

3. Orlovskii S.A. Problemy priniatiia reshenii pri nechetkoi iskhodnoi informatsii / S.A. Orlovskii. – Moskva: Nauka, 1981. – 208 s.

4. Saati T. Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii / T. Saati. – Moskva: Radio i sviaz, 1993. – 278 s.

5. Gaidar, S.M. Zashchita selskokhoziaistvennoi tekhniki ot korrozii i iznosa s primeneniem nanotekhnologii: dissertatsiia na soiskanie uchenoi

stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet. – Moskva, 2011.

6. Chernorutskii I.G. Metody priniatiia reshenii / I.G. Chernorutskii. – Sankt-Peterburg: BKhV-Peterburg, 2005. – 416 s.

7. Petrovskii A.B. Teoriia priniatiia reshenii / A.B. Petrovskii. – Moskva: Akademiia, 2009. – 400 s.



УДК 631.41

С.П. Пронин, А.Г. Зрюмова, А.А. Пилецкий, В.И. Беляев

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-227-9-95-101

S.P. Pronin, A.G. Zryumova, A.A. Piletskiy, V.I. Belyaev

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МАКСИМУМА ВАРИАБЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ОТ УРОЖАЙНОСТИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE MAXIMUM VARIABLE POTENTIAL OF WHEAT SEEDS ON YIELD AND AERODYNAMIC PROPERTIES

Ключевые слова: семена пшеницы, сорт, переменный потенциал, травмированные семена, фракции семян, скорость витания, дисперсионный анализ, урожайность, прогнозирование.

Повышение урожайности яровой пшеницы является приоритетным направлением развития сельского хозяйства и достижения мировой продовольственной безопасности. Это сложная многофакторная задача, поэтому специалисты различных профилей занимаются этой проблемой. Совершенствуются технологии возделывания культур, включая их чередование, применение приемов обработки почвы, сортов, способов посева, норм высева семян и доз внесения удобрений, средств защиты растений, методы контроля качества семян и прогнозирования урожайности с учетом влияния совокупности факторов. Одним из перспективных методов оценки качества семян и прогнозирования урожайности является оценка их переменного потенциала. В 2020-2021 гг. были выполнены исследования переменного потенциала у трех сортов яровой пшеницы: Гранни, Тасос и Алтайская 75. В результате были получены определенные зависимости. Для их подтверждения в 2023 г. были проведены исследования с семенами других сортов из других районов Алтайского края. Для анализа результата исследований применен двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями. Оценивалось максимальное значение переменного потенциала от двух факторов – сорта пшеницы и фракции семян, разделенных на аэросепараторе по скоростям витания 8, 9, 10 и 11 м/с. В зависимости от качества семян переменный потенциал может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Установлено, что независимо от сорта пшеницы

наблюдается устойчивая закономерность между полярностью переменного потенциала и травмированностью семян. Трещины и сколы всегда дают отрицательный переменный потенциал. Для фракции семян со скоростью витания 9 м/с подтверждена вторая закономерность. С увеличением урожайности семян пшеницы максимальное значение переменного потенциала уменьшается независимо от сорта пшеницы. По экспериментальным точкам построена степенная зависимость урожайности от максимума переменного потенциала. Коэффициент детерминации составил 0,9952. Первую закономерность можно использовать для контроля качества очистительных линий, вторую – для прогнозирования урожайности пшеницы.

Keywords: wheat seeds, variety, variable potential, injured seeds, seed fractions, terminal velocity, analysis of variance, yield, forecasting.

