

6. Shpaar D. Raps i surepitsa. Vyrashchivanie, uborka, ispolzovanie (3-e izd.). Uchebno-prakticheskoe rukovodstvo. – Moskva: ID OOO «DLV AGRODELO», 2013. – 320 s.

7. Serov S.N. Soderzhanie mikroelementov i tiazhelykh metallov v semenakh maslichnykh kultur / S.N. Serov, D.F. Askhadullin // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana. – 2010. – T. 204. – S. 251-254.

8. Ermokhin Iu.I. Osobennosti khimicheskogo sostava kormovykh i ovoshchnykh kultur v uslovii-

akh Zapadnoi Sibiri / Iu.I. Ermokhin, I.A. Bobrenko // Omskii nauchnyi vestnik. – 2003. – No. 3 (24). – S. 180-182.

9. Dubrovina O.A. Nakoplenie elementov rasteniiami iarovogo rapsa pri ispolzovanii kurinogo pometa i tseolita / O.A. Dubrovina, T.V. Zubkova, D.V. Vinogradov // Vestnik RGATU. – 2020. – No. 4 (48). – S. 17-23.

10. Peters N.Ia. Vliianie mineralnykh udobrenii na postuplenie mikroelementov v rasteniia rapsa / N.Ia. Peters, V.P. Kormin // Omskii nauchnyi vestnik. – 2004. – No. 3 (28). – S. 149-151.



УДК 631.41

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

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-16-24 S.P. Pronin, V.I. Belyaev, A.G. Zryumova, I.I. Petrova

СРАВНЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАТРИЯ И КАЛИЯ В ПОЧВЕ И РАЗЛИЧНОМ МЕМБРАННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ СЕМЯН

SPRING WHEAT YIELD COMPARISON AT DIFFERENT SODIUM AND POTASSIUM CONCENTRATIONS IN THE SOIL AND DIFFERENT SEED MEMBRANE POTENTIAL

Ключевые слова: зерно пшеницы, прогнозирование урожайности, почва, концентрация натрия и калия, мембранный потенциал.

Прогнозирование урожайности пшеницы является важным этапом в управлении производством зерна. Для этого используют различные информационно-аналитические методы и средства. Однако до сих пор мало внимания уделяют потенциальной возможности семян дать высокий урожай на конкретных участках поля при различной обеспеченности элементами питания. Для прогнозирования урожайности предложено использовать электрофизические свойства семян и соотношение калия к натрию в почве. В эксперименте использовали яровую пшеницу сорта Омская-36. Сравнивались 7 вариантов опытов в условиях 2020 г. Оценочные показатели почвы определялись в центре агрохимической службы «Алтайский». В отдельной таблице приведены внесенные варианты удобрений на каждую делянку. Для оценки электрофизических свойств семян пшеницы использовали максимальное значение переменного потенциала. Определение его проводили для семян с аэродинамическими свойствами при скорости витания 9 м/с. Установлена линейная зависимость изменения максимального значения переменного потенциала от соотношения ионов K^+/Na^+ в почве. Коэффициент линейной корреляции составил 0,998. Следовательно, максимальные значения переменного потенциала на оболочках зерен пшеницы равносильно отражают соотношение концентраций ионов

калия и натрия в почве, измеренных фотометрическим методом. При этом выявлена нелинейная зависимость изменения урожайности пшеницы от соотношения ионов калия к натрию. Выделяются два графика, в каждом из которых наблюдается уменьшение урожайности с увеличением соотношения калия к натрию. При переходе с одного графика на другой происходит резкий скачок увеличения урожайности. Соотношение калия к натрию и максимальное значение переменного потенциала могут быть использованы при оптимизации системы питания растений и прогнозирования урожайности яровой пшеницы сорта Омская-36.

Keywords: wheat grain, yield forecasting, soil, sodium and potassium concentration, membrane potential.

Wheat yield forecasting is an important stage in grain production management. Various information and analytical methods and tools are used for this purpose. However, little attention is still paid to the potential ability of seeds to produce a heavy yield on a particular plot at different nutrient supply. To forecast the yield, the seeds electrophysical properties and potassium to sodium ratio in soil were proposed to be used. The spring wheat variety Omskaya-36 was used in the experiment. Seven variants of experiments under the conditions of 2020 were compared. The estimated soil indices were determined in the Agrochemical Service Center "Altayskiy". A separate table shows the applied fertilizers for each plot. To evaluate the electrophysical properties of wheat seeds, the maximum value of the variable potential was used. Variable potential measurements

were carried out for the seeds with aerodynamic properties at hovering velocity of 9 m s. A linear dependence of the change in the maximum value of the variable potential on the ratio of K^+/Na^+ ions in the soil was determined. The linear correlation coefficient was 0.998. Consequently, the maximum values of the variable potential on wheat grain shells equally reflect the ratio of potassium and sodium ion concentrations in the soil measured by the photometric method. At the same time, a non-linear dependence of the

wheat yield change on the potassium to sodium ion ratio was revealed. Two graphs stand out, each showing a decrease in yield as the ratio of potassium to sodium increases. When moving from one graph to another, there is an abrupt jump of yield increase. The ratio of potassium to sodium and the variable potential maximum value may be used to optimize the plant nutrition system and to forecast the yield of the Omskaya-36 spring wheat variety.

