

3. Аналитическое определение названных параметров для спиртосодержащих топлив, в том числе топлив с добавками метанола, является еще более проблематичной задачей.

4. Для топлив, содержащих 0,05 – 0,15% присадки, улучшающей воспламеняемость, точность определения цетанового числа и периода задержки воспламенения не превышает 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Seromak, D.P., Henein, N.A. Cucle-to-cucle variation with low ignition quality fuels a CFR diesel engine //SAE 790924, 1979.

2. Becker, Klaus. Ein Beitrag zur Cetanzahlmessung an Kohlenwasserstoffen aus dem Benzinbereich. – MTZ, 1976. – 37, № 5. – P. 189-193.

3. Forster, U.I. Der ideal Kraftstoff der Sicht des Tahrzenginieniers. Teil 1. ATZ, 1982, 84. – № 4. – S. 171-175.

4. Culder, O.L. Cetane number estimation of diesel fuels from carbon type structural composition. SAE Tehn. Pap. Ser. – 1984. – 841341. – P. 57-65.

5. Корчагин, В.А. Исследование процесса испарения распыленных топлив различного состава: дисс.... канд. техн. наук/ В.А. Корчагин. – М., 1969. – 224 с.

6. Серегин, Е.П. Влияние состава топлива на его сгорание в быстроходных дизелях/ Е.П. Серегин, В.Т. Бугай, В.М. Россинский //Химия и технология топлив и масел. – М., 1989. – № 3. – С. 22-24.

7. Букреев, Г.А. Совершенствование рабочего процесса высокооборотного дизеля с открытой каме-

рой сгорания при работе на различных топливах: автореф.... дис. канд. техн. наук/ Г.А. Букреев. – Л.: ЦНИДИ, 1984. – 20 с.

8. Murphy, M.I. An improved cetane number prediction for alternative fuels. – SAE Techn. Pap. Ser., 1983, 831746. – P. 1-11.

9. An improved cetane number prediction for alternative fuels. SAE Tehn. Pap. Ser., № 831746, 1983.

10. Свиридов, Ю.Б. Смесеобразование и сгорание в дизелях/ Ю.Б. Свиридов. – Л.: Машиностроение, 1972. – 224 с.

11. Азев, В.С. лабораторный метод определения цетанового числа дизельного топлива/ В.С. Азев [и др.] //Химия и технология топлив и масел. – 1978. – №1. – С. – 42-44.

12. ASTM Standard Methods for calculated cetane index of distillate fuels //Annual Book of ASTM Standards, 1980.

13. Olson, D.R., Meckel, N.T., Quillian, R.D. The operation of compression ignition engines on wide boiling range fuels. SAE Transactions, vol. 61, 1961. – P. 551-582.

14. Hardenberg, H.O. Thermodynamische Betrachtungen zum Mercedes-Benz Methanol-Gasmotor-Konzopt. //Automob. - Ind. – 1983. – № 3. – P. 297-301.

15. Mohamed, N. Saled, Nalim A. Henein. Ignition delay correlations for neat ethanol and ethanol-DF2 blends in a DI diesel engine. – SAE Tehn. Pap. Ser., № 841343, 1984. – P. 113-128.

УДК 636.085.62

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.11.2007

ЭЛЕКТРОННО-ИОННЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПЛЮЩЕНОГО ЗЕРНА ЖИДКИМИ РЕАГЕНТАМИ

А.В. Кузьмицкий, докт. техн. наук, доцент (УО БГАТУ), Д.В. Воробьев, аспирант (УО БГСХА)

Аннотация

Приведены данные лабораторных исследований, подтверждающие эффективность применения электронно-ионного способа для нанесения капель распыленного консерванта на плющенное зерно при его закладке на хранение. Доказано, что заряженные капли консерванта обладают большим смачивающим эффектом и большей проникающей способностью, чем не заряженные, что обеспечивает более высокую производительность и исключает потери консерванта при внесении.

Введение

В республике ежегодно убирается свыше четырех миллионов тонн зерна на фуражные цели. Более половины выращенного урожая убирается влажным, что требует значительных энергозатрат на его сушку для последующего хранения. Поиск более простых и дешевых приемов сохранения кормового зерна, которое можно скармливать животным непосредственно во влажном состоянии, является важной и актуальной проблемой для АПК Республики Беларусь.