Increasing wheat yields is an urgent problem of agriculture. Wheat yield is influenced by various factors, so specialists of various profiles deal with this problem. Crop cultivation technologies, seed quality control methods, yield forecasting methods, methods for studying the influence of weather conditions, etc. are improved. A promising method is to evaluate seed quality and predict yields by variable potential. In 2020 and 2021, the studies of the variable potential were carried out in wheat varieties Granni, Tasos and Altayskaya 75. In the course of the study, certain dependencies were obtained. To confirm these dependencies, in 2023, studies were conducted with the seeds of other varieties from other districts of the Altai Region. To analyze the research findings, a two-factor analysis of variance with repetitions was used. The maximum value of the

variable potential was evaluated from two factors - the wheat variety and the seed fraction separated in an aeroseparator according to the terminal velocities of 8, 9, 10 and 11 m s. Depending on the seed quality, the variable potential may take both positive and negative values. It has been found that, regardless of the wheat variety, a stable pattern is observed between the polarity of the variable potential and seed damage. Cracks and chips always give a negative variable potential. For the seed fraction with a

terminal velocity of 9 m s, the second regularity was confirmed. With increasing yield of wheat seeds, the maximum value of the variable potential decreases regardless of the wheat variety. According to the experimental points, a power-law dependence of the yield on the maximum of the variable potential was built. The coefficient of determination made 0.9952. The first pattern may be used to control the quality of cleaning lines. The second pattern may be used to predict wheat yields.

Пронин Сергей Петрович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sppronin@mail.ru.

Зрюмова Анастасия Геннадьевна, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: a.zrumova@mail.ru.

Пилецкий Александр Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ap@ex9.ru.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Pronin Sergey Petrovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sppronin@mail.ru.

Zryumova Anastasiya Gennadevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: a.zrumova@mail.ru.

Piletskiy Aleksandr Andreevich, post-graduate student, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ap@ex9.ru.

Belyaev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

Введение

Повышение урожайности пшеницы всегда будет оставаться актуальной проблемой сельского хозяйства, т.к. она определяет мировую продовольственную безопасность. На урожайность влияют множество факторов, поэтому специалисты различных профилей занимаются этой проблемой. Разрабатываются технологии обработки зерна на основе новых технических решений [1], выполняются комплексные исследования влияния погодных условий вегетационного периода [2], проводятся исследования по совершенствованию процессов предпосевной подготовки семян в условиях наступившей аридизации климата [3], исследуются влияние фунгицидов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы [4, 5] и т.п.

Наряду с развитием методов исследований влияния различных факторов на урожайность пшеницы совершенствуются методы контроля и прогнозирования ее урожайности [6-8].

Перспективным является метод оценки качества семян и прогнозирования урожайности по их переменному потенциалу (ВП) [8, 9]. Исследования, опубликованные в научной статье [9], выявили особенности изменения ВП у семян трех сортов яровой пшеницы: Гранни, Тасос, Алтайская 75, выращенных на полях Целинного, Новичихинского и Топчихинского районов Ал-

тайского края соответственно. В процессе экспериментов выявлены зависимость урожайности от максимального значения ВП и значительное уменьшение максимума ВП у фракции семян, выделенных на аэросепараторе со скоростью витания 11 м/с. Установлено, что уменьшение ВП связано с травмированностью семян – трещинами и сколами.

Однако остается вопрос: представляют ли полученные зависимости изменения ВП общую закономерность у семян пшеницы, и какие отличительные особенности возможны у семян?

Цель работы: определить переменный потенциал семян яровой пшеницы других сортов (Бурани и Омская 28), выращенных в другом районе (Романовский), на разных почвах; сравнить ВП и исследовать зависимость изменения максимума ВП от двух факторов – сорта пшеницы и фракции семян, разделенных на аэросепараторе по скоростям витания 8, 9, 10 и 11 м/с.

Объекты и методы исследования

В эксперименте использовали семена яровой пшеницы урожая 2022 г., полученные от СПК «Колос» Романовского района Алтайского края. В таблице приведены данные по сортам пшеницы с указанием площади полей, урожайности, почве и удобрениям.

