

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОЗОНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Таран Г.В.¹, Голота В.И.¹, Диндорого В.Г.², Завада Л.М.¹, Кириченко В.В.²,
Петренкова В.П.², Пугач С.Г.¹, Яковлев А.В.¹

¹*Национальная Академия наук Украины Национальный научный центр «Харьковский
физико-технический институт»*

²*Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева Украинской Академии аграрных наук*

В работе представлены результаты испытаний технологии предпосевной обработки семян яровых и озимых зерновых колосовых культур экологически чистой озоновоздушной смесью с целью повышения устойчивости растений к стрессовым агроклиматическим условиям и увеличения урожая. Технология разработана на основе многолетнего проведения производственных испытаний, лабораторных и полевых опытов.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур является стратегически важной проблемой для многих государств, которой уделяется значительное внимание, как в научных исследованиях, так и в производственных условиях. Одним из важных элементов технологического процесса выращивания зерновых культур, который оказывает влияние на повышение урожая и качества продукции растениеводства, является предпосевная обработка семян. В настоящее время предпосевная обработка семян осуществляется преимущественно химическими способами [1]. Но вместе с достижением положительных результатов, использование химических способов защиты растений имеет ряд отрицательных последствий, среди которых загрязнение окружающей среды, накопление опасных химических веществ, как в почве, так и в продукции растениеводства, трудоемкость при выполнении работ.

Анализируя различные альтернативные разработки технологий предпосевной обработки семян [2], можно сделать вывод, что озоновые технологии являются наиболее привлекательными для этой цели. Это обусловлено тем, что озон проявляет комплексное действие на семена, как активирующий и дезодорирующий агент, а технологии применения озона достаточно просты и экологически безопасны. Механизм действия озона на семена заключается в интенсификации обмена веществ во время прорастания и активации биохимических процессов в зародыше под действием атомарного кислорода, который является продуктом распада озона.

Следует отметить, что исследования, которые были проведены Electric Power Research Institute (EPRI, USA) по заказу U. S. Food and Drug Administration (FDA) установили, что при обработке озоном пищевых продуктов, в них не образуется никаких веществ, которые имеют мутагенные или канцерогенные свойства. Поэтому FDA сертифицировало озон как дезинфектант и saniрующее вещество, (disinfectant and sanitizer) для использования без каких-либо ограничений в пищевой промышленности США. Следовательно, **озон получил статус “Generally Recognized as Safe” (GRAS)**, что открывает широкие горизонты для использования газовой смеси, содержащей озон, в сельскохозяйственном производстве и, в частности, для предпосевной обработки семян зерновых культур [3].

На протяжении 10 лет Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева УААН совместно с Национальным научным центром “Харьковский физико-технический институт” разрабатывают новую перспективную технологию предпосевной обработки семян с помощью экологически чистой озоновоздушной смеси [4].

1. Лабораторные опыты

На первоначальном этапе исследований были проведены лабораторные опыты по определению энергии прорастания и всхожести семян различных зерновых культур при воздействии озоновоздушной смеси с разной концентрацией озона и различной дозой воздействия. В качестве контроля были взяты семена без какой-либо обработки, а в качестве эталона – обработанные фунгицидом Витавакс 200 ФФ с производственной нормой (2,5 л/т). Результаты лабораторных исследований энергии прорастания и лабораторной всхожести, проведенные в 2002 году, семян различных озимых зерновых культур и сравнение с контрольными вариантами даны в таблице 1.

Таблица 1. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть сортов озимых культур - начальная и после обработки (O_3 - 1 г/м³, 30 мин.)

№ п/п	Сорт	Категория	Энергия прорастания, %		Лабораторная всхожесть, %	
			начальная	после обработки O_3	начальная	после обработки O_3
1.	Харус	суперэлита	95,0	96,0	98,0	98,0
2.	Харьковская 105		87,0	90,0	92,0	93,0
3.	Тур		88,0	90,0	92,0	93,0
4.	Гарнэ		89,0	90,0	93,0	93,0

Во всех вариантах опыта энергия прорастания увеличивалась на 1-3 %.

