

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕСТ-КОНТРОЛЬ АНТИОКСИДАНТОВ НА СЕМЕНАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

М.Г. ПЕРЕВОЗКИНА, кандидат химических наук, научный сотрудник (e-mail: mgperevozkina@mail.ru)

Д.И. ЕРЁМИН, доктор биологических наук, профессор

Р.И. БЕЛКИНА, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л.В. МАРЧЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В.М. ГУБАНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

М.В. ГУБАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, Тюмень, 625003, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью изучения влияния биоантиоксидантов на всхожесть семян яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) и ячменя голозерного (*Hordeum vulgare* L.) в лабораторных условиях. В качестве биоантиоксидантов использовали салициловую кислоту, парацетамол, тиофан (стабилизатор СО-3), контроль – дистиллированная вода, мицеллярная вода. Обработку семян проводили из расчета расхода рабочей жидкости – 10 л на 1 т семян. Салициловую кислоту и парацетамол растворяли в дистиллированной воде, тиофан (плохо растворим в воде) – в мицеллярной воде (подсолнечное масло : вода – 3 : 7), в качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовали додецилсульфат натрия в критической концентрации мицеллообразования (ККМ) 8,3 моль/л. Парацетамол изучали в качестве действующего вещества и в виде таблетки (вспомогательные вещества: крахмал, стеариновая кислота, желатин). Определяли посевные качества семян – энергию прорастания и лабораторную всхожесть. Всхожесть семян зерновых культур в зависимости от концентрации и эффективности биоантиоксиданта изменялась в соответствии со сложной бимодальной зависимостью. У семян пшеницы (лабораторная всхожесть – 90 %, энергия прорастания – 80 %) после обработки салициловой кислотой энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян снижались, по сравнению с контрольным вариантом, на 4-8 и 4-14 % соответственно. Достоверное уменьшение величин этих показателей отмечено в вариантах с салициловой кислотой (0,1 %) и парацетамолом (0,1 и 1,0 %). При средних концентрациях (0,5 %) салициловой кислоты и парацетамола всхожесть семян ячменя с низкими посевными качествами (лабораторная всхожесть и энергия прорастания – 72 %) возрастала, при больших (1 %) – снижалась. Обработка тиофаном уменьшала энергию прорастания семян пшеницы на 8-30 %, всхожесть – на 6-28 %, ячменя – на 46-60 и 8-25 % соответственно.

Ключевые слова: пшеница, ячмень, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, салициловая кислота, парацетамол, бис-[3-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)пропил]сульфид, стабилизатор СО-3, тиофан.

Для цитирования: Биологический тест-контроль антиоксидантов на семенах зерновых культур / М.Г. Перевозкина, Д.И. Ерёмин, Р.И. Белкина, Л.В. Марченко, В.М. Губанова, М.В. Губанов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 1 С. 32-34.

Одно из приоритетных направлений защиты сельскохозяйственных растений от неблагоприятных факторов окружающей среды – сочетание передовых достижений медицины и агропромышленного комплекса. Использование разработок из других областей науки и практики в сельском хозяйстве позволяет растениям эффективно преодолевать низкие

температуры, дефицит влаги, нехватку питательных веществ в почве, обсемененность бактериями и почвенными грибами. Широкое развитие получили технологии с использованием препаратов запрограммированного и пролонгированного действия для обработки семенного зерна [1, 2, 3, 4].

Ранее было показано воздействие препаратов на окисление модельных липидных субстратов (*in vitro*), изучен механизм их влияния в многостадийном процессе окисления липидов [7, 8]. Для определения оптимальных концентраций биоантиоксидантов было целесообразно протестировать их на семенах (*in vivo*) различного качества, в том числе с низкой всхожестью, которые часто формируются в условиях таежной и подтаежной зон Северного Зауралья. В частности в Тюменской области в отдельные годы высевают до 10 % некондиционных по всхожести семян [9].

Представленная работа открывает серию публикаций, посвященных изучению влияния биоантиоксидантов на всхожесть семян различных культур.

Ранее при окислении модельных липидных субстратов было установлено [7, 8], что антиоксидантные свойства салициловой кислоты в 10-15 раз уступают ингибирующей активности парацетамола и тиофана в соизмеримых концентрациях. Эффект низкотоксичных антиоксидантов основан на их способности взаимодействовать в биологической мембране с пероксидными радикалами (салициловая кислота, парацетамол, тиофан) и разрушать продукты окислительной деструкции липидов – гидропероксиды – нерадикальным путем (парацетамол, тиофан).

Цель исследования – протестировать влияние биоантиоксидантов на всхожесть семян зерновых культур.