Оценочные показатели

Сорт, площадь, га	Урожайность, ц/га	Почва	Удобрения
Буран, 384 га	50,5	Чернозем обыкновенный среднесуглинистого состава	Карбамид – 60 кг/га в физическом весе. Диамофоска – 100 кг/га. АМУ – 40 кг/га. Листовые подкормки карбамидом в жидком виде: первая – 7 кг/га; вторая – 3 кг/га
Буран, 117 га	41	- // -	- // -
Омская 28, 263 га	39,1	- // -	- // -
Омская 28, 105 га	25,7	- // -	Карбамид – 60 кг/га в физическом весе. АМУ – 40 кг/га. Четыре листовые подкормки карбамидом в жидком виде: первая – 7 кг/га; вторая – 3; третья – 2; четвертая – 2 кг/га

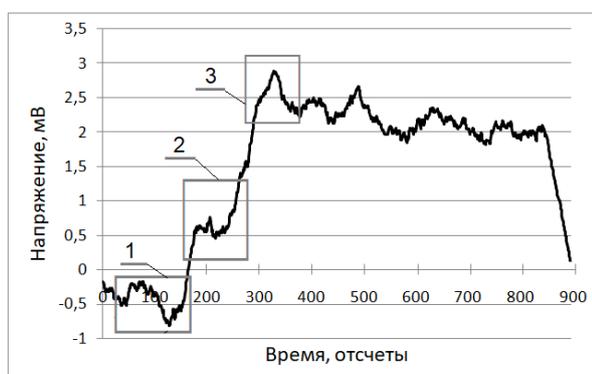
Электрические сигналы у семян пшеницы измеряли с использованием платы сбора данных ЛА50 USB. С помощью программного интерфейса устанавливали частоту дискретизации 300 Гц и время записи сигнала 3 с. Подробное описание измерительного устройства приведено в журнальной статье [9]. На регистрируемый сигнал накладывалась высокочастотная гармоническая помеха от сети частотой 50 Гц, равносильная по периоду 6 отсчетам. Для ее устранения получаемые ряды данных подвергали фильтрации методом скользящего среднего в программной среде Excel. Значение усредняющего окна составляло 48 отсчетов.

Семена пшеницы были разделены лабораторным парусным классификатором К-93 по скоростям витания на 4 группы: 8, 9, 10, 11 м/с. Перед измерением биоэлектрических сигналов семена замачивали дистиллированной водой в течение 24 ч при температуре 21°C. Каждая группа насчитывала 15 семян.

В качестве основного параметра биоэлектрических сигналов выбраны их максимальные значения. Для анализа результата эксперимента применен двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями. Первый фактор – это сорт пшеницы, выращенной на определенном поле и примененном удобрении. Второй фактор – это аэродинамические свойства семян (АДС), характеризующиеся скоростью витания. Таким образом, вначале производилась оценка влияния двух факторов на изменения максимальных значений биоэлектрических сигналов, а далее, по результатам средних значений, строились соответствующие графики.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1а приведен типичный биоэлектрический сигнал, зарегистрированный у семян пшеницы сорта Буран. Подобные сигналы называют переменным потенциалом [9]. Для сравнения на рисунке 1б показан аналогичный типичный сигнал у семян пшеницы Алтайская 75.



а



б

Рис. 1. Графики переменного потенциала у семян пшеницы двух сортов: а – Буран; б – Алтайская 75

Сорт Буран является объектом исследования в данной статье. Исследования по сорту Алтайская 75 выполнены в 2022 г. [9]. Семена пшеницы были представлены АО «Чистюньское» Топчихинского района Алтайского края.