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.

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

Петрова Ирина Игоревна, магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ip11061999@ya.ru.

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

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

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

Petrova Irina Igorevna, master's degree student, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ip11061999@ya.ru.

Введение

Прогнозирование урожайности пшеницы является важным этапом в управлении производством зерна. В настоящее время для этого часто применяются информационно-аналитические методы с использованием различных математических моделей и инструментальных средств в виде датчиков и специализированных программ. Классификация методов прогнозирования и ее краткое описание приведены, например, в монографии [1].

На урожайность влияют множество факторов, включая агроклиматические условия, отдельные технологические приемы возделывания, сорта и др. Очевидно, что чем больше факторов будет учтено в модели, тем точнее и одновременно сложнее окажется процесс прогнозирования. Например, модель, представленная в статье [2], способна осуществлять прогнозирование в сезонном и региональном масштабах путем интеграции агрометеорологических переменных и индекса вегетации с нормализованной разностью (NDVI), вычисляемой по данным спутникового дистанционного зондирования. Модель была апробирована в вегетационном сезоне 2012 г. в масштабах Канадских Прерий. Отклонения между прогнозируемой урожайностью пшеницы были занижены на 1-4% в середине сезона и завышены на 1% в конце вегета-

ционного периода. Для получения высокой достоверности прогноза, как отмечают авторы, необходимо иметь основательные навыки прогнозирования.

Динамико-статистический метод прогноза урожайности яровой пшеницы изложен в руководящем документе [3]. Документ предназначен прогнозистам-агрометеорологам. Как и модель [2], метод оперирует агрометеорологическими данными, но в отличие от нее не использует индекс вегетации NDVI.

В статье [4] представлена модель прогнозирования озимой пшеницы на основе метеорологических и спутниковых данных с вычислением индекса вегетации NDVI. Исследования показали, что наибольшую точность прогнозирования метод дает в конце мая.

Нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI широко применяют как инструмент оценки урожайности пшеницы. Он может быть получен как со спутников, так и на земле с помощью ручных оптических сенсоров Green-Seeker. Например, ученые в Фейсалабаде (Пакистан) провели исследования по прогнозированию урожайности 10 сортов пшеницы с помощью такого ручного оптического сенсора [5]. Исследования показали четкую связь между урожайностью зерна и измеренным NDVI. Однако

самая высокая корреляция наблюдалась лишь на стадии зрелости.

В монографии [6, с.169] предложена логическая формула прогнозирования урожайности яровой пшеницы. Для вычисления ранга урожайности используются гидротермические коэффициенты, количество подвижного калия, нитратов, подвижного фосфора, мощность гумусового горизонта, pH водной суспензии и содержание валового фосфора в пахотном горизонте. Прогнозируемый эффект составляет 66%.

Простые регрессионные модели изложены в патентах: способ прогнозирования урожайности озимой пшеницы по среднесуточной температуре воздуха в мае и дозе минеральных удобрений [7], способ прогнозирования урожая яровой пшеницы по температуре и осадкам [8].

Моделируя прогнозы урожайности пшеницы, мало внимания уделяют потенциальным возможностям семян. Косвенным образом о возможностях судят по сорту пшеницы. Однако вопрос можно поставить по-другому: какую потенциальную урожайность могут обеспечить имеющиеся семена на конкретной почве, и какие удобрения необходимо внести для получения максимальной урожайности? Для ответа на этот вопрос необходимо иметь параметр, определяющий возможности зерна относительно почвы. Таким параметром может быть мембранный потенциал на оболочках семян пшеницы.

В статье [9] представлены исследования варибельного потенциала на оболочках семян пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам, и сравнении с урожайностью. В результате проведенных исследований сделан вывод, что с повышением урожайности максимальное значение варибельного потенциала (ВП) уменьшается. Выполненные исследования не затрагивали изучения влияния на ВП зерен внешних ионов минеральных веществ, находящихся в почве.

Известно, что мембранный потенциал высших растений более чем на 50% формируется за счет ионов K^+ , Na^+ и Cl^- [10, с. 6, 24]. Характеризуя изменения мембранного потенциала в виде потенциала действия или ВП, автор монографии [11, с. 103] также говорит, что основную роль в процессе изменения мембранного потенциала играют ионы K^+ и Na^+ .

Для уменьшения количества анализируемых параметров целесообразно от двух переменных

K^+ и Na^+ перейти к одному безразмерному параметру – соотношению ионов K^+/Na^+ .

