

ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ВОДНОГО РАСТВОРА ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИРОДНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Дмитрий Семенович Стребков¹, академик РАН
 Михаил Иванович Будник^{2,3}, кандидат биологических наук
 Владимир Юрьевич Душков, кандидат биологических наук
 Людмила Магомедовна Апашева², кандидат биологических наук
 Антон Валерьевич Лобанов^{2,4}, доктор химических наук
 Елена Николаевна Овчаренко², кандидат химических наук
 Валерий Владимирович Турбин³
 Михаил Валентинович Розанцев³
 Александр Михайлович Беляков⁵, доктор сельскохозяйственных наук
 Константин Николаевич Кулик⁵, академик РАН

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

²ФИЦ химической физики имени Н.Н. Семенова Российской академии наук, г. Москва, Россия

³Научно-производственное объединение "Экопероксид водорода", Московская обл., Россия

⁴Московский педагогический государственный университет, г. Москва, Россия

⁵ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия

E-mail: ziraf@mail.ru

Аннотация. Разработана технология (природоподобный способ) получения водного раствора пероксида водорода природной концентрации без использования химических стабилизирующих добавок на основе высокоэнергетического бесконтактного воздействия на дистиллированную воду стримерами высоковольтного электрического разряда. Экспериментальные исследования с экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации проводили на полях Нижнего Поволжья при выращивании мягкой озимой пшеницы сорта Саратовская 90 в период с сентября 2020 по июль 2021 года. Установлено, что предпосевное опрыскивание семян озимой пшеницы и опрыскивание зерновой культуры в поздний период вегетации экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации – высокоэффективный агротехнический прием повышения урожайности.

Ключевые слова: природоподобная технология, пероксид водорода, биологическая активность, озимая пшеница, повышение урожайности.

INCREASING THE YIELD OF WINTER WHEAT WITH THE HELP OF ECOLOGICALLY PURE HYDROGEN PEROXIDE AQUEOUS SOLUTION OF NATURAL CONCENTRATION

D.S. Strebkov¹, Academician of the RAS
 M.I. Budnik^{2,3}, PhD in Biological Sciences
 V.Yu. Dushkov, PhD in Biological Sciences
 L.M. Apasheva², PhD in Biological Sciences
 A.V. Lobanov^{2,4}, Grand PhD in Chemical Sciences
 E.N. Ovcharenko², PhD in Chemical Sciences
 V.V. Turbin³
 M.V. Rozancev³
 A.M. Belyakov⁵, Grand PhD in Agricultural Sciences
 K.N. Kulik⁵, Academician of the RAS

¹Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russia

²N.N. Semenov Federal Research Centre for Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Scientific and Production Association "Ecoperoxide of Hydrogen", Moscow region, Russia

⁴Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

⁵Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

E-mail: ziraf@mail.ru

Abstract. A nature-like technology has been developed for obtaining ecologically pure hydrogen peroxide aqueous solution of natural concentration without the use of chemical stabilizing additives. A nature-like method and device were created, which were implemented with high-energy non-contact impact on distilled water by high-voltage electric discharge streamers. Experimental studies with ecologically pure hydrogen peroxide aqueous solution of natural concentration were carried out in the fields of the Lower Volga region when growing soft winter wheat of the Saratovskaya 90 from 09.2020 to 07.2021. It has been found that pre-sowing spraying of winter wheat seeds and spraying of grain crops in the late vegetation period with ecologically pure hydrogen peroxide aqueous solution of natural concentration is a highly effective agricultural technique to significantly increase the yield of winter wheat.

Keywords: nature-like technology, hydrogen peroxide, biological activity, winter wheat, yield increase

Пероксид водорода – уникальное низкомолекулярное соединение, играющее существенную роль в жизнедеятельности растений. Г.Г. Комиссаров в результате многолетних исследований в области фотобионики пришел к однозначному выводу о том, что в природе нет чистой воды, в ней всегда присутствует пероксид водорода. [2]

Еще в конце XIX века было обнаружено, что концентрация пероксида водорода в Московском регионе России с 1874 по 1894 годы составила в дождевой воде 0,4...1,0 мг/л (11,8...29,4 мкмоль/л), при этом верхняя граница соответствовала концентрации в грозном дожде. [3]