Настоящие и прошлые исследования ВП у семян разных сортов, разных почв, разных районов сбора урожаев показывают и совпадения, и отличия. Сигналы очень близки по форме. В обоих случаях вначале ВП наблюдается потенциал покоя, обозначенный квадратом 1 (рис. 1а). Его величина в среднем имеет отрицательное значение $-0,5$ мВ. Далее идет процесс деполяризации сигнала от нуля до максимального значения с последующим его уменьшением. Однако между этими сортами имеются и существенные отличия. Во-первых, семена сортов пшеницы Буран и Омская 28 имели твердую оболочку по сравнению с семенами сортов Алтайская 75, Гранни и Тасос [9]. Оболочка у первых двух сортов прокалывалась с усилием. Из 240 семян только 4 оказались с мягкой оболочкой. Во-вторых, максимальный уровень ВП у сортов Буран и Омская 28 на порядок меньше, чем у сортов Алтайская 75, Гранни и Тасос. В-третьих, у сортов Буран и Омская 28 наблюдается нарушение непрерывного процесса деполяризации. На рисунке 1а область нарушения обозначена прямоугольником под номером 2. Длительность процесса нарушения деполяризации составляет 189 мс. Если внимательно посмотреть на график ВП, полученного от семян сорта Алтайская 75, в нем также можно обнаружить аналогичный маленький порожок. Однако его длительность составляет всего 40 мс. Длительность аналогичного порожка в ВП от семян других сортов еще меньше, или даже совсем отсутствует, поэтому этот эффект воспринимался как шумовая компонента в регистрируемом ВП. Наличие порожка означает отсутствие тока, который возникает за счет движения ионов Na^+ . Следовательно, ионные каналы у оболочки зерна закрываются, а затем снова открываются. В дальнейших исследованиях величина порожка может стать еще одним отличительным признаком в определении качества семян и его свойств.

В статье основное внимание уделено максимальному значению ВП. На рисунке 1а он обозначен прямоугольником 3. Выполненный двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями показал очень сильную зависимость максимального значения ВП как от сорта пшеницы и

поля, на котором она выращивалась, так и от АДС семян. Расчетная значимость взаимодействия факторов составила $3,7 \cdot 10^{-18}$, что во много раз меньше задаваемого уровня значимости 0,05. Во-вторых, критическое значение Фишера-Снедекора меньше расчетного: $1,94 < 16,22$. Особенно сильная зависимость наблюдается между скоростью витания и максимальными значениями ВП. При заданной значимости 0,05 расчетная значимость составила $1,6 \cdot 10^{-47}$, а расчетное значение Фишера-Снедекора значительно превышает критическое: $172,9 > 2,7$.

Используя результаты вычислений в двухфакторном дисперсионном анализе, на рисунке 2 приведены 4 графика зависимости усредненных максимальных значений ВП от скорости витания. В легенде графиков в скобках после сорта пшеницы отражены площадь поля и его урожайность в ц/га. Как видно из графиков, усредненные максимальные значения ВП имеют положительные значения при скоростях витания 8, 9, 10 м/с. Однако у семян при скорости витания 11 м/с наблюдаются отрицательные значения ВП. На рисунке 3 приведен график типичного ВП для таких семян. Количество семян с отрицательным ВП по сортам распределилось следующим образом: Омская 28 (105; 25,7) – 80%; Омская 28 (263; 39,1) – 100%; Буран (117; 41) – 80%; Буран (384; 50,5) – 100%.

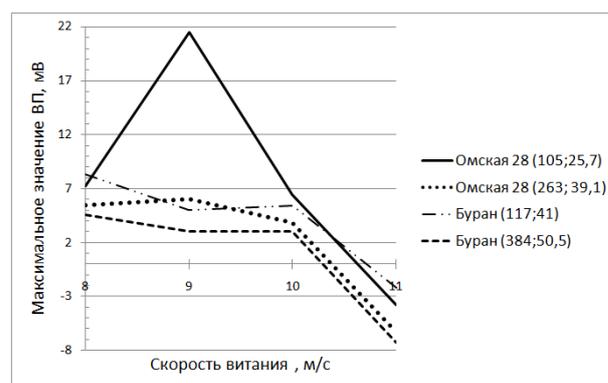


Рис. 2. Зависимость максимального значения ВП у семян пшеницы от скорости витания

При визуальном изучении семян на их поверхности наблюдались сколы и трещины. Таким образом, наличие травмированных семян ведет к инверсии ВП. Данный факт был зарегистрирован и у сортов Гранни, Тасос и Алтайская 75. Однако количество семян в выборке не превышало 5-10%, поэтому единичные зерна существенно не влияли на усредненное максимальное

ное значение ВП, которое всегда оставалось положительным [9].

