

Библиографический список

1. Алабушев А.В. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 3. – С. 8-11.
2. Оценка качества зерна: справочник / И.И. Василенко, В.И. Комаров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 208 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. – М., 1988. – 121 с.
4. Базавлук И.М. Ускоренный метод полумикро-Къельдаля для определения азота в растительном материале при генетических и селекционных исследованиях // Цитология и генетика. – 1968. – № 3. – Т. II. – С. 249-250.
5. Синицын С.С., Зелова Л.А. Массовое двукратное определение силы муки пшеницы на навесках зерна от 0,5 до 0,15 г // Сибирский вестник с.-х. науки. – 1978. – № 3. – С. 39-43.
6. Синицын С.С., Колмаков Ю.В., Синютин Н.А. Многокамерная микропурка для определения природы зерна на навесках от 15 до 1,3 г // Растениеводство и селекция с.-х. культур в Сибири. – Новосибирск, 1974. – С. 85-89.
7. Колмаков Ю.В., Зелова Л.А., Ковтуненко А.Н., Кашуба Ю.Н. Источники высокого качества зерна озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 3. – С. 46-48.

References

1. Alabushev A.V. Sort kak faktor innovatsionnogo razvitiya zernovogo proizvodstva // Zernovoe khozyaistvo Rossii. – 2011. – № 3. – S. 8-11.
2. Otsenka kachestva zerna: spravochnik / I.I. Vasilenko, V.I. Komarov. – M.: Agropromizdat, 1987. – 208 s.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur. – M., 1988. – 121 s.
4. Bazavluk I.M. Uskorenniy metod polumikro-K"el'dalya dlya opredeleniya azota v rastitel'nom materiale pri geneticheskikh i selektsionnykh issledovaniyakh // Tsitologiya i genetika. – 1968. – T. II. – № 3. – S. 249-250.
5. Sinitsyn S.S., Zelova L.A. Massovoe dvukratnoe opredelenie sily muki pshenitsy na naveskakh zerna ot 0,5 do 0,15 g // Sibirskii vestnik s.-kh. nauki. – 1978. – № 3 – S. 39-43.
6. Sinitsyn S.S., Kolmakov Yu.V., Sinyutin N.A. Mnogokamernaya mikropurka dlya opredeleniya natury zerna na naveskakh ot 15 do 1,3 g // Rastenievodstvo i selektsiya s.-kh. kul'tur v Sibiri. – Novosibirsk, 1974. – S. 85-89.
7. Kolmakov Yu.V., Zelova L.A., Kovtunenkov A.N., Kashuba Yu.N. Istochniki vysokogo kachestva zerna ozimoi pshenitsy // Zernovoe khozyaistvo Rossii. – 2014. – № 3. – S. 46-48.



УДК 633.11:631.811.98

**О.М. Соболева, Е.П. Кондратенко,
И.В. Егорова, Е.А. Ижмулкина, С.Н. Витязь**
O.M. Soboleva, Ye.P. Kondratenko,
I.V. Yegorova, Ye.A. Izhmulkina, S.N. Vityaz

**ТРЕХМЕРНЫЕ ДВУХФАКТОРНЫЕ МОДЕЛИ
МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ**

**THREE-DIMENSIONAL TWO-FACTOR MODELS
OF MORPHOMETRIC INDICES OF JUVENILE WHEAT PLANTS**

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, электромагнитная обработка, моделирование, биометрия, длина ростков, длина корней.

Влияние стресс-факторов на развивающиеся растения представляет прикладной интерес. Продолжается изучение семян пшеницы, развивающихся после действия одного из стресс-факторов – электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Объектом служили 6 сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости. Выходные данные эксперимента следующие: диапазон влажности обрабатываемого зерна 18-30% с шагом 4%; характеристики электромагнитного поля: мощность 1,2 кВт, частота магнетрона 2,45 ГГц, экспозиция

0-15 с с шагом 5 с. Обобщение массива данных позволяет систематизировать полученные результаты и построить математические модели. Моделирование дает возможность прогнозировать реакцию растений пшеницы определенного сорта на действие двух факторов – СВЧ и влажности зерна в момент обработки. Выбрана аддитивно-мультипликативная регрессионная модель. Электромагнитная энергия сверхвысокой частоты является эффективным приемом повышения значений биометрических показателей прорастающих семян пшеницы – длины первичных корней и длины ростка. Поверхность моделей для каждого сорта имеет схожие очертания. Характерная черта некоторых моделей – наличие двух оптимумов (напри-

