1±0.1	8.1±1.8
	0.1	127±17.8	185±15.5	2.7±0.2	10.8±1.8
	0.01	129±18.0	171±10.5	2.9±0.1	10.0±1.9
	0.001	111±13.5	126±8.8	2.5±0.2	13.6±1.7
	Температура 43°C				
Вода	0	131±16.5	175±6.5	2.6±0.1	22.4±4.6
РЭ	100	134±11.6	164±9.3	2.8±0.2	11.2±2.5
	10	138±9.6	186±13.1	2.6±0.1	9.3±0.6
	1	156±12.0	196±11.0	3.0±0.1	8.0±0.9
	0.1	147±11.3	194±12.4	2.8±0.2	11.3±1.6
	0.01	139±10.4	181±11.5	2.9±0.1	10.2±1.6
	0.001	141±8.5	166±9.7	2.7±0.2	12.4±1.2

Таблица 3

Влияние регулятора роста Рибав-Экстра на прирост осевых органов в последствии обработки различными температурами*

Концентрация, мкл/л	Температура	Прирост корня		Прирост побега	
		мм	% к исх.	мм	% к исх.
0 (H ₂ O)	25°C	87±12.5	<u>116</u>	242±21.9	<u>358</u>
1		111±20.1	134	279±26.2	495
0.1		122±13.0	212	260±20.3	402
0.01		115±10.4	177	270±16.1	658
0 (H ₂ O)	3°C	64±8.3	<u>110</u>	272±24.3	<u>402</u>
1		91±10.3	110	284±22.8	503
0.1		139±11.6	241	285±30.2	441
0.01		184±10.7	283	357±25.3	869
0 (H ₂ O)	43°C	77±12.1	<u>167</u>	201±18.4	<u>297</u>
1		102±10.6	124	229±11.7	406
0.1		145±15.6	251	258±19.1	340
0.01		83±10.0	128	250±21.0	609

* Проростки выращивали до возраста 7 дней при температуре 25°C, после чего подвергали действию температур 43°C или 3°C (20 ч) и далее выращивали методом рулонной культуры при 25°C до возраста 14 дней.

снижался в последствии неблагоприятных температур (табл. 3). Выявлено, что ряд концентраций регулятора положительно влиял на прирост осевых органов после экспозиции при оптимальной и неблагоприятных температурах. Так, при выращивании растений в нормальных

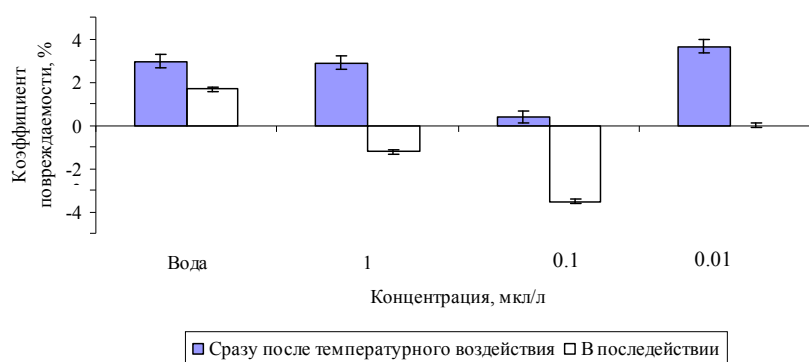
условиях наблюдалось увеличение прироста корня в варианте обработки 0.1 мкл/л Рибав-Экстра, прироста побега – 0.01 мкл/л. Прирост корня и побега в последствии охлаждения был максимальным в варианте 0.01 мкл/л РЭ. При воздействии повышенных температур на

Таблица 4

Влияние Рибав-Экстра на выход электролитов из листовой ткани кукурузы после температурного воздействия

Вариант	Концентрация РЭ, мкл/л	Выход электролитов, %		
		Температура 25°C	Температура 43°C, 20 ч	Температура 3°C, 20 ч
Сразу после температурного воздействия				
Вода	0	4.69±0.21	7.50±0.17	6.58±0.16
Рибав-Экстра	1	3.57±0.41	6.35±0.12	6.01±0.23
	0.1	6.02±0.47	6.38±0.29	4.63±0.69
	0.01	3.60±0.33	7.12±0.45	6.21±0.65
Спустя 7 суток после температурного воздействия				
Вода	-	4.71±0.27	6.28±0.18	5.72±0.23
Рибав-Экстра	1	3.57±0.61	2.39±0.44	4.55±3.66
	0.1	6.02±1.07	2.69±1.53	4.17±1.97
	0.01	3.60±0.93	3.58±1.85	5.34±1.89