Для ее достижения решали следующие задачи: проверить биодоступность препаратов, протестировать влияние антиоксидантов на семена зерновых культур; определить посевные качества семян (энергия прорастания, лабораторная всхожесть); подобрать оптимальные концентрации препаратов.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2016 г. в лаборатории качества продукции растениеводства Агробιοтехнологического центра ГАУ Северного Зауралья на двух зерновых культурах: яровой мягкой пшенице (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 36 и ячмене голозерном (*Hordeum vulgare* L.) сорта Нудум 95. Формирование и созревание семян (2015 г.) проходило при пониженных температурах (на 2 °С ниже нормы) и количестве осадков на уровне средних многолетних значений.

Обработку семян препаратами (контроль – дистиллированная вода, мицеллярная вода) проводили за 3 дня до закладки опыта на определение всхожести. Для обработки использовали салициловую кислоту (2-гидроксibenзойную кислоту), парацетамол (N-(4-гидроксифенил)ацетамид) и тиофан (бис-[3-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)пропил]сульфид, стабилизатор СО-3) в концентрациях 0,1, 0,5 и 1,0 %. Салициловую кислоту и парацетамол растворяли в воде, тиофан – в мицеллярной воде (подсолнечное масло: вода – 3 : 7),

в качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовали додецилсульфат натрия в критической концентрации мицеллообразования (ККМ) 8,3 моль/л. Кроме того, в опыте изучали вариант с совместной обработкой парацетамолом (0,1 %) и салициловой кислотой (0,1 %), а также эффективность использования парацетамола в виде таблетки (вспомогательные вещества: крахмал, стеариновая кислота, желатин). Для обработки 100 г семян брали 1 мл раствора (из расчета расхода рабочей жидкости для обработки семян в производственных условиях 10 л/т).

Салициловая кислота согласно современной классификации относится к фитогормонам. Фитогормоны участвуют в регуляции обмена веществ на всех этапах жизни растений – от развития зародыша до полного завершения жизненного цикла и отмирания [5].

В медицине салициловую кислоту используют как антисептическое средство, парацетамол – как противовоспалительное, жаропонижающее и обезболивающее (соединение ингибирует фермент циклооксигеназу, тормозит образование простагландинов, участвующих в механизме возникновения гипералгезии и повышенной температуры). Тиофан – это полифенольный серосодержащий антиоксидант, синтезированный на кафедре химии Новосибирского государственного педагогического университета совместно с Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. Соединение не обладает местным и общетоксическим действием, не оказывает влияния на эмбриогенез и развитие потомства, что дает возможность использовать его в качестве биоантиоксиданта [6].

Посевные свойства (энергию прорастания и всхожесть) определяли согласно ГОСТ 52325-2005 [10]. Семена проращивали в термостате при температуре 20 °С. Энергию прорастания пшеницы определяли на 3-й день, ячменя – на 4-ый, лабораторную всхожесть – на 7-й день.

Статистическая обработка представленных результатов проведена по Б.А. Доспехову [11].

Результаты и обсуждение. Семена яровой мягкой пшеницы сорта Омская 36 характеризовались высокими посевными качествами. Энергия их прорастания в контроле составила 80 %, лабораторная всхожесть – 90 %, что соответствует уровню оригинальных семян. Разница между энергией прорастания и лабораторной всхожестью на уровне 10 % также подтверждает их полноценность.

После обработки семян пшеницы салициловой кислотой их энергия прорастания и лабораторная всхожесть снижалась, по сравнению с контролем, на 4-8 и 4-14 % соответственно. При этом достоверные различия ($HCP_{05}=8$) по энергии прорастания отмечены в варианте с концентрацией салициловой кислоты 0,1 %, по всхожести – 0,1 и 0,5 %.

Существенное снижение лабораторной всхожести после обработки семян парацетамолом на 10-16 % и энергии прорастания – на 12-18 % отмечено в вариантах с концентрациями 0,1 % и 1,0 %. Обработка семян бинарной смесью парацетамола (0,1 %) с салициловой кислотой (0,1 %) заметных изменений величин этих показателей не вызвала.

В вариантах с тиофаном (0,1 % и 1,0 %) наблюдали резкое снижение посевных качеств: энергии прорастания – на 10-30 %, лабораторной всхожести – на 12-28 %, что достоверно на 5 % уровне (табл. 1).