мер, у сортов Астана и Акмола 2). В отдельных случаях можно добиться одинаковых результатов как по длине корней, так и по длине ростков, используя при этом разные сочетания лимитирующих факторов. Область модели, отражающая неблагоприятное сочетание изучаемых факторов, имеет сортовые особенности. Разработанная математическая модель позволяет учитывать два важнейших параметра – влажность зерна и продолжительность электромагнитного воздействия. Вычисленные модели дают возможность проводить точное прогнозирование ответной реакции яровой пшеницы изучаемых сортов на СВЧ-обработку разной продолжительности и при использовании зерна разного уровня влажности.

Keywords: *spring soft wheat, variety, electromagnetic treatment, modeling, biometry, shoot length, root length.*

The impact of stress factors on the growing plants is of applied interest. This work is a part of an on-going study of wheat seeds germinating after the action of one of the stress factors as super-high-frequency (SHF) electromagnetic field. The research targets were 6 spring wheat varieties of different maturity groups. The output data of the experiment were as following: the moisture content of the treated grain in the range of 18-30% with 4% increment;

the electromagnetic field specifications: the power of 1.2 kW, the magnetron frequency of 2.45 GHz, and 0-15 s exposure with 5 s increments. The data generalization enables arranging the results and developing mathematical models. The modeling enables predicting the response of the wheat plants of a certain variety to the action of two factors as the super-high-frequency and grain moisture at the time of treatment. An additive and multiplicative regression model has been chosen. The electromagnetic energy of super-high-frequency is an effective method of increasing the values of biometric indices of germinating wheat seeds as the primary root length and germ length. The surface of models for each variety is of a similar shape. A characteristic feature of some models is the presence of two optima (e.g., in the Astana and Akmola 2 varieties). In some cases, it is possible to achieve the same results as root length and shoot length using different combinations of limiting factors. The area of the model which reflects an adverse combination of the studied factors has variational features. The developed mathematical model enables taking into account the two important parameters as grain moisture content and the duration of electromagnetic exposure. The calculated models enable accurate predicting the response of spring wheat varieties studied to SHF treatment of different duration using grain of different moisture content.

Соболева Ольга Михайловна, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Кондратенко Екатерина Петровна, д.с.-х.н., проф., Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Егорова Ирина Владимировна, аспирант, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Ижмулкина Екатерина Александровна, к.э.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Витязь Светлана Николаевна, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: svetlana_vityaz@mail.ru.

Soboleva Olga Mikhaylovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Kondratenko Yekaterina Petrovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Yegorova Irina Vladimirovna, post-graduate student, Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Izhmulkina Yekaterina Aleksandrovna, Cand. Econ. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Vityaz Svetlana Nikolayevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: svetlana_vityaz@mail.ru.

Введение

Механизм ответной реакции живого организма на действие стрессорирующего фактора принято описывать несколькими, последовательно сменяющимися друг друга стадиями. Под влиянием повреждающего фактора организм претерпевает сначала фазу стресс-реакции, при которой включаются имеющиеся в норме механизмы непосредственного, неспецифического, ответа. Затем наступает очередь второй фазы – специализированной адаптации, во время которой наблюдается работа ранее молчавших генов и начинается синтез белков [1], причем процесс смены

этих стадий малоизучен [2]. Однако исследование данного вопроса представляет не только теоретический, но и практический интерес как для физиологов растений, так и для агрономов. Последние находятся в непрерывном поиске путей минимизации негативных последствий чрезмерного действия стресс-факторов на сельскохозяйственные растения, а также в поиске путей стимуляции культурных растений невысокими дозами или концентрациями отдельных стрессорирующих факторов. Как известно, одно и то же воздействие, в зависимости от своей интенсивности, может выступать и в той, и в другой роли [3].