Цель исследований – сравнить максимальные значения ВП на оболочках семян пшеницы от соотношения ионов K^+/Na^+ , сравнить изменение урожайности пшеницы от максимального значения ВП, от соотношения K^+/Na^+ , и оценить возможность прогнозирования урожайности по варибельному потенциалу.

Объекты и методы исследования

В эксперименте использовали яровую пшеницу сорта Омская-36, урожай которой был собран с 7 опытных делянок в 2020 г. в Краснозерском районе Новосибирской области. Почвы делянок представляют собой моллик солонцы. В таблице 1 приведены основные оценочные показатели почвы перед посевом и на момент уборки урожая. Оценочные показатели определялись в ЦАС «Алтайский». В таблице 2 отражены внесенные удобрения на каждой делянке.

Для оценки электрофизических свойств семян пшеницы использовали семена с 1-й, 2-й, 4-й и 5-й делянок с аэродинамическими свойствами семян при скорости витания 9 м/с. Разделение семян выполнено с помощью лабораторного парусного классификатора К-93. Выбор делянок был сделан из следующих соображений: во-первых, принадлежность делянок одному и тому же полю, во-вторых, малого и большого значений натрия в почве (1-я и 2-я делянки) на момент уборки урожая, в-третьих, равенства калия (4-я и 5-я делянки), в-четвертых, самой низкой и высокой урожайности.

Данные по количеству калия и натрия можно взять из таблицы 1 как в процентах, так и в мг-экв/100 г. Расчетные значения соотношений K^+/Na^+ приведены в таблице 3. Для измерения варибельного потенциала использовали метод и компьютеризированное средство измерения, которые подробно изложены в статье [9]. С каждой делянки из урожая пшеницы были взяты по 30 зерен. В регистрируемом ВП фиксировали его максимальное значение $ВП_{max}$. На рисунке 1 приведены типичные графики ВП при различной урожайности. По оси абсцисс указаны отсчеты. 300 отсчетов соответствуют 1 с. Далее определяли среднее значение $ВП_{max}$ и доверительный интервал при вероятности 0,95. Итог вычислений приведен в последней колонке таблицы 3. При вычислении $ВП_{max}$ использовали

АГРОНОМИЯ

критерий Граббса для исключения грубых погрешностей. Предварительно полученные дан-

ные были проверены на нормальность распределения.

Таблица 1

Основные оценочные показатели почвы перед посевом и на момент уборки урожая

| Поле | Делянка | ГК | Гумус, % | Нлг, мг/кг | Рподв., мг/кг | Кподв., мг/кг | Сумма погл. осн., мг-экв/100 г | Соотн. С:N, % |
|-------------------------|---------|------|----------|------------|---------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| Перед посевом | | | | | | | | |
| 58 | | 3,96 | 4,5 | 50,4 | 99,1 | 217,4 | 30,6 | 2,61:0,21 |
| 59 | | 3,13 | 4,4 | 56,0 | 81,6 | 148,2 | 28,6 | 2,55:0,20 |
| На момент уборки урожая | | | | | | | | |
| 58 | 1 | 4,32 | 4,7 | 53,2 | 86,0 | 152,3 | 29,2 | 2,73:0,18 |
| | 2 | 3,63 | 5,2 | 56,0 | 107,2 | 240,4 | 32,4 | 3,02:0,21 |
| | 3 | 3,56 | 4,0 | 54,6 | 99,3 | 264,4 | 25,4 | 2,32:0,17 |
| | 4 | 4,42 | 4,6 | 56,0 | 105,5 | 177,6 | 28,8 | 2,67:0,24 |
| | 5 | 3,48 | 4,5 | 56,0 | 81,2 | 213,7 | 28,0 | 2,61:0,18 |
| 59 | 6 | 3,96 | 4,9 | 57,4 | 87,4 | 163,3 | 31,0 | 2,84:0,22 |
| | 7 | 3,56 | 4,6 | 51,8 | 84,5 | 203,6 | 28,8 | 2,67:0,19 |