Для сравнения в морском дожде в районе Западной Атлантики установлено колебание концентрации пероксида водорода от 84×10^{-7} до 206×10^{-7} моль/л (8,4...20,6 мкмоль/л), а в районе Мексиканского залива – 114×10^{-7} ... 820×10^{-7} моль/л (11,4...82,0 мкмоль/л) при среднем ее значении соответственно 127×10^{-7} и 402×10^{-7} моль/л (12,7 и 40,2 мкмоль/л), что приближается к параметрам дождевой воды в Московском регионе России. [6]

На один-два порядка меньше концентрация пероксида водорода в поверхностной пресной и морской воде по сравнению с дождевой. [4,7]

Ежегодно с осадками на Землю попадает 2×10^{11} молей пероксида водорода, то есть около 10^7 т. Основной его источник – образование в атмосфере H_2O_2 . [1]

Отсутствие технологии производства экологически чистого пероксида водорода природной концентрации сдерживает его применение в растениеводстве.

Для получения пероксида (перекись) водорода используют электрохимический метод через надсерную кислоту и органический жидкофазного окисления изопропилового спирта согласно ГОСТ 177-88 “Водорода перекись. Технические условия”. Высококонтентрированный раствор H_2O_2 содержит токсические стабилизаторы (серная кислота, мышьяк и другие), добавляемые для замедления разложения пероксида водорода, которые не позволяют использовать его в растениеводстве.

Цель работы – установить действие экологически чистого водного раствора пероксида водорода (экопероксид) природной концентрации на урожайность озимой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработана технология (природоподобный способ) получения водного раствора пероксида водорода природной концентрации без использования химических стабилизирующих добавок на основе высокоэнергетического бесконтактного воздействия на дистиллированную воду стримерами высоковольтного электрического разряда. [5]

Действие экопероксида изучали на мягкой озимой пшенице сорта *Саратовская 90*. Исследования проводили в Нижнем Поволжье (Саратовская обл.) на темно-каштановых почвах с сентября 2020 года по июль 2021.

Было выделено три группы семян по 1000 кг. Семена первой группы (контроль) предварительно обрабатывали 20 л местной природной воды, второй и третьей – 20 л экопероксида с концентрацией

5 мкмоль/л (экопероксид-5) и 50 мкмоль/л (экопероксид-50) соответственно.

После тщательного перемешивания семена засыпали в мешки и выдерживали 12 ч в тени, затем высевали. Общая площадь посева – 15 га, ширина прохода между группами – 0,7...1,0 м.

В поздний вегетационный период проводили однократную обработку раствором экопероксида-5 с помощью самоходного штангового опрыскивателя “Туман-3” половины каждого из трех участков, то есть по 2,5 га в первой, второй и третьей группах соответственно.

Средние арифметические значения показателей и стандартную ошибку средней рассчитывали в компьютерной программе Microsoft Office Excel. Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В опытных группах всходы появились на два-три дня раньше по сравнению с контрольной.

Количественную оценку озимой пшеницы *Саратовская 90* проводили в фазе трубкования (табл. 1).

Провели статистический анализ семи снопов, каждый из которых состоял из пяти растений. Высота и масса корня в контрольной и двух опытных группах не различались.

Наибольшие значения показателей пшеницы получены при использовании экопероксида с концентрацией 5 мкмоль/л.

Во всех группах при опрыскивании растений раствором экопероксида-5 в поздний вегетационный период наблюдали тенденцию к наиболее высокому уровню сухой массы надземной части снопа, при этом происходило последовательное увеличение

Таблица 1.
Характеристика озимой пшеницы *Саратовская 90* в фазе трубкования при обработке семян местной природной водой, растворами экопероксида-5 и экопероксида-50

Показатель	Вода	Экопероксид-5	Экопероксид-50
Высота снопа, см	48,7±1,6	52,3±1,2	53,6±0,9*
Сырая масса, г			
снопа	23,6±2,7	37,9±2,7**	35,0±2,2**
надземной части	20,3±2,4	33,7±2,5**	30,9±1,9**
Сухая масса надземной части, г	9,2±1,0	15,7±2,6*	12,8±1,0*

Примечание. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ по сравнению с первой контрольной группой (Вода) (то же в табл. 2,3).