Одним из стрессовых факторов для живых клеток, в том числе растительных, является влияние электромагнитного поля [4]. Использование электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) обладает широким спектром воздействия на растения. Разными учеными отмечается его как положительное, так и нейтральное или даже отрицательное влияние, что, несомненно, объясняется разными условиями проведения эксперимента – экспозиция, выбранные частоты и мощности, виды и сорта растений, индивидуальные особенности обрабатываемых организмов (например, исходное качество облучаемого зерна), сопутствующие факторы – влажность, освещенность, эдафические характеристики и пр. В таких условиях выяснение общих тенденций ответных реакций растений на действие ЭМП затруднено. Выходом из этой ситуации может стать математическое моделирование, объединяющее все имеющиеся в наличии данные и представляющее их в наглядном графическом виде. Использование математических моделей повышает эффективность современных информационных данных сельскохозяйственного назначения [5]. При этом главное требование к модели следующее – она должна описывать адекватную реакцию растений пшеницы на изменение основных факторов, лимитирующих развитие первичных органов.

Проведенное ранее построение обобщающих графических моделей для прогнозирования флуктуаций посевных свойств семян пшеницы показало их наглядность и эффективность [6].

Цель – разработать графические модели, отображающие изменения длины первичных корней и проростков под влиянием двух факторов – влажности зерна и продолжительности воздействия ЭМП СВЧ.

Задачи:

- обработать разное по влажности зерно сортов яровой мягкой пшеницы электромагнитным полем в заданных интервалах экспозиции;
- выявить закономерности изменения длины корней и ростков под действием двух факторов – первоначальной влажности зерна и экспозиции СВЧ-обработки;
- построить трехмерные двухфакторные модели и проанализировать их.

Объект и методы исследований

Объектом исследований служили 6 районированных сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости, выращиваемых на сортоиспытательном участке Акмолинской области Республики Казахстан. К раннеспелой группе относится сорт Целина 50, к среднеспелой – сорта Астана, Акмола 2, Целинная 3С, к среднепоздней группе – сорта Карабалыкская 90, Целинная Юбилейная. Лабораторные испытания проводились в 2010-2012 гг.

Обработка семян пшеницы перед проращиванием проводилась на кафедре технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Кемеровского государственного сельскохозяйственного института на установке Panasonic NN-SM330WZPE мощностью 1,2 кВт и частотой 2,45 ГГц. Опытные варианты подвергались воздействию ЭМП СВЧ в течение 5, 10 и 15 с; контрольный вариант не обрабатывался. Перед обработкой ЭМП СВЧ семена предварительно увлажняли до следующих величин: 18, 22, 26 и 30%. После СВЧ-обработки семена закладывали в чашки Петри в четырехкратной повторности, помещали в термостат при оптимальной температуре 24-26°C для набухания и прорастания. Измерения длины первичных корней (по максимально развитому корню) и ростка у проросших семян проводились с точностью до 0,1 см на 7-й день. Результаты обработки статистически. Подробная характеристика изменения длины первичных корней и ростков под действием ЭМП СВЧ разной экспозиции и при разном уровне увлажнения приведена в работе [7]. Представлены схемы графического моделирования полученных данных.

Результаты исследований

Результаты статистического анализа показывают, что изменение длины корней и ростков пшеницы происходит под воздействием как отдельного влияния влажности зерна и времени воздействия ЭМП СВЧ, так и их комбинированного (объединенного) влияния. Поэтому при спецификации модели зависимости биометрических показателей прорастающих семян пшеницы от продолжительности воздействия СВЧ-поля и влажности семян выбрана аддитивно-мультипликативная регрессионная модель:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2 + \varepsilon,$$

где y – резульативный признак (длина корней или длина ростков);

x_1 – время воздействия ЭМП СВЧ, с;

x_2 – влажность семян, %;

a_1, a_2 – изменение резульативного признака при изолированном влиянии факторов (увеличении времени воздействия ЭМП СВЧ на 1 с; увеличении влажности семян на 1%;