2. Полевые опыты

Одновременно с лабораторными исследованиями были заложены полевые опыты на тех же зерновых культурах (озимые пшеницы Харьковская 105, Харус, Тур; озимое тритикале Гарнэ). Полные всходы озимых культур были отмечены 9 октября 2002 г. На рис. 1 приведены оригинальные снимки посевов озимой пшеницы Харьковская 105 состоянием на 22 октября 2002 года.



Рис. 1. Общий вид полевых опытов. Всходы после обработки семян озонозвоздушной смесью и Витаваксом 200 ФФ.

Визуально четко видно лучшие варианты № 6 и № 7. В варианте № 6 высеваны семена, обработанные озонозвоздушной смесью с концентрацией озона 1 г/м^3 при экспозиции 30 мин., а в варианте № 7 - той же дозой озона и обработкой $\frac{1}{2}$ нормы фунгицида. В варианте № 8 - обработка проведена фунгицидом Витавакс 200 ФФ по существующей в производстве технологии, что и было взято за эталон.

На примере ячменя ярового сорта Звершения (полевые опыты, 2000-2003 г.г.) представлено сравнение урожая из семян, обработанных различными методами (обычное протравливание - производственная технология, озонная технология и контроль – без обработки) - таблица 2.

Таблица 2. Влияние различных методов предпосевной обработки семян на урожай зерна ячменя ярового сорта Звершения (полевые опыты, ИР им. В.Я. Юрьева, 2000-2003 г.г.)

Варианты	Урожай т/га				Средний т/га	± к контролю	
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.		т/га	%
Контроль (без обработки)	2,59	2,27	3,23	3,49	2,9	±0	±0
Эталон (Витакавс200ФФ)	2,62	2,55	3,23	3,64	3,01	+0,11	+3,8
Озон	3,36	2,60	3,60	4,02	3,40	+0,5	+17,2

$$HCP_{0,05} = 0,26$$

Контроль за состоянием посевов показал, что после предпосевной обработки семян зерновых культур озоновоздушной смесью наблюдается стабильный эффект активизации всходов и дальнейшее ускорение развития растений, по сравнению с другими методами предпосевной обработки. На всех фазах вегетации (прорастание, развитие всходов, кущение, выход в трубку, колошение) растения, семена которых были обработаны озоном, имели существенные преимущества над вариантами, в которых семена протравлены фунгицидом.

Многолетние испытания показали, что предпосевная обработка семян озоновоздушной смесью оказывает содействие существенному увеличению урожая (на 15-20 %).

3. Производственные испытания

В период 2000-2004 г.г. проведены производственные испытания озоновой предпосевной обработки семян зерновых культур в нескольких сельскохозяйственных предприятиях Харьковской области. В производственных условиях озоновую предпосевную обработку семян осуществляли в буртах, закромах, бункерах непосредственно на месте его хранения, за 5-15 суток перед высевом.

Сравнение результатов апробирования предпосевной обработки семян различными методами (обычное протравливание - производственная технология, озоновая технология и комбинированная технология), тритикале озимого сорта Амфидиплоид 52 (производственные испытания, урожай 2004 г.) - таблица 3 и пшеницы яровой твердой сорта Харьковская 27 (производственные испытания, урожай 2004 г.) - таблица 4.

Таблица 3. Производственные испытания озоновой технологии предпосевной обработки семян озимого тритикале сорта Амфидиплоид 52, суперэлита (ОАО "Новопокровка", Чугуевского района, Харьковской области, 2004 г.)

№ п/п	Варианты предпосевной обработки	Площадь, га	Валовой сбор, т	Урожай		Дополнительная прибыль, USD*	
				т/га	%	со всей площади	с 1 га
1.	«Гранивит» норма (эталон)	8,5	28,48	3,35 **	100	0	0
2.	Озон	8,5	48,2	5,67	169	5808,8	683,4

*) Стоимость 1 т семян элиты тритикале озимого составляет 300 USD.

