

DISEASES OF WINTER WHEAT IN APPLICATION OF GROWTH STIMULATORS AND BACTERIAL SPECIMENS IN THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Bilovus G. Ia., Voloshchuk A. P., Voloshchuk I. S.

Key words: winter wheat, common root, Septoria leaf blotch, powdery mildew, dark-brown leaf spot, glume blotch, head blight, growth stimulator, Diasophite, Polymixobacterine, resistance.

Abstract. The paper shows the research results in respect to influence of growth stimulators and bacterial specimens on winter wheat resistance. The common root, Septoria leaf blotch, powdery mildew, dark-brown leaf spot, glume blotch and head blight turned out to be the most widespread diseases of winter wheat in 2011–2013. The researchers applied Vympel-K specimen and bacterial specimens on the winter wheat and this contributed to its growth on 3.2% and laboratory germination on 3.8%. The average index of winter wheat wintering varied from 85.7% to 96.6% during 2011–2013. The researchers applied growth stimulator Vympel-K and bacterial specimens Diasophite and Polymixobacterine that reduced winter wheat suffering from common root 3.2 times, powdery mildew- 2.2 times, dark-brown leaf spot –1.9 times, Septoria leaf blotch – 2 times, glume blotch– 2.3 times and head blight– 1.9 times. Application of the specimens contributed to the crop yield 3.85–4.22 tone pro ha and increased crop yield on 4.0–19.2%. The article states that application of Vympel-K and bacterial specimens increases growth of complementary roots, protects plants from diseases and increases plants resistance to abiotic factors. On average the crop yield of winter wheat increased on 0.31–0.68 tone pro ha whereas suffering from the main diseases reduced 1.2–3.2 times during 3 experimental years.

УДК 631.171: 004.891

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ПОКАЗАТЕЛЯ ВСХОЖЕСТИ ПШЕНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

О. К. Никольский, доктор технических наук, профессор

О. В. Лукоянычева, магистрант

С. П. Пронин, доктор технических наук, профессор

Алтайский государственный технический университет

им. И. И. Ползунова

E-mail: lukoya@bk.ru

Ключевые слова: всхожесть пшеницы, биоэлектrogenез, экспертные системы, биоэлектрические сигналы, качество зерна

Реферат. Получение наилучшего урожая является первостепенной задачей для сельского хозяйства. К семенам зерновых предъявляется широкий спектр требований, одним из которых является показатель всхожести. Он определяется согласно ГОСТ-12038–84 в течение нескольких суток. Другие существующие способы определения показателя всхожести дают результат также за несколько суток или требуют трудоёмкого эксперимента. Для более быстрой диагностики показателя всхожести возможно использовать анализ биоэлектрических сигналов, фиксируемых у зёрен. Для получения биоэлектрического сигнала зёрна выдерживают в течение 10 ч в экспериментальной установке, затем сигнал фиксируют с помощью электродов, выполненных из стали. Далее полученный сигнал анализируют с помощью специального программного обеспечения, состоящего из модуля предварительной обработки и экспертной системы. В базу знаний экспертной системы входят значения параметров биоэлектрических сигналов. Эти параметры были определены экспериментально. Принятие решения о показателе всхожести зерна можно осуществить двумя способами: экспресс-анализом и полным анализом. Разработанный комплекс дает возможность значительно снизить временные затраты и трудоёмкость проведения диагностики зерна. По сравнению с ГОСТ-12038–84 время получения результата в 13–16 раз меньше. Система по определению показателя всхожести зерна показала эффективность применения предложенного подхода для диагностики всхожести зерна пшеницы мягких сортов.

Одну из главных ролей в обеспечении населения продовольствием играет земледелие.

В растениеводстве же первое место по значению принадлежит зерновым культурам, кото-

рые распространены фактически по всей земледельчески освоенной территории планеты и используются и для питания людей, и в качестве корма для домашних животных. В соответствии с доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации наша страна должна полностью обеспечить себя продовольствием. В общем объеме сельскохозяйственной продукции растениеводство по сравнению с животноводством с каждым годом увеличивает свой объем. Так, в фактических ценах в процентном отношении, по данным Росстата [1], это соотношение составило в 2014 г. 51 и 49% соответственно. Среди продукции растениеводства основной культурой является пшеница – более 50% валового урожая. Пшеница является также основной сельскохозяйственной культурой, поставляемой на экспорт. По экспорту пшеницы Российская Федерация находится на третьем месте, незначительно уступая лишь США и Канаде [2].

К возделываемым культурам предъявляется большой набор требований с целью получения наибольшего по количеству и наилучшего по качеству урожая. Контроль качества высеваемых семян осуществляют многократно, начиная с уборки урожая, его сушки, хранения, и непосредственно перед посевом.

