

12. Bernardo A.N., Bowden R.L., Rouse M.N., Newcomb M.S., Marshall D.S., Bai G. Validation of molecular markers for new stem rust resistance genes in U.S. hard winter wheat // *Crop Science*. – 2013. – Vol. 53. – P. 755-764.

13. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta*. – M.: Kolos, 1979. – 415 s.

14. Makarova N.V., Trofimets V.Ya. *Statistika v Excel: ucheb. posobie*. – M.: Finansy i statistika, 2003. – 386 s.

15. Sochalova L.P., Likhenko I.E. *Geneticheskoe raznoobrazie yarovoy pshenitsy po ustoychivosti k migriruyushchim zabolevaniyam*. – Novosibirsk: SibNIIRS, 2015. – 196 s.

16. Skolotneva E. S., Salina E. A., Kolomits T. M., Vetrova M. A. *Kompleksnaya reviziya izogennykh Sr-linij, differentsiruyushchikh populyatsii steblevoy rzhavchiny // IV Mezhdunarodnaya konferentsiya «Sovremennye problemy immuniteta rasteniy k vrednym organizmam»*. – SPb., 2016.

17. Belan I.A., Rosseeva L.P., Meshkova L.V., Blokhina N.P., Pershina L.A., Trubacheeva N.V. *Sozdanie ustoychivyykh sor-*

tov dlya usloviy Zapadnoy Sibiri i Urala // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 1. – S. 5-10.

18. Osadchaya T.S., Trubacheeva N.V., Kravtsova L.A., Belan I.A., Rosseeva L.P., Pershina L.A. *Study of fertility and cytogenetic variability in androgenic plants (R0 and R1) of the alloplasmic introgression lines of common wheat // Russian Journal of Genetics: Applied Research*. – 2017. – Vol. 7 (3). – P. 318-326.

19. Rosseeva L.P., Meshkova L.V., Belan I.A. *Ustoychivost yarovoy myagkoy pshe-nitsy k vzbuditelyu buroy rzhavchiny v Zapadnoy Sibiri // Vtoraya Vserossiyskaya konferentsiya. (S-Peterburg, 29 sentyabrya – 2 oktyabrya 2008 g.) Sovremennye problemy immuniteta rasteniy k vrednym organizmam*. – SPb, 2008. – S.173-175.

Отдельные разделы работы выполнены при поддержке Комплексной программы СО РАН II.2. (№ 0324-2016-0022) и РФФИ (проект 17-04-01738).



УДК 631.893.99

Н.Е. Павловская, Д.Б. Бородин, А.А. Хорошилов, И.В. Яковлева
N.Ye. Pavlovskaya, D.B. Borodin, A.A. Khoroshilov, I.V. Yakovleva

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ НАНОКРЕМНИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

EFFECT OF NANO-SILICON ON SPRING WHEAT PHYTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY

Ключевые слова: нанокремний, минеральный кремний, яровая пшеница, фотосинтетическая продуктивность посевов, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, листовая поверхность, урожайность пшеницы, препарат «Винцит», минеральные удобрения.

Представлены результаты деятельности Орловского регионального центра сельскохозяйственной биотехнологии при ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина» по исследованию препарата «Нанокремний» на фотосинтетический потенциал пшеницы сорта «Дарья». Цель исследований заключалась в изучении кремнесодержащего препарата на фотосинтетическую продуктивность растений на примере яровой пшеницы. Объектом исследований служил перспективный сорт пшеницы «Дарья». В полевых опытах проводились фенологические наблюдения и оценка влияния препарата «Нанокремний» на фотосинтетическую продуктивность. Методом Решецкого было произведено измерение площади листьев пшеницы, обработанной препаратом «Нанокремний». Установлено, что препарат способствует повышению листового индекса яровой пшеницы. Была расчи-

тана продуктивность посевов яровой пшеницы. Установлено, что препарат «Нанокремний» увеличивает кустистость в 2,5 раза, тем самым способствуя повышению урожайности и коэффициента хозяйственной эффективности. Прирост сухой биомассы на 1 растение в период трубкавания показал, что при обработке препаратом «Нанокремний» прирост составил 1,5 г, что почти в два раза больше контроля. В наших исследованиях содержание золы в растениях, обработанных препаратом «Нанокремний» в процессе вегетации, увеличивалось на 15,4% по сравнению с контролем, что говорит о более интенсивном поглощении минеральных элементов корневой системой опытных растений. При предпосевной обработке и двукратном опрыскивании посевов во время вегетации препаратом «Нанокремний» увеличиваются высота растений, площадь листьев, число узлов кущения, фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность, повышается поглощение минеральных веществ корневой системой. Результаты исследований указывают на более длительную работу фотосинтетического аппарата пшеницы под влиянием препарата, обеспечивающего максимально высокий уровень поглощения солнечной энергии растительного покрова.

Keywords: nano-silicon, mineral silicon, spring wheat, crop photosynthetic productivity, leaf area, photosynthetic potential, leaf surface, wheat yield, pesticide Vincit, mineral fertilizers.