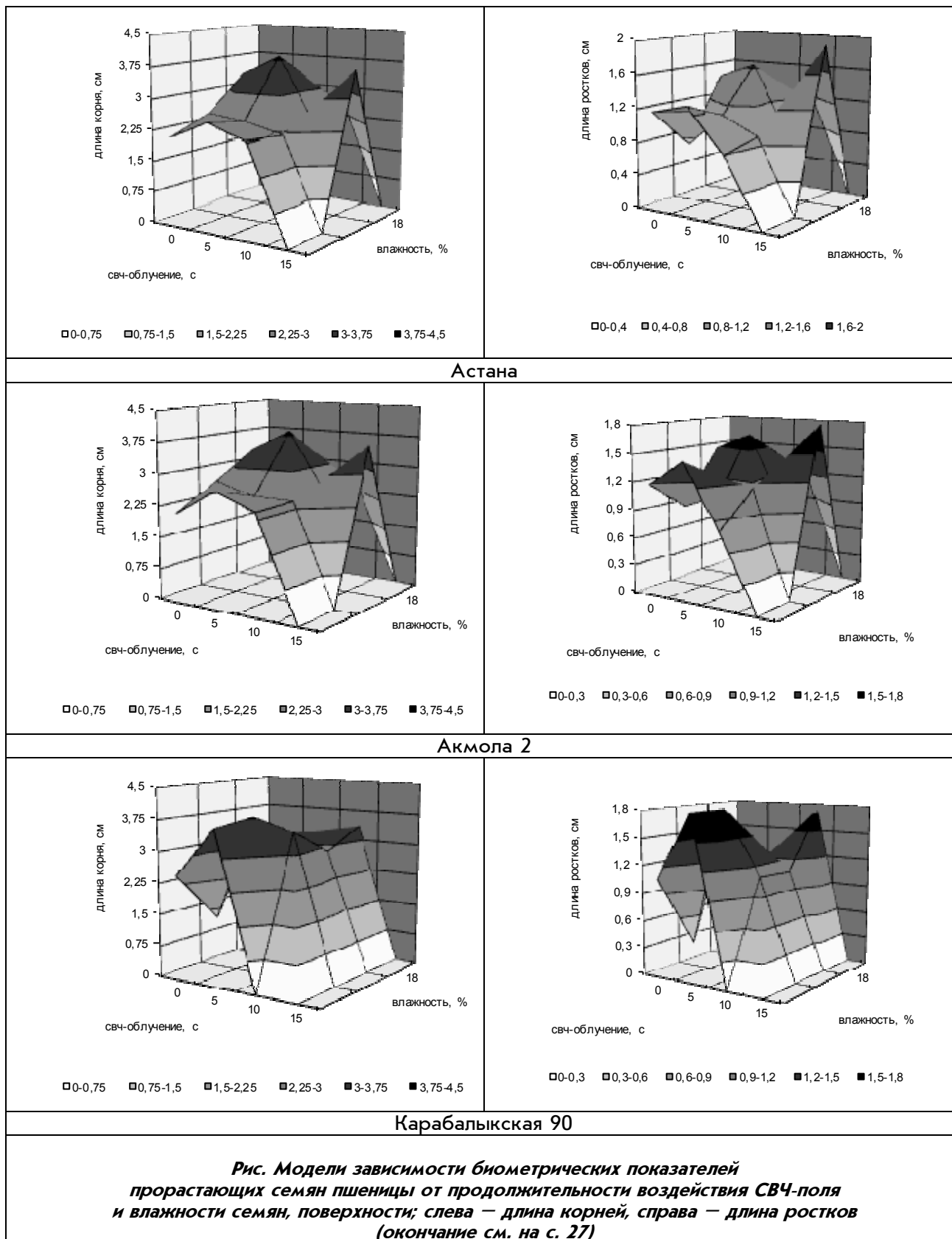
a_3 – изменение резульативного признака при мультипликативном (объединенном) влиянии времени воздействия ЭМП СВЧ и влажности семян;

ε – случайная составляющая.

Такая модель позволяет определить оптимальные значения влажности семян и продолжительности воздействия ЭМП СВЧ для получения максимальных значений биометрических показателей прорастающих семян пшеницы. Оценка параметров моделей проводилась с помощью метода наименьших квадратов на основе результатов эксперимента. Полученные значения параметров модели статистически значимы по t-критерию

Стьюдента. На основании теста по F-критерию Фишера о статистической значимости уравнений регрессии в целом на 95%-ном уровне достоверности можно утверждать, что полученные модели описывают процесс адекватно.