Для определения весовой нормы посева ($НВ_B$) используется формула

$$НВ_B = M_{1000} \cdot K, \quad (1)$$

где M_{1000} – масса 1000 семян, г;

K – количество чистых и всхожих семян, высеваемых на 1 га в данной зоне, млн.

В формуле (1) всхожесть принимается равной 100%. Но реально такая всхожесть невозможна,

поэтому в формулу (1) следует внести поправку с учётом фактической посевной годности (ПГ):

$$НВ = (НВ_B \cdot 100) / ПГ. \quad (2)$$

Посевная годность рассчитывается по формуле

$$ПГ = (Чистота \cdot Всхожесть) / 100. \quad (3)$$

Из приведённых формул (1) – (3) видно, что показатель всхожести оказывает непосредственное влияние на норму посева. Зёрна с высокой всхожестью дают быстрые всходы, что при соблюдении агротехники позволит получить высокий урожай.

Цель исследования – разработать метод экспресс-диагностики показателя всхожести пшеницы, позволяющего значительно сократить временные затраты на экспертизу зерна.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение всхожести является одной из наиболее длительных процедур проверки. Стандартным методом, применяемым в РФ и за рубежом, является проращивание семян в термостатах. В соответствии с ГОСТ 12038–84 [3], из семян основной культуры, выделенных из навесок при определении чистоты, отбирают четыре пробы, которые проращивают на четырёх ложах при поддержании постоянной температуры в течение 7–8 суток. Определение всхожести осуществляется путём подсчёта проросших зёрен.

Для ускорения процесса определения всхожести применяют различные запатентованные биохимические и физические методы. Они основываются на показателях биохимических реакций семян на внешние раздражители (таблица).

Методы определения показателя всхожести зерен

Метод	Особенности метода	Длительность подготовительного периода	Трудоемкость
Естественный	ГОСТ 12038–84	7–8 сут	Низкая
Биологический	Заражение мицелием гриба мукор [4]	4–5 сут	«
Биохимический	Замачивание в суспензии метадинитробензола и аммиака [5]	1–5 ч	Высокая
Химический	Замачивание в 0,05%-м водном растворе нитрилотриметилфосфоновой кислоты [6]	42–66 ч	Низкая
Химический	Проращивание на 8%-м полиакриламидном геле [7]	7–10 сут	«
Химический	Замачивание в 0,1%-м водном растворе кислого фуксина (ГОСТ 12039–82 [8])	15–18 ч	Высокая
Физический	Облучение поперечного среза ультрафиолетовыми лучами [9]	Применяется для повышения надежности оценки	«

Особенностью методов, которые дают относительно быстрый результат, является высокая трудоемкость. Необходимо срезать каждое зерно анализировать отдельно. Если учесть, что требуется проверка не менее 160–400 зерен, то затраты на анализ резко возрастают, а надежность результатов при этом снижается. Методы, которые опираются на подсчет проросших зёрен, характеризуются низкой трудоемкостью, но время проведения процесса определения показателя всхожести при этом значительно.

При разработке метода определения показателя всхожести необходимо учитывать, что процессы подготовки и анализа зёрен в лабораторных условиях должны быть простыми в технологическом аспекте.

Перспективными в плане проведения быстрого и точного анализа всхожести зерна, не требующего при этом дорогостоящего и сложного оборудования, являются методы, основанные на исследовании биоэлектрических сигналов растений.

Исследования, связанные с выявлением у растений сигналов и реакций на раздражения, проводятся уже более века. Биоэлектрические сигналы подразделяются на импульсную активность (потенциал действия и переменный потенциал) и активность клеток высших растений в покое [10]. Эти сигналы фиксируются и у семян растений.

Однако исследованию биоэлектрических сигналов в семенах зерновых культур уделяется незаслуженно мало внимания. Практически все работы, связанные с этой тематикой, посвящены вопросам повышения урожайности зерна и, как результат, воздействию на семена химических веществ, ультрафиолетового и электромагнитного

облучения и т.п. [11–13]. Оценке естественной всхожести зерна исследователи внимания не уделяли. В оценке всхожести семян зерна есть свои сложности, связанные, в первую очередь, с малыми размерами зерна и с особенностями его строения, а также активными биохимическими процессами, происходящими при проращивании семян.

Разработанный математический аппарат устанавливает связь значения биоэлектрического потенциала с биохимическим состоянием зерна (потенциал покоя) или со скоростью распространения сигнала в зависимости от вида раздражения (потенциал действия и переменный потенциал). Но разнородность подходов к анализу сигналов, активная биохимическая фаза состояния исследуемого объекта, геометрические размеры зёрен не позволяют применить существующий математический аппарат для анализа всхожести семян. Таким образом, требуется специальный метод для оценки всхожести зёрен по изменению биоэлектрического потенциала.