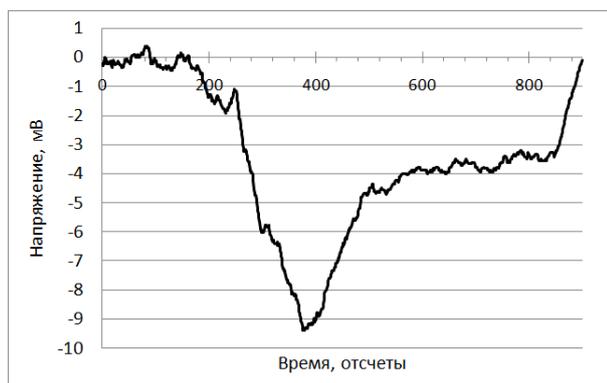


Рис. 3. Типичный переменный потенциал у семян пшеницы разных сортов, выделенных при скорости витания 11 м/с

Следовательно, независимо от сорта пшеницы и почвы наблюдается устойчивая за-

кономерность между полярностью ВП и травмированностью семян.

Вторая яркая особенность на графиках рисунка 2 проявляется при скорости витания 9 м/с. Семена сорта Омская 28 (105; 25,7) с относительно низкой урожайностью имеют самое высокое значение ВП. Напротив, семена сорта Буряк (384; 50,5) с высокой урожайностью имеют самое низкое значение ВП. Данный факт проявился и у сортов Гранни, Тасос и Алтайская 75 [9], причем, именно при скорости витания 9 м/с. Следовательно, полученный результат может быть использован как закономерность в прогнозировании урожайности. На основе экспериментальных данных, отраженных на рисунке 2 при скорости витания 9 м/с, построен график зависимости урожайности от усредненных значений ВП. График представлен на рисунке 4.

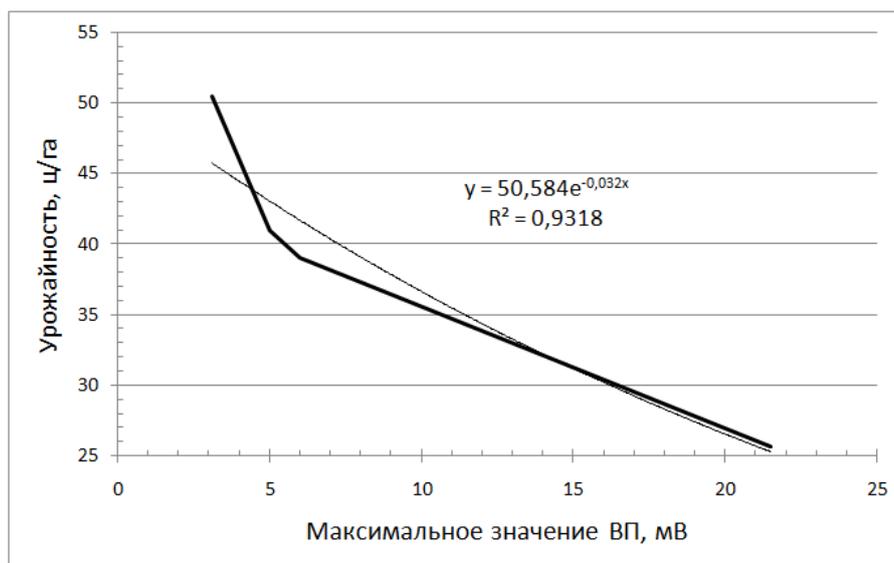


Рис. 4. Зависимость урожайности от максимального значения ВП у семян пшеницы при скорости витания 9 м/с