В настоящее время все большее распространение получает технология консервирования плющеного зерна ранних стадий спелости. Это сравнительно новый, более перспективный способ заготовки фуража. Кроме того, плющение позволяет повысить поедаемость и переваримость зерна. При этом часть сырого протеина и аминокислот преобразовывается в более простые соединения, что улучшает усвоение белка и других питательных веществ.

Обеспечение нормативных сроков хранения плющеного зерна напрямую зависит от качества внесения консерванта. Внесение жидких реагентов

является задачей комплексной. Её решение зависит от множества факторов: способа внесения, степени взаимодействия реагента с обрабатываемым материалом, его равномерного объемного распределения и других. В данной статье приведены результаты лабораторных исследований процесса обработки плющеного зерна распылённым потоком жидкого реагента в электрическом поле коронного разряда.

Электронно-ионная технология – область электротехнологии, изучающая использование электрических полей для обработки материалов и создания в них направленных изменений. Для практического применения электронно-ионной технологии необходимо участие трёх основных факторов: электрического поля достаточной напряжённости, наличия электрических зарядов и обрабатываемого материала. При этом наличие электрических зарядов и электрического поля, взаимодействующих с материалом, способствует достижению требуемого эффекта (равномерной обработки, разделению на фракции, смешиванию, осаждению и др.).

Известны работы по применению электронно-ионной технологии для сепарации, разделения, улучшения посевных качеств зерна в коронарных электрических полях и электромагнитных излучениях, в процессах осаждения, нанесения электростатически заряженных порошков и жидких химикатов на растения [1, 2]. В работах В.Б. Лапшина, А.А. Палей и др. доказаны преимущества контактных свойств электростатически заряженных аэрозолей по степени покрытия и проникновения в обрабатываемый материал [3, 4, 5, 6].

Основная часть

Механизм действия электронно-ионного способа основан, в частности, на том, что зряженные капли обладают большим смачивающим эффектом. Это объясняется тем, что при наличии на капле жидкости электростатического заряда q на её поверхности создается электрическое поле

$$E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\rho^2}, \quad (1)$$

где E_0 – напряженность электрического поля, В/м;
 q – электрический заряд, Кл;
 ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м;
 ρ – радиус кривизны поверхности капли, м.

Значение энергии электростатического поля заряда, распределённого по сфере, ограничивающей шаровый объём V , может быть выражено формулой:

$$W_0 = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2} V, \quad (2)$$

где W_0 – энергия электростатического поля, Дж;
 V – объём, м³.

После заполнения объёма V жидкостью (получим каплю) с диэлектрической проницаемостью ϵ отличной от 1, значение энергии электростатического поля изменилось в ϵ раз и стало равным:

$$W_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 E_0^2}{2} V, \quad (3)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды (для вакуума $\epsilon = 1$).

При этом разность энергий электрического поля заряда без жидкости и с её наличием в объёме V есть выражение работы, которую может совершать электрическое поле заряда

$$R_q = W_0 - W_1 = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2} (1 - \epsilon) V. \quad (4)$$

Подставив в полученное выражение (4) значение напряженности электрического поля (1), получим:

$$R_q = \frac{\epsilon_0 q^2}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \rho^4} (1 - \epsilon) V. \quad (5)$$

Выражение в формуле (5) перед V запишем в виде:

$$P_q = \frac{\epsilon_0 q^2}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \rho^4} (1 - \epsilon), \quad (6)$$

где P_q – так называемое электростатическое давление, Па.

Таким образом, наличие на капле электростатического заряда рассматривают как дополнительное давление, значение которого определено представленной зависимостью (6).

Действие этого давления обычно рассматривается как уменьшение стягивающих каплю сил поверхностного натяжения. Избыточное давление жидкости внутри капли, обусловленное поверхностным натяжением, равно:

$$\Delta P = \frac{2\alpha}{\rho}, \quad (7)$$

где ΔP – избыточное давление внутри капли, Па;
 α – коэффициент поверхностного натяжения.

Таким образом, наличие заряда q уменьшает давление внутри капли. При контакте капли с поверхностью обрабатываемого материала силы поверхностного натяжения уменьшены, и капля способна покрыть большую площадь. Растворённые в заряженной капле минеральные вещества образуют большую поверхностную концентрацию на частицах обрабатываемого материала.

Для исследования эффекта осаждения заряженных капель жидкого реагента на обрабатываемый материал была разработана и сконструирована лабораторная установка (рис. 1). Высоковольтный импульсный генератор, выполненный по принципиальной электрической схеме электроионатора «ELION» – 132С, наводящий на коронарных заостренных электродах напряжение до 35кВ, использовался в качестве источника эмиссионных электронов. Которые, в свою очередь, взаимодействуя с молекулами воздуха и каплями распыляемого реагента, заряжают их переизбыточным отрицательным зарядом (рис. 2).