В работах, проводимых в АлтГТУ и посвященных исследованию всхожести зерна [14, 15], описана экспериментальная установка для исследования биоэлектрического сигнала и показана возможность определения пригодного для посадки зерна по анализу биоэлектрического сигнала. Дальнейшие исследования в этом направлении могут позволить идентифицировать всхожесть семян в соответствии с ГОСТ-12038–84.

Многочисленные эксперименты с зёрнами пшеницы, проведенные в лаборатории [16], показали, что в зависимости от состояния семян и условий эксперимента им присущи все виды биоэлектрических потенциалов (рис. 1).

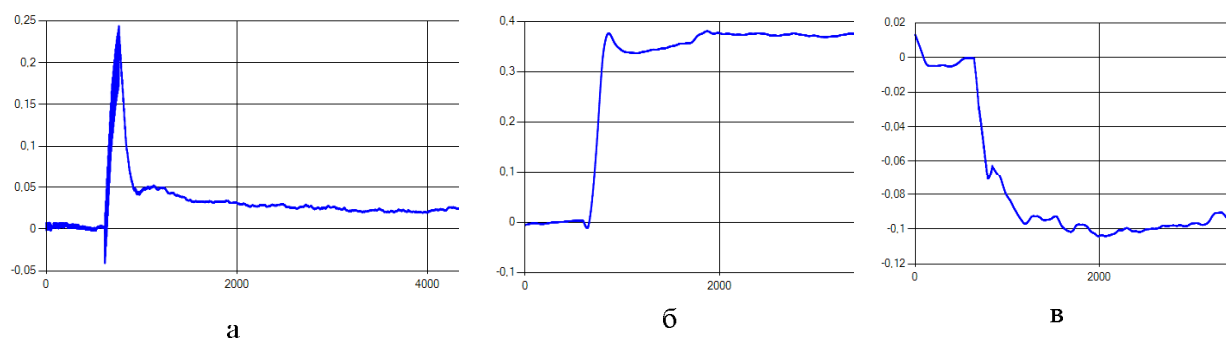


Рис. 1. Биоэлектрические сигналы, зафиксированные у зёрен в лабораторных условиях:

а) потенциал действия; б) переменный потенциал; в) потенциал покоя.

По оси абсцисс – время в отсчётах (300 отсчётов в 1 с), по оси ординат – напряжение в вольтах

Исследования, выполненные с помощью двух разновидностей электродов: стеклянного с се-

ребряной нитью и стального, – показали отличные результаты экспериментов при стандартных

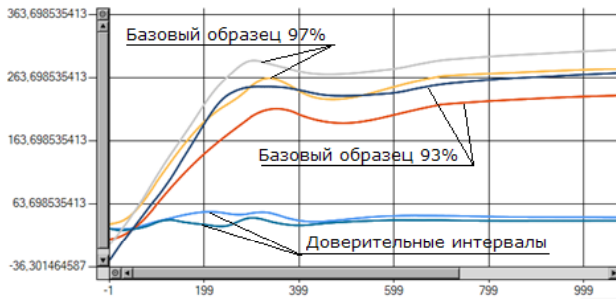


Рис. 2. Базовые усредненные графики зерен со всхожестью 97 и 93% с доверительными интервалами, где для образца со всхожестью 97% показан нижний доверительный интервал, а 93% – верхний

(по ГОСТ-12038–84) условиях [17]. Это связано с тем, что серебряный электрод в связи с его хрупкостью проникает на меньшую глубину в область эндосперма и не оказывает на зерно существенного воздействия. Использование стального электрода вызывает реакцию в виде потенциала действия (вариабельного потенциала или потенциала действия). Применение стеклянно-серебряного электрода оправданно в лабораторных условиях и малопригодно в «полевых условиях». Поэтому в качестве рабочего электрода используется стальной электрод. Проведенные эксперименты подтверждают возможность классификации всхожести зерен пшеницы по результатам анализа биоэлектрического потенциала, но так как формы сигналов семян с разной всхожестью очень похожи, то необходимо проводить анализ по отличительным признакам амплитудных и временных параметров. Значения параметров электрических сигналов потенциалов и их доверительные интервалы могут быть использованы как основа для метода определения всхожести зерна. Таким образом, задача имеет статистический характер. Однако при этом для близких показателей всхожести зерен доверительные интервалы перекрываются (рис. 2).

Существенным недостатком статистических методов анализа данных является невозможность решения плохо формализованных задач. Это объясняется следующими основными причинами: неточностью данных и ненадежностью знаний.