а



б

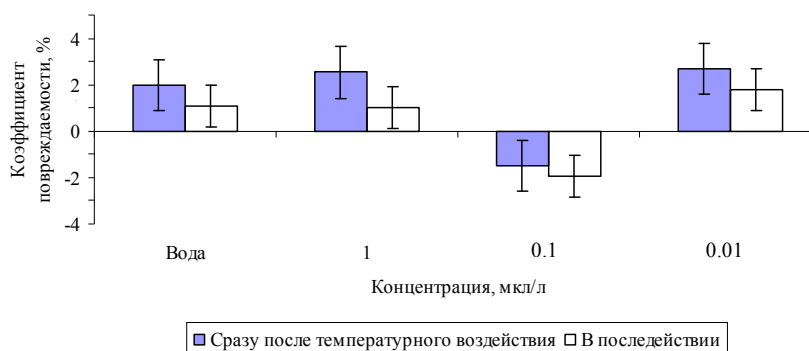


Рис. Коэффициент повреждаемости клеток листьев кукурузы, обработанной разными концентрациями препарата Рибав-Экстра, после воздействия температуры 43°C (а) или 3°C (б)

растения кукурузы стимулирующее действие на прирост корня РЭ оказал в дозе 0.1 мкл/л, а на прирост побега – 0.01 мкл/л.

Определение проницаемости мембран в последствии температурного стресса может дать представление о скорости процессов репарации повреждений клеток, вызванных неблагоприятными температурами [2, 15]. В нашем опыте отмечено значительное повышение проницаемости клеточных мембран в водном контроле сразу после воздействия неблагоприят-

ных температур (табл. 4). Предпосевная обработка РЭ достоверно не повлияла на проницаемость мембран листьев кукурузы при оптимальной температуре, однако в некоторых вариантах обработки препаратом способствовала снижению индуцированного температурой выхода ионов из клеток (особенно в дозе 0.1 мкл/л). Определение выхода электролитов спустя 6 дней после температурного стресса показало, что в большинстве вариантов опыта происходило снижение неспецифической проницае-

мости мембран по сравнению с параметрами, наблюдавшимися сразу после охлаждения. При этом наиболее эффективным оказался вариант с обработкой семян препаратом РЭ в концентрации 0.1 мкл/л.

Количественная оценка повреждающих эффектов температуры на состояние клеточных мембран может быть дана на основе «коэффициента повреждаемости», который показывает выход ионов, индуцированный только неблагоприятным температурным воздействием [15, 16]. В наших опытах с прогревом растений при температуре 43°C обнаружено (рисунок а), что препарат Рибав-Экстра показал довольно высокую эффективность в варианте обработки семян в дозе 0.1 мкл/л (как сразу после прогрева, так и в его последствии). Определение величины КП для пониженной температуры (3°C) показало самую высокую эффективность препарата Рибав-Экстра при концентрации 0.1 мкл/л (рисунок б).

Таким образом, на основании анализа действия и последствия температурных стрессоров на клеточные мембраны можно видеть протекторный эффект препарата РЭ, наиболее значительный – при нанодозе 0.1 мкл/л.

Для рассмотрения возможных механизмов мембранопротекторного действия РЭ необходимо рассмотреть антиоксидантный потенциал этого препарата. Ранее было показано [19], что обработка семян кукурузы препаратом Рибав-Экстра положительно сказалась на общей антиоксидантной активности проростков при действии неблагоприятных температурных условий, с максимальным эффектом при обработке семян РЭ в концентрации 10⁻⁷%. РЭ также снижал интенсивность перекисного окисления липидов и генерацию супероксидного анион-радикала в последствии неблагоприятных температур: после действия пониженной (3°C) температуры наименьшая скорость генерации супероксидного анион-радикала наблюдалась при концентрациях препарата 10⁻⁷ и 10⁻⁶%, а повышенной (45°C) температуры – 10⁻⁷%. Самое низкое содержание МДА наблюдалось в листьях кукурузы, обработанной регулятором роста Рибав-Экстра в концентрациях 10⁻⁸ и 10⁻⁷% при оптимальной температуре, и в концентрации 10⁻⁴% в последствии пониженной и повышенной температур. Очевидно, что выявленное нами усиление роста и снижение индуцированного температурой повышения проницаемости мембран может быть связано с противодействием окислительному стрессу.

Заключение

Регулирование роста и развития растений с помощью БАВ позволяет оказывать направленное влияние на отдельные этапы онтогенеза с целью мобилизации генетических возможностей растительного организма и, в конечном итоге, повышать стрессоустойчивость, продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур. В проведенном исследовании обнаружено, что регулятор роста Рибав-Экстра оказал положительное воздействие на молодые растения кукурузы на фоне пониженных и повышенных температур; это выявлено по проросту осевых органов и проницаемости клеточных мембран после температурного стресса. Наиболее эффективная концентрация РЭ, максимально повышающая термоустойчивость проростков кукурузы, – 0.1 мкл/л, хотя для различных температур и измеряемых параметров была также показана высокая эффективность доз РЭ 1 и 0.01 мкл/л. Использование препарата Рибав-Экстра в целях повышения стрессоустойчивости растительных организмов может быть перспективным на территориях с высокой вероятностью попадания растений на ранних этапах развития в условия стрессовых температур (как пониженных, так и повышенных).