Таблица 1. Посевные качества семян яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в зависимости от обработок препаратами

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Контроль (дистиллированная вода)	80	90
Салициловая кислота, 0,1 %	72	76
Салициловая кислота, 0,5 %	76	80
Салициловая кислота, 1,0 %	72	86
Парацетамол, 0,1 %	68	80
Парацетамол, 0,5 %	82	84
Парацетамол, 1,0 %	62	74
Парацетамол (таблетка), 1,0 %	76	86
Парацетамол, 0,1 % + салициловая кислота, 0,1 %	74	88
Мицеллярная вода	56	62
Тиофан, 0,1 %	70	78
Тиофан, 0,5 %	72	84
Тиофан, 1 %	50	62
HCP_{05}	8	8

Для изучения антиоксидантов используют модельные липидные субстраты различной степени ненасыщенности, поэтому мы взяли для эксперимента семена разной степени зрелости. Семена голозерного ячменя сорта Нудум 95 (табл. 2) в контрольном варианте отличались низкой энергией прорастания и лабораторной всхожестью (по 72 %). Такая ситуация была обусловлена тем, что в связи со сложными метеоусловиями они не успели завершить свое формирование.

Таблица 2. Посевные качества семян голозерного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в зависимости от обработок препаратами

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Контроль (дистиллированная вода)	72	72
Салициловая кислота, 0,1 %	76	78
Салициловая кислота, 0,5 %	78	78
Салициловая кислота, 1,0 %	72	76
Парацетамол, 0,1 %	70	70
Парацетамол, 0,5 %	78	82
Парацетамол, 1,0 %	74	78
Парацетамол (таблетка), 1,0 %	82	82
Парацетамол, 0,1 % + Салициловая кислота, 0,1 %	62	64
Мицеллярная вода	84	84
Тиофан, 0,1 %	58	58
Тиофан, 0,5 %	60	62
Тиофан, 1 %	46	47
HCP_{05}	9	9

Достоверное ($HCP_{05} = 9$ %) увеличение энергии прорастания и всхожести отмечено в вариантах с применением 1 % парацетамола в таблетках (+ 10 %) и мицеллярной воды (+ 12 %). Кроме того, положительное влияние на лабораторную всхожесть зафиксировано при использовании парацетамола в концентрации 0,5 %.

Наименьшую энергию прорастания семян наблюдали в случае обработки тиофаном – 46-60 %. Лабораторная всхожесть в этих вариантах уменьшалась на 10-25 %. Существенное снижение энергии прорастания семян до 62 % установлено при использовании смеси парацетамола и салициловой кислоты.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют, что доля влияния препаратов в нашем опыте

достигла 55 %, взаимодействия между культурой и препаратом значительно меньше – 13 %. Возможно, что отзывчивость зерновых культур на обработку антиоксидантами связана с генотипическими особенностями растений, но в нашем эксперименте оценка такого влияния не была рассмотрена. Это может стать целью дальнейших исследований.

Таким образом, влияние концентрации и эффективности биоантиоксиданта на всхожесть семян зерновых культур подчиняется бимодальной («парадоксальной») зависимости, широко обсуждаемой в литературе [12, 13, 14]. На семенах ячменя с низкой всхожестью установлена следующая тенденция: при средних концентрациях биоантиоксиданта (0,5 %) происходит ее промотирование, при больших (1 %) – ингибирование.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве методологической основы для решения вопросов, связанных с подбором биоантиоксидан-

тов, влияющих на ранние этапы роста и развития растений.

Выводы. Всхожесть семян злаковых культур в зависимости от концентрации и эффективности биоантиоксиданта подчиняется сложной бимодальной зависимости. При использовании салициловой кислоты достоверное снижение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян пшеницы с хорошими посевными качествами (лабораторная всхожесть 90 %, энергия прорастания – 80 %) отмечено в варианте с концентрацией 0,1 %, парацетамола – 0,1 и 1,0 %. При средних концентрациях (0,5 %) этих препаратов посевные качества семян ячменя с лабораторной всхожестью 72 % повышались, а при высоких (1 %) ухудшались.

Обработка тиофаном резко снижала посевные качества семян ячменя во всех исследуемых вариантах, на яровой мягкой пшенице их достоверное ухудшение отмечено в вариантах – с концентрацией 0,1 и 0,5 %.

Литература.