Полученные модели графически представляют собой поверхности (рис.). Трехмерные проекции полученных моделей позволяют наглядно представить область оптимального воздействия факторов на длину корней и длину ростков по всем изучаемым сортам мягкой яровой пшеницы.



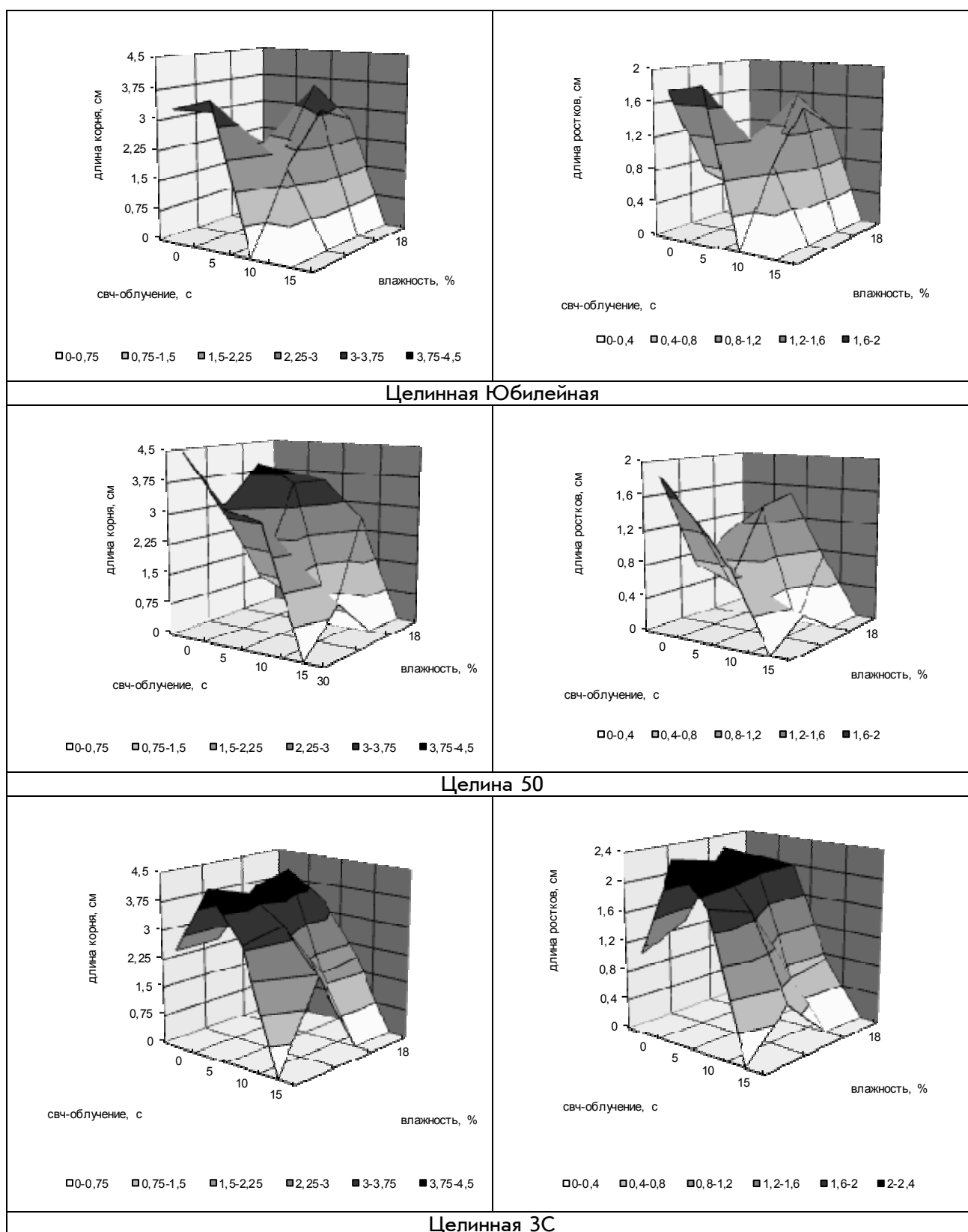


Рис. Окончание (начало см. на с. 26)

Область на поверхностях, представленная более темным цветом, показывает границы эффективного воздействия на семена пшеницы с целью получения максимальных значений их биометрических показателей при проращивании. Анализ результатов моделирования

показывает, что ЭМП СВЧ оказывает более существенное воздействие на сорта Астана, Акмола 2, Карабалыкская 90 и Целинная ЗС по сравнению с сортами Целинная Юбилейная и Целина 50.