Неточность экспериментальных результатов определяется как объективными причинами: различием энергии прорастания у каждого отдельного зерна, аппаратными ограничениями экспериментальной установки, – так и субъективными причинами: особенностями объекта исследова-

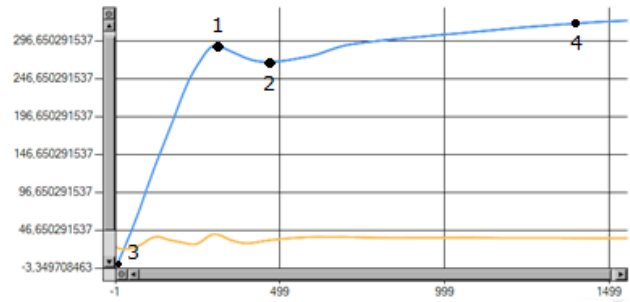


Рис. 3. Контролируемые параметры биоэлектрического импульса

ния и, как результат, невозможностью обеспечения идентичности проведения опытов, временными ограничениями проведения замеров и т.д. Ненадежность знаний связана с отсутствием формальных процедур получения точных данных, вероятностной природой поступающих данных, недостаточной математической и логической обоснованностью правил определения всхожести.

В связи с этими особенностями в информационных системах анализа и принятия решения используются вероятностные оценки тех или иных знаний, как в части данных, так и правил вывода. Для решения таких задач применяются интеллектуальные информационные системы. В исследованиях по искусственному интеллекту подобными неформализованными задачами занимается направление, получившее название «экспертные системы» [18].

Для работы экспертной системы и формирования для неё базы знаний необходимо найти координаты характерных точек графиков. Для этой цели предусмотрена возможность нахождения (рис. 3) координат точек начала сигнала (точка 3), пика импульса (точка 1), спада импульса (точка 2) и среднего значения фазы реполяризации (точка 4).

Для более качественного анализа также рассчитываются длительности и амплитудные значения фронта и спада импульса в зависимости от формы сигнала. Таким образом, вычисляются девять параметров:

- значение начала сигнала (V);
- максимальное значение сигнала (V);
- амплитуда фронта импульса (V);
- длительность фронта импульса (отсчеты);
- значение окончания среза импульса (V);
- время окончания среза импульса (отсчеты);
- амплитуда среза импульса (V);

- длительность среза импульса (отсчеты);
- среднее значение реполяризации (V).

Вероятностный статистический принцип, заложенный в процесс обработки экспериментальных данных, свидетельствует, что наиболее подходящим методом принятия решения в исходных условиях является вероятностный подход на основе теоремы Байеса [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Укрупненная структура всей системы по определению показателя всхожести зерна представлена на рис. 4.

Система содержит аппаратно-программный комплекс для предварительной обработки данных и непосредственно экспертную систему. Комплекс предварительной подготовки состоит из экспериментальной установки для подготовки семян и исследования биоэлектрического потенциала, программного модуля для предварительной обработки результатов опытов и модуля статистической обработки, с помощью которого непосредственно производится формирование данных для базы знаний.

В основу экспертной системы положен обширный фактический материал, сформированный в результате экспериментальных исследований с образцами зерен разной всхожести, полученных из филиала ФГУ «Россельхозцентр» по Алтайскому краю. Данные результаты составляют информационное наполнение базы знаний. База знаний содержит информацию о параметрах биоэлектрических потенциалов зерен со всхожестью 88, 89, 90, 92, 95, 97, 98 и 99%.

Четыре пробы зерна помещают на четырех ложах и заливают дистиллированной водой.

Расстояние между зернами должно составлять не менее 15 мм. Весь процесс замачивания должен проходить в темном месте, без доступа света, как того требует ГОСТ 12038–84. Далее зёрна набухают в течение 10 ч при заданной постоянной температуре. Затем с помощью аппаратно-программного комплекса предварительной подготовки получают исходные данные для экспертной системы. Каждая проба содержит 9 показателей для одного зерна, причем в пробе не менее 30 зерен. Тестирование системы проводилось на зернах урожая 2014 г. со всхожестью 95, 97, 99%, полученных из лаборатории Россельхозцентра.

Принятие решения возможно двумя способами: экспресс-анализ и углубленный анализ.

При первоначальном запуске экспертной системы по умолчанию установлен режим «экспресс-анализ».

Для усредненных значений каждой пробы проверяются гипотезы принадлежности ко всем классам всхожести из базы знаний и формируется суммарный массив достоверных вероятностей принадлежности пробы к этим классам всхожести. Система последовательно обрабатывает пробы и выводит итоговый результат. На рис. 5 представлены результаты обработки зёрен с уже известной всхожестью 95%.

Как видно из рисунка, экспертная система также определяет всхожесть как 95%. Для определения всхожести в Россельхозцентре потребовалось 8 дней. Использование разработанной системы требует 10 ч для подготовки зерен, 2 ч на снятие биоэлектрических сигналов и около 20 мин работы с программным модулем для предварительной обработки сигналов и загрузки в экспертную систему. Таким образом, весь процесс определения показателя всхожести занимает менее 13 ч.