Для доказательства наличия эффекта более интенсивного осаждения аэрозоли на плющеное зерно в электрическом поле коронного разряда и потоке эмиссионных электронов была использована методика определения объёмной концентрации радиоактивных атомов. В качестве вещества индикатора был выбран хлористый калий KCl. Природный калий состоит из смеси трёх изотопов: K^{39} , K^{41} , K^{40} – по-



Рисунок 1. Лабораторная установка для исследования процесса электронно-ионного нанесения жидких реагентов на плющенное зерно: 1 – высоковольтный импульсный генератор; 2 – воздушный канал с коронной заострённых электродов; 3 – размещение распылителя в воздушном канале; 4 – корпус озонатора; 5 – проточный вентилятор; 6 – герметичная ёмкость с жидким реагентом.

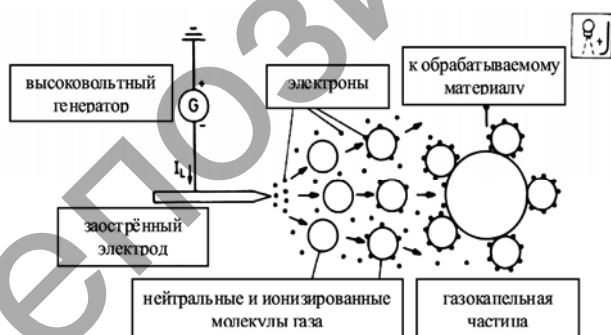


Рисунок 2. Схема процесса образования заряженных газодисперсионных частиц.

следний является радиоактивным с большим периодом полураспада. В любой естественной смеси калия на долю радиоактивного приходится постоянный

0,0119% содержания. Хлор в естественном виде радиоактивных изотопов не имеет.

В качестве обрабатываемого материала использовалось плющенное зерно овса (рис. 3). Зерно помещалось и равномерно распределялось по сетчатому диэлектрическому основанию радиусом 20см с шагом ячейки 5мм в три яруса. Расстояние между слоями устанавливалось 8мм. Задача этих операций – смоделировать распределение частиц обрабатываемого материала в зоне внесения жидкого реагента, подобно распределению частиц при реальном производственном процессе в некотором взвешенном состоянии.

Распылитель с выходным отверстием сопла диаметром 2мм располагался на расстоянии 160 мм от верхнего слоя обрабатываемого зерна, так чтобы конус распыла покрывал только область обрабатываемого материала.

Вещество-метка (хлористый калий) растворялось в дистиллированной воде из расчёта 79г вещества на 1л воды, тогда количество распадов атомов радиоактивного калия будет 1000 распадов за 1с на 1л или в единицах удельной активности – 1000 Бк/л. Так как количество радиоактивного калия пропорционально количеству калия всей смеси, то для сравнительного анализа достаточно определения только доли радиоактивных атомов. Обработанное зерно подвергалось радиометрическому анализу с помощью радиометрической аппаратуры. В исследованиях использовался гамма-бета-спектрометр МКС АТ-1315 НПП «АТОМТЕХ» согласно стандартной методике выполнения измерений (МВИ) МН 1181-99. Навески зерна отбирались по методу объединённой пробы с каждого обработанного слоя в отдельности для экспериментальной и контрольной группы по 10 образцов каждая. Взвешивались на весах ВЛКТ – 500г- М, 4 класса точности по ГОСТ 24104- 80, допускаемых МВИ МН 1181-99. Формировались экспериментальная и контрольная группы образцов для обработки с использованием электронно-ионного эффекта и без него. Масса образцов составляла 10г. Основание с образцами экспериментальной и контрольных групп поочередно помещалось под факел распыляемого реагента, для экспериментальных – с включённым полем коронного разряда, а для контрольных – с выключенным. Время обработки составляло 150с, объём разовой



Рисунок 3. Плющенное зерно овса на трёхъярусном сетчатом основании.

дозы раствора – 500мл, давление впрыска – $1,8 \cdot 10^5$ Па. После обработки сырые образцы подвергались радиометрическому анализу без предварительного высушивания. Экспозиция для каждого образца составляла 600с при 4% статистической ошибке измерения активности калия.