Продолжение табл. 1

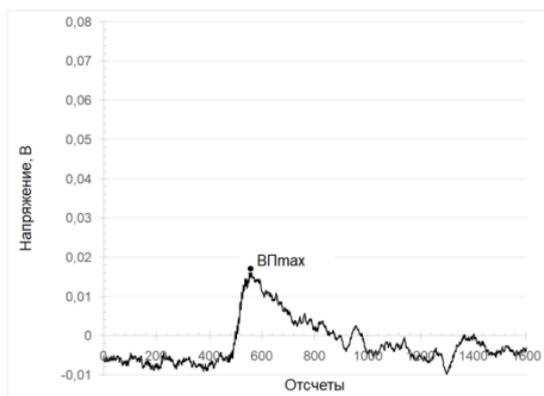
| Поле | Делянка | Ca ²⁺ , мг-экв/100 г | Mg ²⁺ , мг-экв/100 г | Na ⁺ , мг-экв/100 г | K ⁺ , мг-экв/100 г | ЕКО, мг-экв/100 г | Ca ²⁺ , % | Mg ²⁺ , % | Na ⁺ , % | K ⁺ , % | СНО |
|-------------------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------|
| Перед посевом | | | | | | | | | | | |
| 58 | | 13,73 | 8,54 | 4,80 | 1,18 | 28,25 | 48,60 | 30,23 | 16,99 | 4,17 | 87,71 |
| 59 | | 12,67 | 8,93 | 4,15 | 0,93 | 26,68 | 47,49 | 33,48 | 15,55 | 3,48 | 89,50 |
| На момент уборки урожая | | | | | | | | | | | |
| 58 | 1 | 18,72 | 3,36 | 6,35 | 1,04 | 29,47 | 63,52 | 11,40 | 21,55 | 3,53 | 88,53 |
| | 2 | 19,01 | 5,95 | 3,70 | 1,14 | 29,80 | 63,79 | 19,97 | 12,42 | 3,82 | 89,14 |
| | 3 | 14,98 | 6,14 | 3,40 | 1,20 | 25,72 | 58,24 | 23,87 | 13,22 | 4,67 | 87,84 |
| | 4 | 14,40 | 7,68 | 3,66 | 1,03 | 26,77 | 53,79 | 28,69 | 13,67 | 3,85 | 85,83 |
| | 5 | 13,63 | 7,49 | 3,72 | 1,00 | 25,84 | 52,75 | 28,99 | 14,40 | 3,86 | 88,13 |
| 59 | 6 | 13,73 | 9,31 | 4,50 | 1,03 | 28,57 | 48,06 | 32,59 | 15,75 | 3,60 | 87,83 |
| | 7 | 13,44 | 8,16 | 4,55 | 1,08 | 27,23 | 49,36 | 29,97 | 16,71 | 3,97 | 88,44 |

Таблица 2

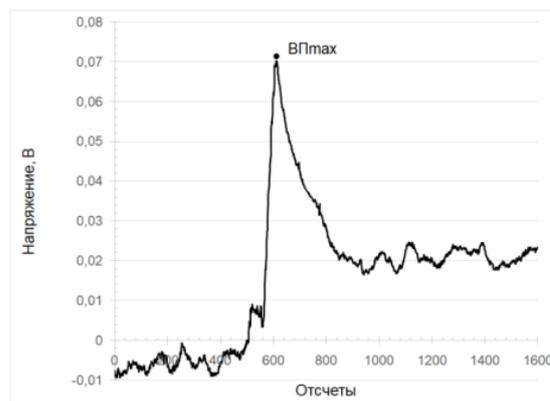
Внесенные удобрения

| Делянка | Минеральные удобрения | | | |
|---------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | при посеве | доза, кг/га | подкормка | доза, кг/га |
| 1 | Сульфоаммофос | 120 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 2 | Сульфоаммофос | 200 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 3 | НПК 16:16:16 | 200 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 4 | НПК(S) 15:15:15(10) | 200 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 5 | ЖКУ+КАС | 100+100 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 6 | ЖКУ+КАС | 100+100 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |
| 7 | НПК(S) 15:15:15(10) | 200 | К+С.М.+С.А. | 12+6+7 |

Примечание. К – карбамид; С.М. – сульфат магния; С.А. – сульфат аммония.



а) 1-я делянка 36,8 ц/га



б) 4-я делянка 32,3 ц/га

Рис. 1. Типичные графики переменного потенциала при различной урожайности пшеницы:

Результаты и их обсуждение

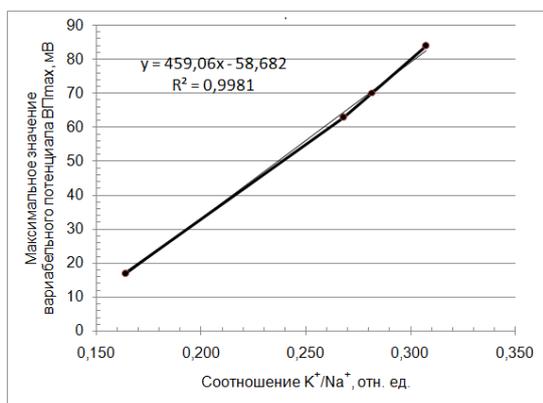
В таблице 3 приведены сводные данные для анализа результата исследований. В третьей

колонке показана урожайность, полученная с каждой делянки и приведенная к влажности 12%.