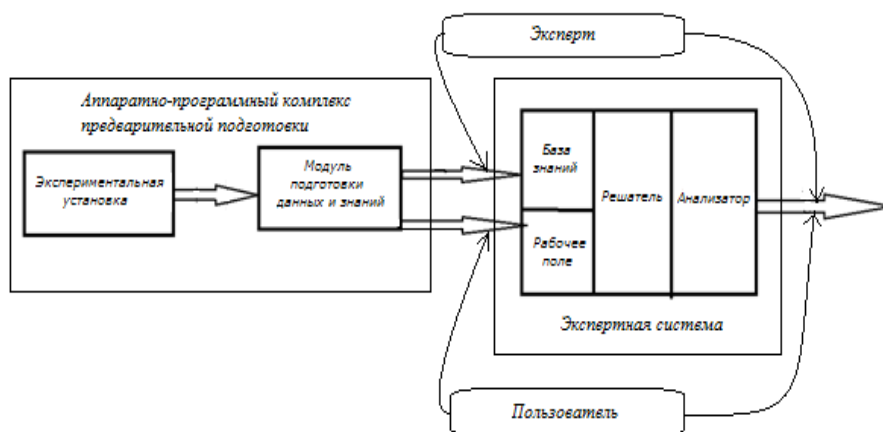


Рис. 4. Укрупненная структура системы по определению показателя всхожести

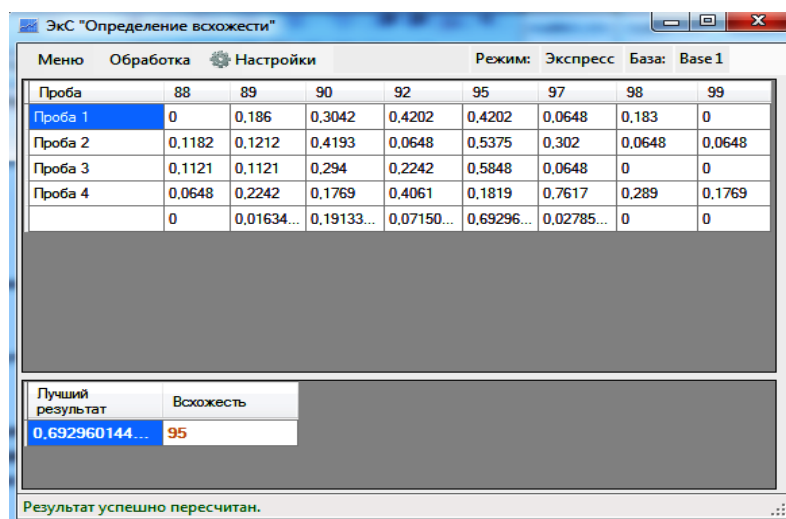


Рис. 5. Работа экспертной системы в режиме экспресс-анализа

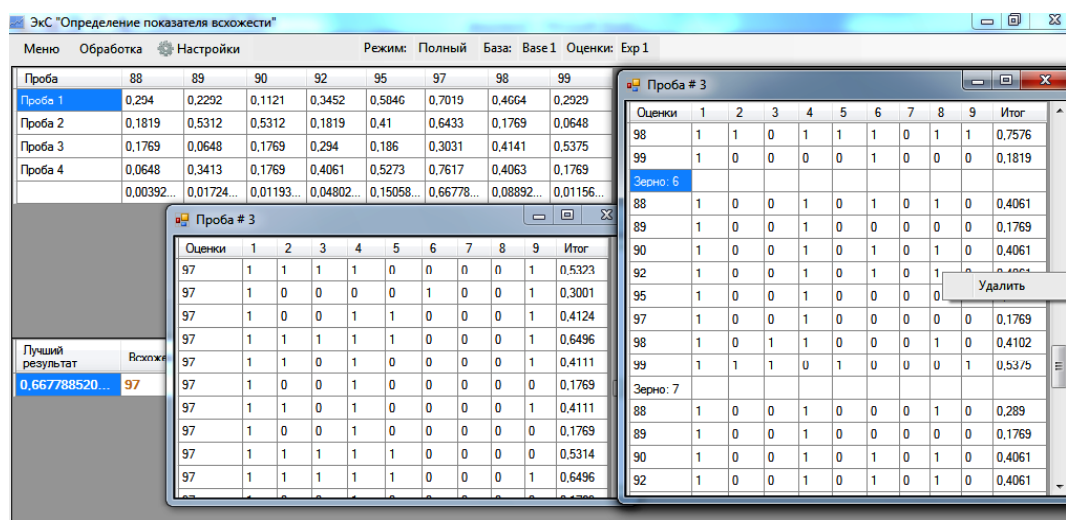


Рис. 6. Детальный анализ обработки пробы 3 и отбор шестого образца для удаления

Для работы специалиста предусмотрен режим «углубленный анализ». Основной особенностью данного режима является анализ показателей по каждому образцу зерна проверяемой партии. Это позволяет выяснить причины неудовлетворительного результата при экспресс-анализе и в пределах допустимых ограничений провести необходимые действия для получения более достоверного результата. На рис. 6 представлены результаты работы экспертной системы с использованием тестовой партии зёрен со всхожестью 97%. Применение углубленного анализа дает возможность специалисту, с учетом информации о достоверных вероятностях принадлежности проб к классам всхожести, пересчитать степень истинности итогового результата за счет исключения нетипичных показателей отдельных зерен.

Использование экспертной системы в режиме «углубленный анализ» требует также 12 ч на подготовку данных и около часа работы с самой экспертной системой. Таким образом, весь процесс определения показателя всхожести занимает 13 ч.

Результаты тестирования показали эффективность использования предложенного метода диагностики, система идентифицировала показатель всхожести испытуемых образцов с вероятностью 95%. При этом использовались режимы как экспресс-анализа, так и углубленного анализа. Оба режима дали правильный результат, но второй режим позволил получить оценку более «контрастную».

Эксплуатация системы позволила сделать вывод, что экспресс-анализ дает хороший результат при качественном проведении эксперимента, когда нетипичных биоэлектрических сигналов практически не наблюдается. Это связано с тем, что при

этом получают «кучные» сигналы, и экспресс-анализ уверенно дает правильный результат. При наличии искаженных сигналов наблюдается «размытый» результат, и определение показателя всхожести либо получается ошибочное, в пределах соседних всхожестей, либо определенная достоверная вероятность незначительно отличается от соседних показателей всхожести. Использование углубленного (полного) анализа позволяет преодолеть подобные неопределенности.

ВЫВОДЫ

1. Реализована система, включающая программно-аппаратный комплекс предвари-

тельной обработки результатов и экспертную систему, которая дает возможность определить конкретный показатель всхожести для мягких сортов пшеницы. По сравнению с методом определения по ГОСТ-12038–84 время получения необходимого результата в 13–16 раз меньше.

2. Система определения показателя всхожести зерна показала эффективность применения предложенного подхода для диагностики всхожести зерна пшеницы мягких сортов.