Список литературы

1. Усманов Н.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос, 2001. 224 с.
2. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
3. Курганова Л.Н., Веселов А.П., Синецына Ю.В., Еликова Е.Н. Продукты перекисного окисления липидов как возможные посредники между воздействием повышенной температуры и развитием стресс-реакций у растений // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 276–282.
4. Курганова Л.Н., Балалаева И.В., Веселов А.П., Синецына Ю.В., Васильева Е.А., Цыганова М.И. Проксидантно-антиоксидантный статус хлоропластов гороха при действии стрессирующих абиотических факторов среды: 1. Продукция активных форм кислорода и липопероксидация // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 2 (2). С. 544–549.
5. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белоухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрехимия. 2005. № 11. С. 76–86.
6. Колмыкова Т.С., Лукаткин А.С. Эффективность регуляторов роста растений при действии абиотических стрессовых факторов // Агрехимия. 2012. № 1. С. 8–94.

7. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Кипайкина Н.В. Протекторная роль обработки тиазуроном проростков огурца при действии тяжелых металлов и охлаждения // Физиология растений. 2003. Т. 50. С. 346–348.
8. Лукаткин А.С., Овчинникова О.В. Влияние препарата цитодеф на рост и холодоустойчивость теплолюбивых растений // Агрохимия. 2009. № 12. С. 32–38.
9. Лукаткин А.С., Зауралов О.А. Экзогенные регуляторы роста как средство повышения холодоустойчивости теплолюбивых растений // Доклады Россельхозакадемии. 2009. № 6. С. 20–22.
10. Рязин Э.Н., Михеева Т.Г., Толмачева Н.А., Орловский Д.Д. Новый регулятор роста растений рибав-экстра // В сб.: Средства защиты растений, регуляторы роста, агрохимикаты и их применение при возделывании сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИА, 2005. С. 56–58.
11. Павлов Л.В., Кондратьева И.Ю., Бурцева Т.В. Повышаем всхожесть томата экологически безопасным препаратом Рибав-экстра // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2007. № 4. С. 10–11.
12. Толмачева Н.А., Михеева Т.Г. Регулятор роста растений «Рибав-Экстра» // В сб.: Современные технологии и перспективы использования средств защиты растений, регуляторов роста, агрохимикатов в агроландшафтном земледелии. М.: ВНИИА, 2008. С. 123–127.
13. Рекомендации по применению регулятора роста растений Рибав-Экстра в сельском хозяйстве. М.: Б.и., 2007. 2 с.
14. Журбицкий З.И., Ильин М.В. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968. 224 с.
15. Зауралов О.А., Лукаткин А.С. Кинетика экзосмоса электролитов у теплолюбивых растений при действии пониженных температур // Физиология растений. 1985. Т. 32. Вып. 2. С. 347–354.
16. Гришенкова Н.Н., Лукаткин А.С. Определение устойчивости растительных тканей к абиотическим стрессам с использованием кондуктометрического метода // Поволжский экологический журнал. 2005. №1. С. 3–11.
17. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
18. Нарайкина Н.В., Лукаткин А.С. Концентрационные эффекты препарата «Рибав-Экстра» в проростках кукурузы // Материалы науч. конф. «Первые чтения памяти профессора О.А. Зауралова». Саранск, 2007. С. 54–57.
19. Лукаткин А.С., Погодина Д.Н. Эффективность протекторного действия регулятора Рибав-Экстра на проростки кукурузы при температурном стрессе // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 2. С. 16–18.

INFLUENCE OF RIBAV-EXTRA ON THE GROWTH AND MEMBRANE PERMEABILITY IN MAIZE SEEDLINGS AFFECTED BY THERMAL STRESS

A.S. Lukatkin, N.N. Kashtanova, T.A. Kotlova

Maize seeds were treated with natural growth regulator Ribav-Extra (RE) at different concentrations, the seedlings were germinated at room and unfavorable temperatures followed by growth and membrane permeability estimation. RE has been shown to have a positive effect on young maize plants affected by chilling and heating. The most effective RE concentration maximizing thermal resistance of maize seedlings is 0.1 $\mu\text{L/L}$.

Keywords: *Zea mays*, chilling temperatures, high temperatures, growth, membrane permeability, plant growth regulators, Ribav-Extra.