Таблица 2.
Сухая масса надземной части снопа озимой пшеницы *Саратовская 90* в фазе молочно-восковой спелости с опрыскиванием экопероксидом-5 и без него в поздний вегетационный период

Показатель	Вода	Экопероксид-5	Экопероксид-50
Сухая масса надземной части снопа, г			
с опрыскиванием	12,7±1,3	14,7±1,3	19,3±1,8**
без опрыскивания	12,4±1,7	12,4±1,2	16,3±1,7
Разница в сухой массе надземной части снопа, г	0,3	2,3	3,0

Таблица 3.

Урожайность и содержание зерна в снопе по массе озимой пшеницы Саратовская 90 с опрыскиванием экопероксидом-5 и без него в поздний вегетационный период

Показатель		Вода	Экопероксид-5	Экопероксид-50
Урожайность, ц/га	с опрыскиванием	21,0±1,7	28,9±4,5	32,0±2,7**
	без опрыскивания	16,0±0,9	20,3±1,0**	26,9±2,7**
P		<0,05	<0,1	-
Содержание зерна в снопе по массе, %	с опрыскиванием	30,7±2,7	31,4±2,7	37,8±3,3
	без опрыскивания	19,9±1,4	23,3±0,7*	29,4±1,5***
P		<0,01	<0,05	<0,05

Примечание. *** p<0,001.

значений от контрольной группы к третьей опытной (табл. 2). Наибольшая сухая масса надземной части снопа была в третьей группе с опрыскиванием растений экопероксидом-50 в поздний вегетационный период.

На одном растении озимой пшеницы в третьей опытной группе (экопероксид-50) с опрыскиванием раствором экопероксида-5 в поздний вегетационный период образовалось на один-два колоса больше, чем в остальных группах.

Урожайность определяли по семи снопам, каждый из которых собирали с 0,25 м².

Наиболее высокие урожайность и процентное содержание зерна в снопе по массе в третьей опытной группе, где семена перед посевом обрабатывали экопероксидом-50 и однократно опрыскивали растения экопероксидом-5 в поздний вегетационный период (табл. 3).

Сравнение урожайности третьей опытной группы с опрыскиванием с первой контрольной группой с опрыскиванием и без него в поздний вегетационный период показало, что в первом случае ее повышение составило 152 (32,0x100%/21,0), во втором – 200% (32,0x100%/16,0).

Содержание зерна в снопе по массе в третьей опытной группе с опрыскиванием на 123 (37,8x100%/30,7) и 190% (37,8x100%/19,9) выше по сравнению с первой контрольной группой с опрыскиванием и без него соответственно.

Только одно предпосевное опрыскивание семян зерновых культур экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации без опрыскивания растений в поздний вегетационный период привело к существенному достоверному повышению урожайности до 127% (20,3x100%/16,0) во второй (экопероксид-5), 168% (26,9x100%/16,0) в третьей (экопероксид-50) опытных группах по сравнению с первой контрольной (Вода) и содержания зерна в снопе по массе до 117% (23,3x100%/19,9) во второй опытной группе, 148% (29,4x100%/19,9) в третьей по сравнению с первой контрольной соответственно.

Одно опрыскивание зерновых культур в поздний вегетационный период экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации без предпосевого опрыскивания семян зерновых культур привело к существенному достоверному повышению урожайности до 131% (21,0x100%/16,0) и содержания зерна в снопе по массе до 154% (30,7x100%/19,9) в первой контрольной группе с опрыскиванием по сравнению с первой контрольной группой без опрыскивания.

Средняя урожайность озимой пшеницы в Саратовской области по данным пресс-службы регионального Министерства сельского хозяйства (10.08.2021) – 17,7 ц/га. Урожайность в третьей (экопероксид-50) опытной группе выше на 81% (32,0 ц/га).

Таким образом, предпосевное опрыскивание семян озимой пшеницы и опрыскивание зерновой культуры в поздний период вегетации экологически чистым водным раствором пероксида водорода природной концентрации – высокоэффективный агротехнический прием по существенному повышению урожайности.