По экспериментальным точкам построена аппроксимирующая экспоненциальная функция зависимости урожайности (y) от максимального значения ВП (x):

$$y = 50,584 \cdot e^{-0,032 \cdot x}$$

Коэффициент детерминации имеет высокое значение: $R^2=0,9318$. Он определяет степень нелинейной зависимости двух рассматриваемых величин: y от x . В полученном уравнении y – это урожайность, измеряемая в ц/га. Поскольку x – это максимальное значение ВП, то оно имеет размерность мВ. Следовательно, постоянный

коэффициент в экспоненте имеет размерность **1/мВ**.

Полученное уравнение может быть использовано для прогнозирования урожайности семян пшеницы рассмотренных сортов. Однако это уравнение справедливо при условии почвы и используемых удобрений, указанных в таблице оценочных показателей.

Из сравнения урожайности по примененным удобрениям следует вывод о преимуществе использования диамофоски в физическом весе 100 кг/га по сравнению с дополнительными листовыми подкормками карбамидом в жидком виде.

Выводы

1. Выполненные исследования вариабельного потенциала у двух сортов пшеницы Буран и Омская 28 и сравнение полученных сигналов с сигналами сортов Алтайская 75, Тасос и Гранни показали, что сигналы очень близки по форме. Вначале ВП наблюдается потенциал покоя. Далее идет процесс деполяризации сигнала с возрастанием до максимального значения и последующим его уменьшением. Следовательно, независимо от сорта, района посева, почвы, удобрений форма сигналов остается неизменной.

2. У сортов Буран и Омская 28 обнаружено нарушение непрерывного процесса деполяризации. Нарушение выражается в стабилизации напряжения в течение длительного времени – 189 мс. Образующийся порожок напряжения характеризует особенности семян, связанные с потребительским качеством, которые еще предстоит изучить.

3. У семян сортов Буран и Омская 28 при скорости витания 11 м/с зафиксированы отрицательные значения ВП. При визуальном изучении семян на их поверхности наблюдались сколы и трещины. Таким образом, наличие травмированных семян ведет к инверсии ВП.

4. Получена экспоненциальная зависимость урожайности от максимального значения ВП у фракции семян пшеницы со скоростью витания 9 м/с. Чем больше сигнал, тем меньше урожайность. Полученное уравнение может быть использовано для прогнозирования урожайности для сортов Буран и Омская 28. Аналогичная закономерность наблюдалась и у сортов Алтайская 75, Тасос и Гранни.

Библиографический список

1. Леканов, С. В. Разработка и внедрение в производство новых технических решений для технологий послеуборочной обработки зерна / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, И. Н. Стрикунов. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-221-3-98-104. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского

государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (221). – С. 98-104.

2. Беляев, В. И. Структура урожая и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости (Тюменцевский район, Алтайский край) / В. И. Беляев, Л. В. Соколова, Н. В. Рудев. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (222). – С. 5-11.

3. Совершенствование процессов наружной сушки насыщенных водой семян и нанесения на них влагозащитного покрытия / И. Н. Краснов, А. В. Касьяненко, Ю. И. Аришин [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2022. – Т. 15, № 2 (58). – С. 54-62.

4. Доронин, В. Г. Влияние фунгицидов и их смесей с регулятором роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / В. Г. Доронин, Е. Н. Ледовский. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2021. – № 10. – С. 17-21.

5. Эффективность протравителя семян Ламадор на примере мягкой яровой пшеницы / С. В. Хижняк, В. В. Келер, С. В. Овсянкина [и др.]. – DOI 10.36718/1819-4036-2023-2-29-39. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2. – С. 29-39.

6. Newlands, N., Zamar, D., Kouadio, L., et al. (2014). An integrated, probabilistic model for improved seasonal forecasting of agricultural crop yield under environmental uncertainty. *Frontiers in Environmental Science*. DOI: 10.3389/fenvs.2014.00017.