1. Боме Н.А., Боме А.Я., Белозерова А.А. Устойчивость культурных растений к неблагоприятным факторам среды. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. 232 с.
2. Оценка биологической эффективности нанопрепаратов серебра и висмута для обеззараживания семенного зерна яровой пшеницы перед посевом / В.А. Скрыбин, В.П. Сухарев, Е.А. Орлова, Ю.М. Юхин // *Хлебопродукты*. 2015. № 11. С. 52–53.
3. Эйгес Н.С. Активация фенотипа с помощью ПАБК // *Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных растений*. М.: Наука, 1989. С. 143–153.
4. Батырин Н.Ф. Биологические основы предпосевной обработки семян и зоны ее эффективности // *Сельскохозяйственная биология*. 1980. Т. XV. № 4. С. 504–508.
5. Ларионов Ю.С. Теоретические основы современного семеноводства и семеноведения. Челябинск: ЧГАУ, 2003. 309 с.
6. Орлова Т.Н., Толстикова Т.Г., Сорокина И.В. Фармакокинетика нового фенольного антиоксиданта СО-3 // *Химико-фармацевтический журнал*. 2000. Т. 34. № 9. С. 9–11.
7. Перевозкина М.Г., Гуреева Н.В., Сторожок Н.М. Антиоксидантная активность новых серусодержащих фенолов // *Современные методы исследования в медицине и фармации. Материалы научно-практической конференции посвященной 40-летию образования ЦНИЛ*. Казань. 2002. С. 29–30.
8. Перевозкина М.Г. Тестирование антиоксидантной активности полифункциональных соединений кинетическими методами: монография. Новосибирск: СибАК, 2014. 240 с.
9. Марченко Л.В., Кузнецова Е.А., Белкина Р.И. Агроэкологическая оценка посевных и урожайных свойств семян яровой пшеницы / Л.В. Марченко, Е.А. Кузнецова, Р.И. Белкина. Монография. – Тюмень: Изд. ГАУСЗ, 2014. – 134 с.
10. ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных культур. Сортные и посевные качества. Общие технические условия».
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
12. Александров В.Я. Реактивность клеток и белки. Л.: Наука, 1985. 318 с.
13. Гуревич К.Г. Фармакокинетический анализ бимодальных дозозависимостей // *Клиническая фармакокинетика*. 2004. № 1. С. 34–39.
14. Леонова Е.А. Механизм бимодального изменения всхожести семян в процессе ускоренного старения: автореф. дис. канд. биол. наук. М., 2000. 23 с.

BIOLOGICAL TEST-CONTROL OF ANTIOXIDANTS FOR SEEDS OF CEREALS

M.G. Perevozkina, D.I. Eremin, R.I. Belkina, L.V. Marchenko, V.M. Gubanov, M.V. Gubanov

State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, ul. Respubliki, 7, Tyumen'; 625003, Russian Federation

Abstract. The aim of the investigation was to study the influence of biological antioxidants on seed germinating capacity of spring wheat (*Triticum aestivum*) and hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.) under laboratory conditions. Salicylic acid, paracetamol, and thiophane (stabilizer SO-3) were used as bioantioxidants; distilled water and micellar water were used as controls. Seeds were treated by working fluid with the flow rate of 10 liters of water per 1 ton of seeds. Salicylic acid and paracetamol were dissolved in distilled water, thiophane (it is poorly soluble in water) was dissolved in micellar water (sunflower oil : water – 3: 7). Sodium dodecyl sulfate was used as a surface active agent (surfactant) in the critical micelle concentration (CMC) of 8.3 mol/l. Paracetamol was studied as an active substance and in the form of tablets (auxiliary substances: starch, stearic acid, gelatin). The sowing qualities of seeds were determined: germination energy and laboratory germinating ability. Germinating ability of cereal crops depending on the concentration and effectiveness of bioantioxidant changed in compliance with a complex bimodal dependence. After the treatment by salicylic acid the germination energy and laboratory germinating ability of wheat seeds (laboratory germinating ability was 90 %, germination energy was 80 %) decreased by 4-8 % and 4-14 %, respectively, in comparison with the control variant. The reliable reduction of the values of these indices was noted in the variants with salicylic acid (0.1 %) and paracetamol (0.1 and 1.0 %). Average concentrations (0.5 %) of salicylic acid and paracetamol increased the germinating ability of barley seeds with poor sowing qualities (laboratory germinating ability and germination energy were 72 %), high concentrations (1 %) reduced them. Treatment by thiophane reduced germination energy of wheat seeds by 8-30 %, laboratory germinating ability – by 6-28 %. For barley these decreases were 46-60 % and 8-25 %, respectively.

Keywords: wheat, barley, germination energy, laboratory germinating ability, salicylic acid, paracetamol, bis-[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propyl]sulfide, stabilizer SO-3, thiophane.

Author Details: M.G. Perevozkina, Cand. Sc. (Chem.), research fellow (e-mail: mgperevozkina@mail.ru); D.I. Eremin, D. Sc. (Biol.), prof.; R.I. Belkina, D. Sc. (Agr.), prof.; L.V. Marchenko, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.; V.M. Gubanov, Cand. Sc. (Agr.), senior lecturer; M.V. Gubanov, Cand. Sc. (Agr.).

For citation: Perevozkina M.G., Eremin D.I., Belkina R.I., Marchenko L.V., Gubanov V.M., Gubanov M.V. Biological Test-Control of Antioxidants for Seeds of Cereals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017. Vol. 31. No. 1. Pp. 32-34 (in Russ.).