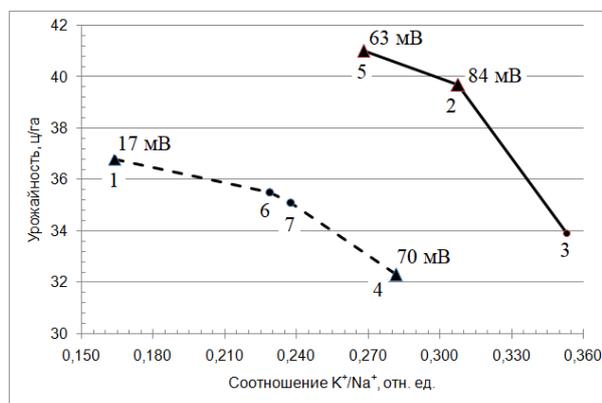
Таблица 3

Сводные данные для анализа результата исследований

| Поле | Делянка | Урожайность, ц/га | Соотношение K^+/Na^+ | $\overline{ВПmax}$, мВ |
|------|---------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 58 | 1 | 36,8 | 0,164 | 17±5 |
| | 2 | 39,7 | 0,308 | 84±4 |
| | 3 | 33,9 | 0,353 | |
| | 4 | 32,3 | 0,282 | 70±3 |
| | 5 | 41,0 | 0,268 | 63±3 |
| 59 | 6 | 35,5 | 0,228 | |
| | 7 | 35,1 | 0,238 | |



а



б

Рис. 2. Результаты измерений: а) зависимость максимального значения $\overline{ВПmax}$ от изменения соотношения K^+/Na^+ ; б) зависимость урожайности от соотношения K^+/Na^+ (все маркеры) и от максимального значения переменного потенциала $\overline{ВПmax}$ (треугольные маркеры)

На рисунке 2а показана зависимость изменения максимального значения переменного потенциала $\overline{ВПmax}$ от соотношения ионов K^+/Na^+ , содержащихся в почве, на момент уборки урожая. Зависимость носит линейный характер с очень высоким коэффициентом ли-

нейной корреляции: $\sqrt{R^2} = \sqrt{0,9981} = 0,999$. Следовательно, измеренные значения $\overline{ВПmax}$ на оболочках зерен пшеницы равносильно отражают соотношение концентраций ионов калия и натрия, измеренных фотометрическим методом [12].

На рисунке 2б отражена зависимость изменения урожайности пшеницы от соотношения K^+/Na^+ . Внизу маркеров цифрами от 1 до 7 обозначены номера делянок. Маркеры в виде треугольников одновременно отражают зависимости урожайности как от соотношения K^+/Na^+ , так и от максимального значения $\overline{ВПmax}$. Сверху треугольных маркеров приведены значения $\overline{ВПmax}$ в милливольтгах. У зависимости, показанной на рисунке 2б, выделяются два графика. Первый график лежит в диапазоне изменения соотношения K^+/Na^+ от 0,164 до 0,282, второй – от 0,268 до 0,353. В обоих случаях наблюдается закономерность уменьшения урожайности с увеличением соотношения K^+/Na^+ . При переходе рассматриваемой зависимости с одного диапазона на другой наблюдается резкий скачок увеличения урожайности пшеницы. В качественном плане графики и скачок урожайности согласуются с результатом, представленным в монографии [6, с. 166]. В ней отмечено, что урожайность снижается при высоком содержании обменного калия, пониженном фоне подвижного фосфора и пониженном фоне азота.

Таким образом, появление двух графиков и скачка свидетельствует о существенном влиянии фосфора и азота в совокупности с калием и натрием. Обращают на себя внимание урожайности с 4-й и 5-й делянок. При незначительной разности соотношений K^+/Na^+ (всего 5%) урожайности пшеницы значительно отличаются (табл. 3). Влияние на урожайность фосфора и азота можно оценить по представленным данным в таблицах 1, 2.

Обе делянки принадлежат одному и тому же полю. Перед посевом подвижный фосфор на этом поле имел значение 99,1 мг/кг (табл. 1). Как следует из таблицы 2, на 4-ю делянку внесено твердое гранулированное удобрение NPK массой 200 кг/га с содержанием фосфора 15%, на 5-ю – жидкое удобрение ЖКУ+КАС массой 100+100 кг/га с содержанием фосфатов в ЖКУ 37%. Исходя из масс удобрений, внесенных в почву на 1 га, нельзя сказать, что разница по фосфору в 7% на рассматриваемых делянках перед посевом была существенной. Зато обращает на себя внимание большая разница в подвижном фосфоре на момент уборки урожая (табл. 1). На 4-й делянке осталось 105,5 мг/кг, а на 5-й – 81,2 мг/кг. Следовательно, пшеница на

5-й делянке усвоила фосфора больше, чем на 4-й. Можно предположить, что именно поэтому хорошо развилась корневая система как залог высокого урожая.