По всем сортам отмечается удивительное единообразие поверхностей вычисленных моделей для двух изучаемых признаков, за исключением раннеспелого сорта Целина 50, у него форма поверхности между признаками «длина корней» и «длина ростков» заметно отличается как по высоте, так и по числу граней фигуры. Это свидетельствует о том, что у данного сорта механизм ответной реакции на влияние двух изучаемых факторов более сложный и неоднозначный, чем у остальных сортов, и, кроме того, различается для надземных и подземных органов.

Обращает на себя внимание тот факт, что для каждого сорта поверхность моделей длины корней и длины ростков имеет весьма схожие очертания, что доказывает единство механизмов развития специализированной адаптации в надземных и подземных органах пшеницы. Однако налицо и сортовая специфика в характерных областях моделей, что отвечает гипотезе о генетической индивидуальности изучаемых сортовых популяций.

Также характерной чертой некоторых моделей является наличие двух оптимумов, как, например, четко видно у сортов Астана и Акмола 2, т.е. теоретически можно добиться одинаково высоких результатов как по длине корней, так и по длине ростков, используя при этом разные сочетания лимитирующих факторов – экспозиция 5 с и влажность 22% или экспозиция 15 с и та же влажность. Однако если, например, используется режим с той же влажностью, но продолжительность обработки будет 10 с, то максимальных результатов не получится. Для этих же сортов (Астана и Акмола 2) характерна следующая особенность: для признака «длина ростка» число благоприятных диапазонов больше (три), чем для признака «длина корня» (только два). Это хорошо заметно по дополнительной области более темного цвета, характеризующей оптимальное сочетание действующих факторов. Таким образом, наступление второй стадии ответной реакции растений на действие стресс-фактора (в данном случае – ЭМП СВЧ) зависит от сочетанного влияния внешних и внутренних факторов как экспозиции прикладываемого к объекту изучения электромагнитного поля (внешнее воздействие), так и влажности зерна (характеристики самого объекта).

Размеры областей модели, где сочетается чрезмерное воздействие двух факторов и, соответственно, прогнозируется гибель зародыша, различаются по сортам. Так, для среднеспелых сортов Астана и Акмола 2 эти зоны минимальны, а для других сортов, напротив, весьма обширны и имеют при этом индивидуальные очертания: вытянутые и с более-менее ровным краем (Карабалыкская 90, Целинная Юбилейная), сложной неопреде-

ленной формы (Целина 50) или дискретные (Целинная 3С).

Выводы

Электромагнитная энергия сверхвысокой частоты является эффективным приемом повышения значений биометрических показателей прорастающих семян пшеницы – длины первичных корней и длины ростка. Разработанная трехмерная математическая модель позволяет учитывать сразу два важнейших параметра – влажность обрабатываемого зерна и продолжительность электромагнитного воздействия. Таким образом, вычисленные модели позволяют проводить достаточно точное прогнозирование ответной реакции яровой пшеницы изучаемых сортов на СВЧ-обработку разной экспозиции и при использовании зерна разного уровня влажности. Оптимальное сочетание изучаемых факторов, которое приводит к более интенсивному развитию корней ростков у большинства изученных сортов, принадлежит следующему варианту: экспозиция 5 с, влажность зерна 22%. Его и рекомендуется использовать в качестве эффективной предпосевной обработки семян мягкой яровой пшеницы.

Библиографический список

1. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – № 2. – С. 321-336.
2. Берников Л.Р. Индуцированный свинцом умеренный биологический стресс проростков яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – № 31. – С. 126-133.
3. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. – М.: Наука, 2002. – 294 с.
4. Барабой В.А. Стресс: природа, биологическая роль, механизмы, исходы. – Киев: Фитосоциоцентр, 2006. – 424 с.
5. Журавлева В.В. Математическое моделирование процессов накопления биомассы СЗ-растений в процессе вегетации: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул, 2008. – 22 с.
6. Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Егорова И.В., Вербицкая Н.В. Моделирование признаков посевных качеств семян пшеницы под влиянием электромагнитной обработки // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 2. – С. 157-162.
7. Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Егорова И.В., Вербицкая Н.В. Изменчивость биометрических показателей проростков пшеницы под влиянием электромагнитного поля // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 9. – С. 45-50.