7. Береза, О. В. О возможности прогнозирования урожайности озимой пшеницы в Среднем Поволжье на основе комплексирования наземных и спутниковых данных / О. В. Береза, А. И. Страшная, Е. А. Лупян. – Текст: электронный // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 1. – С. 18-30. – URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2015t1/18-30.pdf. (дата обращения: 23.07.2023).

8. Сравнение урожайности яровой пшеницы при различной концентрации натрия и калия в почве и различном мембранном потенциале семян / С. П. Пронин, В. И. Беляев, А. Г. Зрюмова, И. И. Петрова. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-215-9-16-24. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С.16-24.

9. Сравнение мембранного потенциала зерен пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам, разных сортов с разной урожайностью / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин, Д. Д. Барышев, В. И. Беляев. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.550-575. – Текст: непосредственный // Инженерные технологии и системы. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 550-575.

References

1. Lekanov, S.V. Razrabotka i vnedrenie v proizvodstvo novykh tekhnicheskikh reshenii dlia tekhnologii posleuborochnoi obrabotki zerna / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, I.N. Strikunov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 3 (221). – S. 98-104. – DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-98-104.

2. Beliaev, V.I. Struktura urozhaia i kachestvo zerna sortov iarovoi miagkoi pshenitsy razlichnykh grupp spelosti (Tiumentsevskii raion, Altaiskii krai) / V.I. Beliaev, L.V. Sokolova, N.V. Rudev // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 4 (222). – S. 5-11. - DOI: 10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11.

3. Sovershenstvovanie protsessov naruzhnoi sushki nasyshchennykh vodi semian i naneseniia na nikh vlagozashchitnogo pokrytiia / I.N. Krasnov, A.V. Kasianenko, Iu.I. Arishin [i dr.] // Vestnik agrarnoi nauki Dona. – 2022. – Т. 15, No. 2 (58). – S. 54-62.

4. Doronin, V.G. Vliianie fungitsidov i ikh smesei s regulatorom rosta na urozhainost i kachestvo

zerna iarovoi pshenitsy / V.G. Doronin, E.N. Ledovskii // Agrokhimiia. – 2021. – No. 10. – S. 17-21.

5. Effektivnost protravitelia semian Lamador na primere miagkoi iarovoi pshenitsy / S.V. Khizhniak, V.V. Keler, S.V. Ovsiiankina [i dr.] // Vestnik KrasGAU. – 2023. – No. 2. – S. 29-39. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-29-39.

6. Newlands, N., Zamar, D., Kouadio, L., et al. (2014). An integrated, probabilistic model for improved seasonal forecasting of agricultural crop yield under environmental uncertainty. *Frontiers in Environmental Science*. DOI: 10.3389/fenvs.2014.00017.

7. Bereza, O.V. O vozmozhnosti prognozirovaniia urozhainosti ozimoi pshenitsy v Srednem Povolzhe na osnove kompleksirovaniia nazemnykh i sputnikovykh dannyykh / O.V. Bereza, A.I. Strashnaia, E.A. Lupian // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa. – 2015. – Т. 12, No. 1. – S. 18-30. – URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2015t1/18-30.pdf. (data obrashcheniia: 23.07.2023).

8. Sravnenie urozhainosti iarovoi pshenitsy pri razlichnoi kontsentratsii natriia i kaliia v pochve i razlichnom membrannom potentsiale semian / S. P. Pronin, V. I. Beliaev, A. G. Zriumova, I. I. Petrova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 9 (215). – S. 16-24. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-215-9-16-24. – EDN KJILVH.

9. Sravnenie membrannogo potentsiala zeren pshenitsy, razdelennykh na fraktsii po aerodinamicheskim svoistvam, raznykh sortov s raznoi urozhainostiu / N. N. Barysheva, S. P. Pronin, D. D. Baryshev, V. I. Beliaev // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. – 2020. – Т. 30, No. 4. – S. 550-575. – DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.550-575.