Третьим фактором, влияющим на урожайность, является азот. Из таблицы 2 следует, что на 4-ю и 5-ю делянки внесено азота 30 и 43% соответственно. На момент уборки урожая в почве количество азота составило на этих делянках было одинаковым – по 56 мг/кг (табл. 1). Значит, на 5-й делянке пшеница получила и усвоила азота больше, чем на 4-й.

Таким образом, можно признать, что начальное соотношение ионов в почве перед посевом $K^+/Na^+ = 0,245$ с последующим внесением жидких удобрений ЖКУ+КАС (табл. 2) для сорта пшеницы Омская-36 обеспечили высокую урожайность.

На рисунке 2б в четырех точках отражена зависимость урожайности от максимального значения вариабельного потенциала $\overline{ВПmax}$ (точки показаны маркерами-треугольниками). Как видно из значений $\overline{ВПmax}$, наблюдается следующая тенденция. В обоих графиках с увеличением $\overline{ВПmax}$ урожайность уменьшается. Аналогичный результат получен и отражен в статье [9]. Однако отмеченная закономерность нарушается при сравнении $\overline{ВПmax}$ у разных графиков. Следовательно, наряду с признаком $\overline{ВПmax}$ в вариабельном потенциале необходимо определить еще какой-либо дополнительный признак, который бы устранил эту неоднозначность.

Выводы

Получена экспериментальная зависимость изменения урожайности яровой пшеницы сорта Омская 36 от соотношения ионов K^+/Na^+ на момент уборки урожая. Зависимость представляет собой два графика, в которых наблюдается уменьшение урожайности с увеличением соотношения ионов K^+/Na^+ .

В очень узком диапазоне соотношений ионов K^+/Na^+ от 0,268 до 0,282 обнаружена неоднозначность урожайности – и низкая, и высокая. Анализ по фосфору и азоту показал, что высокая урожайность достигнута при начальном соотношении ионов $K^+/Na^+ = 0,245$ (до посева) с последующим внесением жидких удобрений ЖКУ+КАС при дозе 100+100 кг/га.

Установлена линейная зависимость между максимальным значением вариабельного по-

тенциала и соотношением ионов K^+/Na^+ на момент уборки урожая. Следовательно, измеренные значения $ВП_{max}$ на оболочках зерен пшеницы равносильно отражают соотношение концентраций ионов калия и натрия, измеренных фотометрическим методом. Семена пшеницы в данном исследовании можно рассматривать как биодатчики. По биоэлектрическим сигналам можно прогнозировать потенциальную возможность зерен пшеницы и почвы обеспечить высокую урожайность.

Соотношение калия к натрию и максимальное значение переменного потенциала могут быть использованы при оптимизации системы питания растений и прогнозирования урожайности яровой пшеницы сорта Омская-36. Результаты исследований применимы для почвы моллик солонцы.

Библиографический список

1. Прудников, А. Г. Краткосрочный прогноз производства зерна / А. Г. Прудников. – Москва: Госагрономиздат, 1989. – 122 с. – Текст: непосредственный.
2. Newlands N.K., Zamar D.S., Kouadio L.A., Zhang Y., Chipanshi A., Potgieter A., Toure S. and Hill HSJ (2014). An integrated, probabilistic model for improved seasonal forecasting of agricultural crop yield under environmental uncertainty. *Front. Environ. Sci.* 2:17. doi: 10.3389/fenvs.2014.00017.
3. Руководящий документ РД 52.33.810-2014. Порядок составления прогноза урожайности яровой пшеницы по субъектам Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Росгидромета №273 : введен впервые: дата введения 2015-01-01: разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ФГБУ «ВНИИСХМ»). – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2014. – 20 с. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293755/4293755837.pdf>. (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.
4. 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: 05.02.2022).
5. Sultana, Syeda, et al. (2014). Normalized Difference Vegetation Index as a Tool for Wheat Yield Estimation: A Case Study from Faisalabad, Pakistan. *The Scientific World Journal*. 2014. 725326. doi: 10.1155/2014/725326.
6. Бурлакова, Л. М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука, 1984. – 198 с. – Текст: непосредственный.
7. Патент № 2158498 Российская Федерация, МПК А01G 7/00(2006.01). Способ прогнозирования урожайности озимой пшеницы: заявл. 11.30.1998: опубл. 11.10.2000 / Акулов П. Г., Понедельченко М. Н., Сокорева И. Н., Соколов Н. С. – 4 с.: ил. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2158498C2_20001110 (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.
8. Патент № 2 439 873 Российская Федерация, МПК А01G 7/00(2006.01). Способ прогнозирования урожая яровой пшеницы: заявл. 03.23.2009: опубл. 09.27. 2010 / Кондратенко Е. П., Пинчук Л. Г., Кузнецов В. П., Галанина Т. В., Егушова Е. А., Рудакова С. И., Гребенюк В. Е. – 2 с.: ил. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2009110572A_20100927.pdf (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.
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.
10. Дистанционные электрические сигналы у растений: учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Хранение и обработка информации в биологических системах» / В. А. Воденев, В. А. Опритов, С. А. Мысягин, С. С. Пятюгин. – Нижний Новгород: ННГУ, 2007. – 97 с. – URL: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/36.pdf> (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.
11. Медведев, С. С. Электрофизиология растений. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1997. – 122 с. – ISBN 5-

228-01758-1. – URL: <https://bio.spbu.ru/materials/molbio/Medvedev-Electrophysiology.pdf> (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.

12. ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке = Soils. Method for determination of sodium and potassium in water extract: Государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утверждены и введены в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. N 283: ограничение срока действия снято по протоколу N 5-94 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации / Разработан Министерством сельского хозяйства СССР. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023488?section=text> (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.

References

1. Prudnikov, A.G. *Kratkosrochnyi prognoz proizvodstva zerna* / A.G. Prudnikov. – Moskva: Gosagronomizdat, 1989. – 122 s.
2. Newlands N.K., Zamar D.S., Kouadio L.A., Zhang Y., Chipanshi A., Potgieter A., Toure S. and Hill HSJ (2014). An integrated, probabilistic model for improved seasonal forecasting of agricultural crop yield under environmental uncertainty. *Front. Environ. Sci.* 2:17. doi: 10.3389/fenvs.2014.00017.
3. *Rukovodiashchii dokument RD 52.33.810-2014. Poriadok sostavleniia prognoza urozhainosti iarovoi pshenitsy po subiektam Rossiiskoi Federatsii: izdanie ofitsialnoe: utverzhdn i vveden v deistvie prikazom Rosgidrometa No. 273: vveden v pervye: data vvedeniia 2015-01-01: razrabotan Federalnym gosudarstvennym biudzhetyem uchrezhdeniem «Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut selskokhoziaistvennoi meteorologii» (FGBU «VNIISKhM»).* – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTsD», 2014. – 20 s. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293755/4293755837.pdf>. (data obrashcheniia: 04.02.2022).
4. Bereza, O.V. O vozmozhnosti prognozirovaniia urozhainosti ozimoi pshenitsy v Srednem Povolzhe na osnove kompleksirovaniia nazemnykh i sputnikovyykh dannyykh / O.V. Bereza, A.I. Strashnaia, E.A. Lupian // *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa.* – 2015. – T. 12. – No. 1. – S. 18-30. – URL: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2015t1/18-30.pdf. (data obrashcheniia: 05.02.2022)
5. Sultana, Syeda, et al. (2014). Normalized Difference Vegetation Index as a Tool for Wheat Yield Estimation: A Case Study from Faisalabad, Pakistan. *The Scientific World Journal.* 2014. 725326. doi: 10.1155/2014/725326.
6. Burlakova, L.M. *Plodorodie altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza* / L.M. Burlakova. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 198 s.
7. Patent No. 2158498 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01G 7/00(2006.01). *Sposob prognozirovaniia urozhainosti ozimoi pshenitsy: zaiavl. 11.30.1998: opubl. 11.10.2000* / Akulov P.G., Ponedelchenko M.N., Sokoreva I.N., Sokorev N.S. – 4 s.: il. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2158498C2_20001110 (data obrashcheniia: 04.02.2022).
8. Patent No. 2439873 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01G 7/00(2006.01). *Sposob prognozirovaniia urozhaiia iarovoi pshenitsy: zaiavl. 03.23.2009; opubl. 09.27. 2010* / Kondratenko E.P., Pinchuk L.G., Kuznetsov V.P., Galanina T.V., Egushova E.A., Rudakova S.I., Grebeniuk V.E. – 2 s.: il. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2009110572A_20100927.pdf (data obrashcheniia: 04.02.2022).
9. Barysheva, N.N. *Sravnenie membrannogo potentsiala zeren pshenitsy, razdelennykh na fraktsii po aerodinamicheskim svoistvam, raznykh sortov s raznoi urozhainosti* / N.N. Barysheva, S.P. Pronin, D.D. Baryshev, V.I. Beliaev // *Inzhernyye tekhnologii i sistemy.* – 2020. – T. 30. – No. 4. – S. 550-575. DOI: 10.15507/2658-4123.030.202004.550-575.
10. Vodeneev V.A., Opritov V.A., Mysiaigin S.A., Piatygin S.S. *Dstantsionnye elektricheskie signaly u rastenii // Uchebno-metodicheskie materialy po programme povysheniia kvalifikatsii «Khranenie i obrabotka informatsii v biologicheskikh sistemakh».* – N. Novgorod: NNGU, 2007. – 97 s. – URL: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/36.pdf> (data obrashcheniia: 04.02.2022).
11. Medvedev, S.S. *Elektrofiziologiia pastenii.* – Sankt-Peterburg: Izd-vo S.-Peterburgskogo universiteta, 1997. – 122 s. URL: <https://bio.spbu.ru/materials/molbio/Medvedev-Electrophysiology.pdf> (data obrashcheniia: 04.02.2022).
12. GOST 26427-85. *Pochvy. Metod opredeleniia natriia i kaliia v vodnoi vytyazhke = Soils. Method for determination of sodium and potassium in water extract: Gosudarstvennyi standart Soiuzia SSR: izdanie ofitsialnoe: utverzhdn i vvedeny v*

deistvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta SSSR po standartam ot 8 fevralia 1985 g. No. 283: ogranichenie sroka deistviia sniato po protokolu No. 5-94 Mezhhgosudarstvennogo Soveta po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii / Razrabo-

tan Ministerstvom selskogo khoziaistva SSSR. – Moskva: Izdatelstvo standartov, 1985. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023488?section=text> (data obrashcheniia: 04.02.2022).



УДК 634.7:631.8

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-24-30

С.А. Сучкова, Т.З. Абзалтденов, Т.С. Кокина
S.A. Suchkova, T.Z. Abzaltdenov, T.S. Kokina

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ

SELECTION OF OPTIMAL CONCENTRATIONS OF GROWTH REGULATORS AT CLONAL MICROPROPAGATION OF BLUE HONEYSUCKLE

Ключевые слова: жимолость, клональное микро-размножение, корнеобразование, вегетативное размножение, гормоны, регуляторы роста, цитодеф.

Исследования проводились в Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета. Для получения качественного сортового посадочного материала жимолости требуется применение регуляторов роста. Подбор оптимальных концентраций регуляторов роста является наиболее важным пунктом при размножении жимолости *in vitro*, так как эта культура обладает высокой сортоспецифичностью. Исследования проведены на двух сортах жимолости промышленного назначения: Восторг и Гордость Бакчара. В качестве регуляторов роста на этапе размножения использовали 6-БАП (6-бензиламинопурин), в концентрациях 0,2-1,0 мг/л в сочетании с индолилуксусной кислотой (ИУК) 0,1 мг/л, а также препарат «Цитодеф» в концентрациях (0,2-1,0 мг/л). Контролем послужил 6-БАП (1 мг/л) в сочетании с ИУК (0,1 мг/л). На этапе корнеобразования использовали индолилмасляную кислоту (ИМК) 0,5 мг/л. Исследование проводилось на модифицированной питательной среде с составом солей по прописи Мурасиге-Скуга. В результате исследований выявлено положительное влияние препарата «Цитодеф» на ризогенез микрочеренков – образование корней начинается через неделю после посадки. Цитодеф положительно повлиял на рост растения в первые 25 дней. В варианте с применением Цитодефа в концентрации 0,5 мг/л показатели высоты растений больше контрольных на 25,0% у сорта Восторг и на 29,6% у сорта Гордость Бакчара. Положительно сказалось применение препарата и на физиологические показатели жимолости. На обоих сортах опытные показатели превысили контрольные значения. Сумма хлорофиллов с применением Цитодефа была больше контрольных

значений на 12,9-74,3%, а индекс азотного баланса – на 16,3-48,8%.

Keywords: blue honeysuckle, clonal micropropagation, root formation, vegetative propagation, hormones, growth promoters, Cytodef growth regulator.

The research was conducted in the Siberian Botanical Garden of the Tomsk State University. To obtain high-quality varietal planting material of honeysuckle, growth regulators should be used. The selection of optimal concentrations of growth regulators is the most important point in the reproduction of honeysuckle *in vitro*, since this culture has a high varietal uniqueness. The studies involved two commercial honeysuckle varieties: Vostorg and Gordost Bakchara. At the stage of reproduction, a growth regulator 6-BAP (6-benzylaminopurine) was used in concentrations of 0.2-1.0 mg L in combination with indoleacetic acid (IAA) 0.1 mg L and Cytodef growth regulator in concentrations of 0.2-1.0 mg L. The control was 6-BAP (1 mg L) in combination with IAA (0.1 mg L). At the stage of root formation, indole butyric acid (IBA) 0.5 mg L was used. The study was conducted on a modified plant medium (*Murashige and Skoog Basal Medium*). The research revealed a positive effect of Cytodef growth regulator on the rhizogenesis of micro-cuttings - root formation began in a week after planting. Cytodef also had a positive effect on plant growth during the first 25 days. In the variant with Cytodef in concentration of 0.5 mg L, the plant height indices were higher than those of the control by 25.0% for the Vostorg variety and by 29.6% for the Gordost Bakchara variety. The use of Cytodef also had a positive effect on the physiological indices of honeysuckle plants. In both varieties, the experimental indices exceeded the control values. The amount of chlorophylls with Cytodef was higher than the control values by 12.9-74.3%, and the nitrogen balance index by 16.3-48.8%.