References

1. Kuznetsov V.V., Shevyakova N.I. Prolin pri stresse: biologicheskaya rol', metabolism, regulyatsiya // Fiziologiya rastenii. – 1999. – Т. 46. – № 2. – С. 321-336.
 2. Bernikov L.R. Indutsirovannyi svintsom umerennyi biologicheskii stress prorostkov yarovoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) / Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – № 31. – С. 126-133.
 3. Tarchevskii I.A. Signal'nye sistemy kletok rastenii. – М.: Nauka, 2002. – 294 с.
 4. Baraboi V.A. Stress: priroda, biologicheskaya rol', mekhanizmy, iskhody. – Kiev: Fitosotsiotsentr, 2006. – 424 с.

5. Zhuravleva V.V. Matematicheskoe modelirovanie protsessov nakopleniya biomassy С3-rastenii v protsesse vegetatsii: avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk. – Barnaul, 2008. – 22 s.
 6. Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Egorova I.V., Verbitskaya N.V. Modelirovanie priznakov posevnykh kachestv semyan pshe-nitsy pod vliyaniem elektromagnitnoi obrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2014. – № 2. – С. 157-162.
 7. Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Egorova I.V., Verbitskaya N.V. Izmenchivost' biometricheskikh pokazatelei prorostkov pshe-nitsy pod vliyaniem elektromagnitnogo polya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrar-nogo universiteta. – 2014. – № 9. – С. 45-50.



УДК 633.11"324":632.9(571.15)

Л.С. Куркина, Г.Я. Стецов,
 Г.Г. Садовников, С.А. Пешков
 L.S. Kurkina, G.Ya. Stetsov,
 G.G. Sadovnikov, S.A. Peshkov

ЗАЩИТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ЗЛАКОВЫХ ЦИКАДОК НА АЛТАЕ

WINTER WHEAT PROTECTION AGAINST LEAFHOPPERS IN THE ALTAI REGION

Ключевые слова: озимая пшеница, злаковые цикадки, вирусы, учёт вирусных болезней, срок посева, инсектицидный протравитель семян, листовой инсектицид, биологическая эффективность, урожайность.

Исследования проводили с целью изучения влияния сроков посева и эффективности инсектицидов на снижение вредоносности злаковых цикадок – переносчиков вирусов на озимой пшенице в Приобской лесостепи Алтайского края. Полевые опыты проведены в 2011-2014 гг. на опытном поле Алтайского НИИСХ. Озимую пшеницу высевали в 5 сроков, с интервалом в 5 дней, начиная с 25 августа. Семена обрабатывали инсектицидным протравителем Табу (0,5 л/т семян). Опрыскивание всходов озимой пшеницы осуществляли инсектицидом контактно-кишечного действия Фьюри (0,1 л/га). Установлено, что доля пораженных вирусами растений изменялась в зависимости от срока посева озимой пшеницы и инсектицидов. Сильнее были повреждены в более ранний срок – 25 августа, на контроле – 26,3%. Наименьшее поражение культуры отмечено при посеве

15 сентября – 5,7%. Наименьшую долю больных растений (7,7%) обеспечило комплексное применение инсектицидов, что ниже контроля на 6,1%. Приведены данные по биологической эффективности инсектицидов на каждом сроке посева. Наибольшая эффективность против цикадок достигнута на вариантах комплексного применения протравителя Табу и инсектицида по всходам Фьюри (77-90%). На этих же вариантах получена максимальная урожайность озимой пшеницы.

Keywords: winter wheat, leafhoppers, viruses, virus disease records, sowing date, insecticide seed protectant, leaf insecticide, biological effectiveness, crop yield.

The research goal was to study the effect of sowing dates and insecticides on the reduction of harmfulness of leafhoppers transmitting viruses on winter wheat in the Proobskaya (the Ob River) forest-steppe of the Altai Region. The field trials were conducted over the 2011 to 2014 period on the trail field of the Altai Research Institute of Agriculture.