3. Разработанная экспертная система является универсальной и может применяться для определения всхожести других зерен за счет переключения базы знаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бюллетени о состоянии сельского хозяйства* [Электрон. ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (дата обращения: 19.06.2015).
2. *Российский экспорт зерновых культур в 2014 г.* [Электрон. ресурс] // Интеллектуальный маркетинг [Официальный сайт]. – Режим доступа: <http://marketing-i.ru/selskoe-khozyajstvo/otraslevye-novosti/selskoe-khozyajstvo/rossijskij-eksport-zernovykh-kultur-v-2014-godu-vyros-na-58> (дата обращения: 19.06.2015).
3. *ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.* – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 28 с.
4. *Пат. 2323560* Российская Федерация, C12Q1/02, A01C1/02. Способ определения всхожести семян пшеницы / В.А. Савельев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Курган. гос. с.-х. акад. им. Т.С. Мальцева. – № 2323560; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
5. *Пат. 45109 SU, A01C1/02.* Способ определения всхожести семян / А.А. Гуревич. – № 45109; заявл. 3.02.1935; опубл. 30.11.1935. – 2 с.
6. *Пат. 1266479 SU, A01C1/02.* Способ определения всхожести семян / И.В. Савельева [и др.]. – № 1266479; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
7. *Пат. 2143190* Российская Федерация, A01C1/02. Способ определения всхожести семян / А.П. Стаценко, А.А. Галиуллин; заявитель и патентообладатель Пенз. гос. с.-х. акад. – № 2143190; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
8. *ГОСТ 12039–82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности.* – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 40 с.
9. *Пат. 99731 SU, A01C1/02.* Способ определения всхожести семян / А.В. Карякин. – № 99731; заявл. 23.06.1954; опубл. 31.01.1955. – 1 с.
10. *Оприлов В.А., Пятагин С.С., Ретивин В.Г.* Биоэлектrogenез у высших растений. – М.: Наука, 1991. – 216 с.
11. *Калимуллин А.Н., Неясов Н.А., Лазарев С.В.* Влияние физических методов на посевные и урожайные свойства семян яровых зерновых культур // Сб. науч. тр. к 75-летию Самар. СХИ. – 1994. – С. 67–69.
12. *Медведев С.С.* Электрические поля и рост растений // Электронная обработка материалов. – Кишинев, 1990. – № 3. – С. 68–74.
13. *Будыкина Н.П., Алексеева Т.Ф., Хилков Н.И.* Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений // Агрохим. вестн. – 2007. – № 6. – С. 24–26.
14. *Мерченко Н.Н., Пронин С.П., Зрюмова А.Г.* Обзор методов контроля всхожести семян пшеницы по изменению мембранного потенциала // Ползуновский альманах. – 2013. – № 1. – С. 142–144.
15. *Матлаев А.Г., Пронин С.П.* Метод и средство контроля всхожести семян пшеницы // Естественные и технические науки. – 2009. – № 3. – С. 308–311.