Результаты измерений, средние значения и отклонения экспериментального результата от контрольного представлены в таблице 1. Над полученными экспериментальными и контрольными данными с помощью ЭВМ проведён сравнительный статистический дисперсионный анализ [7], результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 1. Результаты эксперимента по определению содержания радиоактивного калия в плющеном зерне

Варианты	Удельная активность калия, Бк/л								
	Верхний слой			Средний слой			Нижний слой		
Наличие поля	964,7	984,1	948,3	814,5	802	804,1	532,5	557	645,9
Отсутствие поля (контроль)	935,1	914,5	969,4	756,1	775,3	785,4	513,5	520,4	623,3
Среднее значение по вариантам, Бк/л	Отклонения от контроля								
	Бк/л						%		
	770,9						26,6		
	744,3						3,6		

Таблица 2. Результаты расчета дисперсий

Дисперсия	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Fф
Общая	500056,900	19		
Повторностей	492697,195	9		
Вариантов	3539,662	1	3539,662	8,340
Остаточная	3820,132	9	424,459	
Средняя ошибка опыта				6,515
Ошибка разности средних для оценки частных разностей				9,214
(Предельная табличная разность между средними, вычисляется для каждого фактора с использованием таблиц критерия Стьюдента)				2,270
Критерий Стьюдента для 9 степеней свободы				
Наименьшая существенная разность при уровне значимости 0,05				20,915

По представленным результатам видно, что отклонение поверхностной концентрации калия в экспериментальной группе образцов превышает концентрацию калия в контрольной по всем трем слоям. Наименьшая существенная разность (НСР) дисперсионного анализа при уровне значимости 0,05 не превышает значения отклонения от контроля, что доказывает наличие эффекта наилучшего осаждения жидкого реагента на обрабатываемый материал в поле коронного разряда.

Таким образом, электронно-ионная технология имеет перспективные и широкие возможности по обеспечению управляемости процесса консервирования плющеного зерна на молекулярном и субатомном уровне, используя незначительные затраты энергии для существования технологического процесса.

Выводы

Обоснована возможность использования электронно-ионного способа зарядания капель жидкого

реагента для увеличения их осаждения на плющеное зерно. Дано теоретическое обоснование увеличения поверхностного покрытия заряженными каплями частиц обрабатываемого материала.

Проведена лабораторная проверка эффекта осаждения заряженных капель реагента в поле коронного разряда. Эксперименты показали, что процесс осаждения интенсивнее протекает с включённым полем разряда, чем без него.

Предложенная методика определения концентрации реагента с помощью радиоактивных изотопов может использоваться в производственных условиях для определения равномерности обработки плющеного зерна жидкими реагентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басов, А.М. Вопросы электрификации сельского хозяйства: сб. науч. трудов / А.М. Басов/ ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1972. – Вып. 61. – С. 9–90.
2. Lüttgens, G. und P.Böschung: Elektrostatische Aufladungen, Ursachen und Beseitigung. Kontakt und Studium, Band 44. Expert-Verlag, Grafenau, 1980.
3. Moser, E und K.Schmidt: Elektrostatische Tropfenaufladung zur Verbesserung der Wirkstoffanlagerung und Reduzierung der Umweltbelastung im chemischen Pflanzenschutz. VDI/MEG Kolloquium, Heft 4, Mikroelektronik in der Agrartechnik für den Umweltschutz. Tagung 7/8 Mai 1987, S. 139 - 160.
4. Потенье, М.М. Применение сил электрического поля в промышленности и сельском хозяйстве/ М.М. Потенье // Закон зарядки проводящих частиц в поле биполярной короны: сб. науч. статей. – М.: ВНИИЭМ, 1964. – С. 27-42.
5. Палей, А.А. Исследования процессов конденсации паров на электрически заряженных аэрозольных частицах / А.А. Палей, В.Б. Лапшин, Н.В. Жохова, В.В. Москаленко // Электронный научный журнал «Исследовано в России» [Электронный ресурс]. – 2007. – С.263 – 274. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape/relarn.ru/articles/2007/027.pdf>. – Дата доступа: 13.08.2007.
6. Александрова, И.Е. Действие озона на плесень при хранении зерна: сб. науч. трудов/ И.Е. Александрова [и др.]. – Москва: ВНИИС, 1983. – Вып. 103. – С. 35-40.
7. Однофакторный дисперсионный анализ: вычислительная программа: [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. и прог. (208кБ). – Гродно: ГСХИ, 1994. – 1 дискета (3.5").