**) При высеве в сухую почву, без выпадения осадков длительный период, в варианте обычного протравливания была низкая полевая всхожесть. Всходы появились через 25-30 суток.

В период вегетации, созревания и уборки урожая, при проведении производственных испытаний озоновой предпосевной обработки семян, проводили постоянный контроль за состоянием посевов, развитием растений и структурой урожая озимого тритикале.

На рис. 2 представлены фотографии всходов (рис. 2а – осень 2003 г.) и посевов (рис. 2б – лето 2004 г.). Фотографирование произведено из одной и той же позиции.



Рис. 2. Фотографии всходов и посевов озимого тритикале.

На фотографиях, представленных на рис. 2 можно видеть, что всходы (2а) с семян, которые перед посевом обработаны озонозооной смесью, менее разреженные. На фотографии посевов (рис. 2б), которая была сделанная перед уборкой урожая, можно видеть, что на контрольном участке видно васильки, а на участке, где семена озимого тритикале были обработаны озонозооной смесью, видно более густой и равномерный стеблестой.

Таблица 4. Производственные испытания озоновой технологии предпосевной обработки семян пшеницы яровой сорта Харьковская 27 (ГП ОХ "Элитное" ИР им. В.Я. Юрьева, 2004 г.)

№ п/п	Варианты предпосевной обработки	Валовой сбор, т	Урожай зерна, т/га	Разница в урожае		Затраты на обработку семян, USD	Стоимость урожая USD	Дополнительная прибыль, USD*)	
				т/га	% к эталону			к эталону	на 1 га
1.	«Витавакс-200ФФ» норма (эталон)	8,3	2,36	0,0	0	53	3210,4	0	0
2.	Озон	9,2	2,63	0,27	11,4	3	3558,5	398	113,8
3.	Озон + ½ нормы «Витавакс-200ФФ»	9,3	2,66	0,30	12,7	30	3567,7	410	117,2

*) Стоимость 1 т семян элиты пшеницы твердой яровой сорта Харьковская 27 составляет 390 USD.

Из приведенных в таблицах данных видно, что предпосевная обработка семян озонородушной смесью оказывает содействие существенному увеличению урожая. При этом следует отметить, что озонородушную смесь получают непосредственно на месте обработки с энергозатратами около 5 кВт*час на тонну обрабатываемых семян. Для варианта протравливания семян фунгицидом (эталон) необходимые затраты препарата составляют 2,5-3,0 кг на тонну семян (1 кг фунгицида стоит 15-25 долларов США, без учета затрат на обработку). Таким образом, следует отметить, что кроме снижения экологической нагрузки на окружающую среду, озонородушная технология предпосевной обработки семян имеет значительные экономические преимущества по сравнению с традиционными технологиями предпосевной обработки семян, более проста в применении и дает возможность получать экологически чистую продукцию.

5. Совместимость с протравителями

Исследована совместимость озонородушной обработки с химическими способами защиты семян. Определены оптимальные режимы комбинированной (озон-фунгицид) технологии предпосевной обработки семян. Так вариант оптимальной озонородушной обработки с последующим протравливанием сниженной нормой (0,5) фунгицида дал максимальную прибавку урожая (см. таблицу 4). Это в особенности важно в связи с тем, что протравливание семян фунгицидом является профилактическим мероприятием против таких опасных возбудителей болезней, как головневые. Таким образом, используя комбинированную озон-фунгицид технологию предпосевной обработки можно значительно снизить норму расхода фунгицида, уменьшить техногенную нагрузку на почву и увеличить урожайность выращиваемых культур.

6. Оборудование для предпосевной обработки семян.

Для широкого внедрения новой озонородушной технологии предпосевной обработки семян необходимо, с одной стороны, разработать методологию применения озона и выяснить влияние озонородушной обработки на развитие растений и формирование урожая, а с другой стороны, разработать надежные озонаторные установки, максимально приспособленные для обработки семян в условиях сельскохозяйственного производства.