16. Лукоянычева О. В., Пронин С. П. Исследование биоэлектрических потенциалов семян пшеницы для оценки их всхожести // Сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. «Теоретические и практические вопросы развития научной мысли в современном мире», 27–28 февр. 2013 г. – Уфа, 2013. – С. 193–196.
17. Лукоянычева О. В., Пронин С. П. Исследование электрических сигналов в зёрнах пшеницы с различной всхожестью и разработка рекомендаций по построению экспертной системы // Вестн. АГАУ. – 2014. – № 1 (111). – С. 109–114.
18. Элти Дж., Кубмс М. Экспертные системы: концепции и примеры. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
19. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Радио и связь, 1981. – 286 с.
1. *Byulleteni o sostoyanii sel'skogo khozyaystva* [Ofits. sayt Federal. sluzhby gos. statistiki]: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (data obrashcheniya: 19.06.2015).
2. *Rossiyskiy eksport zernovykh kul'tur v 2014 g.* [Intellectual'nyy marketing]: <http://marketing-i.ru/selskoe-khozyajstvo/otraslevye-novosti/selskoe-khozyajstvo/rossijskiy-eksport-zernovykh-kul'tur-v-2014-godu-vyros-na-58> (data obrashcheniya: 19.06.2015).
3. *Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti* [GOST 12038–84]. Moscow: Izd-vo standartov, 2011. 28 p.
4. Savel'ev V. A. *Sposob opredeleniya vskhozhesti semyan pshenitsy* [Pat. 2323560 Rossiyskaya Federatsiya, C12Q1/02, A01C1/02]. Kurgan, no. 2323560; yayavl. 18.12.00; opubl. 20.08.02, Byul. no. 23 (II ch.). 3 p.
5. Gurevich A. A. *Sposob opredeleniya vskhozhesti semyan* [Pat. 45109 SU, A01C1/02], no. 45109; yayavl. 3.02.1935; opubl. 30.11.1935. 2 p.
6. Savel'eva I. V. i dr. *Sposob opredeleniya vskhozhesti semyan* [Pat. 1266479 SU, A01C1/02.], no. 1266479; yayavl. 18.12.00; opubl. 20.08.02, Byul. no. 23 (II ch.). 3 p.
7. Statsenko A. P., Galiullin A. A. *Sposob opredeleniya vskhozhesti semyan* [Pat. 2143190 Rossiyskaya Federatsiya, A01C1/02]; yayavitel' i patentoobladatel' Penz. gos. s.-kh. akad., no. 2143190; yayavl. 18.12.00; opubl. 20.08.02, Byul. no. 23 (II ch.). 3 p.
8. *Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zhiznesposobnosti* [GOST 12039–82]. Moscow: Izd-vo standartov, 2001. 40 p.
9. Karyakin A. V. *Sposob opredeleniya vskhozhesti semyan* [Pat. 99731 SU, A01C1/02], no. 99731; yayavl. 23.06.1954; opubl. 31.01.1955. 1 p.
10. Opritov V. A., Pyatygin S. S., Retivin V. G. *Bioelektrogeenez u vysshikh rasteniy*. Moscow: Nauka, 1991. 216 p.
11. Kalimulin A. N., Neyasov N. A., Lazarev S. V. *Vliyanie fizicheskikh metodov na posevnye i urozhaynye svoystva semyan yarovykh zernovykh kul'tur* [Sb. nauch. tr. k 75-letiyu Samar. SKhI], 1994. pp. 67–69.
12. Medvedev S. S. *Elektricheskie polya i rost rasteniy* [Elektronnaya obrabotka materialov]. Kishinev, no. 3 (1990): 68–74.
13. Budykina N. P., Alekseeva T. F., Khilkov N. I. *Otsenka biopotentsiala novykh regulyatorov rosta rasteniy* [Agrokhim. vestn], no. 6 (2007): 24–26.
14. Merchenko N. N., Pronin S. P., Zryumova A. G. *Obzor metodov kontrolya vskhozhesti semyan pshenitsy po izmeneniyu membrannogo potentsiala* [Polzunovskiy al'manakh], no. 1 (2013): 142–144.
15. Matlaev A. G., Pronin S. P. *Metod i sredstvo kontrolya vskhozhesti semyan pshenitsy* [Estestvennye i tekhnicheskie nauki], no. 3 (2009): 308–311.
16. Lukoyanycheva O. V., Pronin S. P. *Issledovanie bioelektricheskikh potentsialov semyan pshenitsy dlya otsenki ikh vskhozhesti* [Sb. st. mezhduнар. науч.-практ. конф. «Теоретические и практические вопросы развития научной мысли в современном мире», 27–28 февр. 2013 г.]. Ufa, 2013. pp. 193–196.
17. Lukoyanycheva O. V., Pronin S. P. *Issledovanie elektricheskikh signalov v zernakh pshenitsy s razlichnoy vskhozhest'yu i razrabotka rekomendatsiy po postroeniyu ekspertnoy sistemy* [Vestn. АГАУ], no. 1 (111) (2014): 109–114.
18. Elti Dzh., Kubms M. *Ekspertnye sistemy: kontseptsii i primery*. Moscow: Finansy i statistika, 1987. 191 p.
19. Orlovskiy S. A. *Problemy prinyatiya resheniy pri nechetkoy iskhodnoy informatsii*. Moscow: Radio i svyaz', 1981. 286 p.