Дальнейшие исследования в этом направлении и распространение данной биотехнологии на другие сельскохозяйственные культуры будут иметь большое значение при решении задач, поставленных в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента России от 21 января 2020 года, в частности, для «обеспечения населения качественной и безопасной пищевой продукцией», а также в рамках реализации Федеральной научно-технической программы (ФНТП) развития сельского хозяйства, которая продлена до 2030 года.

Экологически чистый водный раствор пероксида водорода может быть применен как в мелких хозяйствах (фермерские, приусадебные участки, садово-огородные товарищества), так и крупных сельскохозяйственных предприятиях, специализирующихся на выращивании различных сельскохозяйственных культур, в том числе с использованием теплиц, технологий аэро- и гидропоники, капиллярного полива, в районах с высокой солнечной радиацией, коротким световым днем и за полярным кругом, в нежилых подземных помещениях и специальных фортификационных сооружениях без естественного солнечного освещения, а также в условиях длительной автономной экспедиции.

Применение технологии перспективно также при лесоразведении и восстановлении его после пожаров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Домрачев Г.А., Селивановский Д.А., Стунжас П.А. и др. Эффективность образования пероксида водорода и радикалов воды в природе // Препринт ИПФ РАН № 537. Нижний Новгород, 2000. 35 с.
2. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез: физико-химический подход. М.: Едиториал УРСС, 2003. 224 с.
3. Позин М.Е. Перекись водорода и перекисные соединения. Л., М.: ГХИ, 1951. 475 с.
4. Синельников В.Е., Демина В.И. О происхождении перекиси водорода, содержащейся в воде открытых водоемов // Гидрохимические материалы. 1974. Т. LX. С. 30–40.

5. Стребков Д.С., Будник М.И., Апашева Л.М. и др. Получение экологически чистых растворов пероксида водорода высокоэнергетическом бесконтактном воздействии на воду и их применение // БФФХ-2020: мат. XV Межд. науч. конф., Севастополь, 14–16 сентября 2020 г. – Севастополь, 2020. С. 191–192.
6. Cooper W.J., Saltzman E.S., Zika R.G. The contribution of rainwater to variability in surface ocean hydrogen peroxide // *Journal of Geophysical Research*. 1987. V. 92. P. 2970–2980. doi: 10/1029/JC092iC03p02970.
7. Van Baalen C., Marler J.E. Occurrence of Hydrogen Peroxide in Sea Water // *Nature*. 1966. V. 211. P. 951. doi: 10.1038/211951a0.
2. Komissarov G.G. Fotosintez: fiziko-himicheskij podhod. M.: Editorial URSS, 2003. 224 s.
3. Pozin M.E. Perekis' vodoroda i perekisnye soedineniya. L., M.: GHI, 1951. 475 s.
4. Sinel'nikov V.E., Demina V.I. O proiskhozhdenii perekisi vodoroda, sodержashchejsya v vode otkrytyh vodoemov // *Gidrohimicheskie materialy*. 1974. T. LX. S. 30–40.
5. Strebkov D.S., Budnik M.I., Apasheva L.M. i dr. Poluchenie ekologicheski chistykh rastvorov peroksida vodoroda vysokoenergeticheskom beskontaktnom vozdejstvii na vodu i ih primenenie // BFFH-2020: mat. XV Mezhd. nauch. konf., Sevastopol', 14–16 sentyabrya 2020 g. – Sevastopol', 2020. S. 191–192.
6. Cooper W.J., Saltzman E.S., Zika R.G. The contribution of rainwater to variability in surface ocean hydrogen peroxide // *Journal of Geophysical Research*. 1987. V. 92. P. 2970–2980. doi: 10/1029/JC092iC03p02970.
7. Van Baalen C., Marler J.E. Occurrence of Hydrogen Peroxide in Sea Water // *Nature*. 1966. V. 211. P. 951. doi: 10.1038/211951a0.

REFERENCES

1. Domrachev G.A., Selivanovskij D.A., Stunzhas P.A. i dr. Effektivnost' obrazovaniya peroksida vodoroda i radikalov vody v prirode // Preprint IPF RAN № 537. Nizhnij Novgorod, 2000. 35 s.