Основные требования к озонаторным установкам для сельского хозяйства следующие:

- стабильная генерация больших объемов озонородушной смеси с концентрацией озона, оптимальной для проведения предпосевной обработки семян зерновых культур;

- преимущественно синтез озона осуществлять из атмосферного воздуха (без использования системы подготовки воздуха и обогащения воздуха кислородом);
- желательно использовать воздушное охлаждение для реакторов синтеза озона;
- озонатор должен иметь высокую надежность и простоту в обслуживании и эксплуатации.

Анализ озонаторного оборудования (DBD-озонаторы, UW-озонаторы и т.д.) показал, что наиболее полно удовлетворяют этим требованиям безбарьерные озонаторы. Такие озонаторы могут надежно работать на атмосферном воздухе, имея при этом высокую эффективность синтеза озона. Отсутствие диэлектрического барьера между электродами и большой, до 15 мм, межэлектродный промежуток, позволяют надежно эксплуатировать такие озонаторы в условиях сельского хозяйства.

На основе многолетнего опыта исследований в области физики газового разряда, были разработаны безбарьерные озонаторные установки на тлеющем разряде высокого давления производительностью 5, 25, 100 и 300 г озона в час. В качестве примера безбарьерных озонаторов, специально разработанных для использования в сельском хозяйстве с целью предпосевной обработки семян зерновых культур, можно привести озонаторы серии «OZONE-AGRO», созданные в Национальном научном центре «Харьковский физико-технический институт», с использованием новейших достижений в области низкотемпературной неравновесной плазмохимии. Озонаторы «OZONE-AGRO» защищены патентами Украины и США [5]. С использованием этих озонаторов был проведенный цикл исследований по разработке озонной технологии предпосевной обработки семян. На рисунке 3 представлена одна из моделей озонатора серии «OZONE-AGRO», предназначенного для использования в сельском хозяйстве.



Рис. 3. Озонаторная установка «OZONE-AGRO 50».

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ «OZONE-AGRO 50»

Производительность по озону, г/час	- 0÷50
Рабочий газ	- воздух
Расход рабочего газа, м ³ /час	- 15÷150
Потребляемая мощность, не более, Вт	- 1300
Габариты, мм	1090x440x390
Вес, кг	~ 45

Таким образом предпосевная обработка семян зерновых культур озоновоздушной смесью может проводиться в сельскохозяйственных предприятиях при правильном выполнении всех агротехнических приемов. К предпосевной обработке озоновоздушной смесью без последующей обработки фунгицидом допускаются кондиционные семена, в которых по данным актов апробации сортовых посевов и фитоэкспертизы семян отсутствуют возбудители болезней и которые предназначены для высева по рекомендованным предшественникам. При соблюдении всех технологических приемов и требований предпосевная обработка семян озоновоздушной смесью обеспечивает прирост урожая не менее чем 10-15 %.

По материалам лабораторных и полевых опытов, а также производственных испытаний разработано и утверждено методические рекомендации по использованию технологии передпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур озоновоздушной смесью. Разработка научно обоснованных методических рекомендаций открывает широкие возможности для внедрения технологии озоновой предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур в Украине.

Работы выполнены при поддержке Украинского научно-технического центра (проекты УНТЦ 2144 и Uzb55j).

Литература

1. Справочник по защите растений. Киев, "Урожай."- 1999. -743 с.
2. Сб. Теория и практика предпосевной обработки семян. К.: Южное отделение ВАСХНИЛ,1984. - 133 с.
3. Ozone Gets OK For Use in U.S. Food Industry //EPRI Journal - Vol.22, N 4, 1997.
4. Диндорого В., Кириченко В., Петренко В., Голота В., Сухомлин Е., Завада Л., Пугач С. //Зерно и хлеб. №3. 2004. С. 40-41.
5. United States Patent #6544486 B2. Ozone Generator. Golota V., Yegorov O., Mykhaylov V., Mukhin V., Taran G., Shilo S. April 8, 2003.