EXPERT SYSTEM AND DIAGNOSTICS
OF WHEAT GERMINATION

Lukoianychева O. V., Nikolskiy O. K., Pronin S. P.

Key words: wheat germination, bioelectrogenesis, expert systems, bioelectric signals, grain quality

Abstract. The paper underlines the basic task for agriculture, which is considered as the best crop yield. The authors observe the wide range of requirements to the crop grain and the basic one is index of germination. This index is identified by GOST-12038–84 during some days whereas other approaches to calculation of germination index require more energy-intensive experiment. Index of germination can be calculated by means of analyzing bioelectric signals of grain. The researchers keep grain in the experimental device during 10 hours in order to get bioelectric signal, which is further fixed by means of steel electrodes. The signal is analyzed by software, which consists of expert system and module of initial treatment. The expert system includes indexes of bioelectric signals. The index of grain germination can be identified by means of express-analysis and full analysis. This complex allows reducing time expenditures and labour intensity for grain diagnostics. The authors point out getting the result 13–16 times less in comparison with GOST-12038–84. The system of calculating index of grain germination has shown efficiency of this approach to diagnostics of wheat grain germination.

УДК 633.11:577.112.7

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ БЕЛКОВ
И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ПШЕНИЦЫ

Е. И. Маркс, кандидат биологических наук

Е. Л. Лейболт, кандидат сельскохозяйственных наук

И. Г. Заушицына, специалист агроэколог

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: marks@nsau.edu.ru

Ключевые слова: пшеница, электрофоретические спектры белков, качество урожая

Реферат. В течение вегетации сорта пшеницы, районированные в условиях Сибири, отличаются между собой по количеству выявляемых электрофоретически индивидуальных белков. При этом электрофоретические фракции 7, 8 и 9 в легкорастворимых белках появляются на агрофонах с применением удобрений и гербицидов. Электрофоретические спектры труднорастворимых проламинов и глютеинов в зерне разных сортов пшеницы обнаружены в большем количестве фракций по сравнению с альбуминами. Электрофоретические спектры альбуминов растений пшеницы в полиакриламидном геле в течение вегетации представлены в основном 5–9 фракциями легкорастворимых белков с электрофоретической подвижностью 0,4–0,6. Электрофоретические спектры труднорастворимых проламинов и глютеинов в зерне разных сортов пшеницы обнаружены в большем количестве фракций по сравнению с альбуминами и представлены в основном 20–27 фракциями ω , γ , β , α запасных белков. Соотношение $(\alpha + \beta / \omega + \gamma) \geq 1$, характеризующее качество клейковины, у Саратовской 29 равно 1,09, у Ирены – 0,8, Новосибирской 29 – 0,6, Новосибирской 31 – 0,68, Новосибирской 89 – 0,7. В муке в контроле, выращенном на выщелоченном черноземе, у сорта Саратовская 29 количество клейковины составляло 29,9%, при применении гербицида Диамета-Д на фоне азотно-фосфорных удобрений – 32,7%. Показатель ИДК сырой клейковины, сила муки, связанная с низкомолекулярными белками $\alpha + \beta$, показатели общей оценки теста находились в пределах наилучших показателей. Отношение упругости и растяжимости теста во всех вариантах опыта соответствовало показателям сильной пшеницы.

В ходе эволюции появление семян было явлением прогрессивным, что обеспечило семенным растениям господство в растительном мире. Эволюция семян шла медленно, менялись их раз-

меры, внешний облик, морфоанатомические, физиолого-биохимические особенности. Природная эволюция внутренних элементов зерновых шла по линии увеличения зародыша и уменьшения эн-