The research results indicate that the use of "Nano-Si" product exerts effect on wheat plants by extended photosynthetic work providing highest level of solar energy absorption by vegetation cover. This paper presents the results of Orlovskiy Regional Center of Agricultural Biotechnology at the Orel State Agricultural University on the effect of the product "Nano-Si" on the photosynthetic potential of wheat variety Darya. The research goal was to study the silicon product's influence on photosynthetic efficiency of spring wheat plants. The research target was a promising wheat variety Darya. The phenological observations and "Nano-Si" impact on photosynthetic efficiency were conducted in field experiments. The area of wheat leaves treated with "Nano-Si" was

measured by Reshetskii's method. It was found that the use of "Nano-Si" contributes to increased leaf area index of spring wheat. The productivity of spring wheat crops was calculated in this study. It is found that the use of "Nano-Si" increases tillering capacity 2.5 times, thus promoting increase in productivity and coefficient of economic efficiency. Dry biomass gain per 1 plant at booting stage with "Nano-Si" treatment made 1.5 g – twice as much as that in the control. Ash percentage in plants which were treated with "Nano-Si" during the growing season increased by 15.4% as compared to the control; that showed faster absorption of mineral elements by the root system of the experimental plants. When "Nano-Si" is used during pre-sowing treatment and was double sprayed on plants during growing season, this increased plant height, area of leaves, tillering node capacity, photosynthetic potential and productivity; the absorption of minerals by the root system also increased.

Павловская Нинель Ефимовна, д.б.н., проф., зав. каф. биотехнологии Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. Тел.: (4862) 76-15-17. E-mail: bioogau@mail.ru.

Бородин Дмитрий Борисович, к.с.-х.н., доцент, каф. биотехнологии, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. Тел.: (4862) 76-15-17. E-mail: tur-orel@mail.ru.

Хорошилов Андрей Алексеевич, аспирант, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. Тел.: (4862) 76-15-17. E-mail: yaposmotru@mail.ru.

Яковлева Ирина Владимировна, м.н.с., Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. Тел.: (4862) 76-15-17. E-mail: bioogau@mail.ru.

Pavlovskaya Ninel Yefimovna, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Chair of Biotechnology, Orel State Agricultural University. Ph.: (4862) 76-15-17. E-mail: bioogau@mail.ru.

Borodin Dmitriy Borisovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Biotechnology, Orel State Agricultural University. Ph.: (4862) 76-15-17. E-mail: tur-orel@mail.ru.

Khoroshilov Andrey Alekseyevich, post-graduate student, Orel State Agricultural University. Ph.: (4862) 76-15-17. E-mail: yaposmotru@mail.ru.

Yakovleva Irina Vladimirovna, Junior Staff Scientist, Orel State Agricultural University. Ph.: (4862) 76-15-17. E-mail: bioogau@mail.ru.

Введение

Мировой опыт показывает, что кремниевые удобрения занимают все более лидирующие позиции в современном земледелии. При использовании кремния улучшается усвоение культурами азота, фосфора и калия, повышается устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды [1]. Поиск новых альтернативных удобрительных веществ и средств защиты растений, в том числе и содержащих кремний, способных эффективно влиять на их развитие и стимулировать защитные механизмы, остается основной задачей современного растениеводства [2].

К подобным средствам относится новый препарат, названный «нанокремний». Препарат, состоящий из кристаллического кремния (Si) с размером частиц менее 0,5 мкм, положительно влияет на рост и развитие растений, а также на их урожайность, ускоряет процесс созревания, повышает уровень сопротивляемости к любым стрессам, неблагоприятным условиям, способности противостоять токсинам. Авторы препарата считают действие препара-

та «Нанокремний» аналогичным действию антидотов [1]. Целью исследований было изучение влияния препарата «Нанокремний» на фотосинтетическую продуктивность яровой пшеницы.

Методика исследований

Объектом исследования была яровая пшеница сорта «Дарья». Родословная: Г-18(81.1.2 х Белорусская 80). Сорт включён в Госреестр по центральному и Центрально-Чернозёмному регионам. Сорт рекомендован для возделывания в Брянской, Владимирской, Ивановской, Калужской, Тульской, Курской, Воронежской и Орловской областях.

Мелкоделяночные опыты заложены на полях ФГБНУ ВНИИЗБК, поселок Стрелецкий Орловской области. Все лабораторные исследования проводили на базе ЦКП «Орловский региональный центр сельскохозяйственной биотехнологии» на современном оборудовании и приборах в рамках заказной работы ФГБОУ ВО Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина.

Семена пшеницы замачивали в течение 2 ч в препарате «Нанокремний». Рабочий расход: 5 мл препарата разводится в 5 л воды. Контрольные образцы замачивали в воде и протравителе «Винцит» 1,2 мл препарата «Винцит» и 3,8 мл воды. Затем этим раствором обрабатываются семена пшеницы. Изменения биомассы регистрировали, беря пробы в фазу 3 листьев, кущения, выхода в трубку, колошения, цветения и в фазу полной спелости. Высушивание собранного материала производили до постоянного веса при 80°C в сушильном шкафу, остужали в эксикаторе и взвешивали с точностью до третьего знака после запятой на аналитических весах. Измерение площади листьев проводили по методике Решецкого [3]. Из каждой пробы методом случайной выборки берут по 10 зеленых листьев, взвешивают их, определяют площадь методом линейных измерений по длине (Д) и наибольшей ширине (Ш). Площадь измеренных листьев (S) рассчитывают по формуле: $S = D_{ср} \times Ш_{ср} \times 0,7 \times n$, где n – число измеренных листьев [3]. Продуктивность посевов рассчитывалась по листовому индексу $L = S_1 / P$, где S_1 – функционирующая (зеленая) площадь листьев, растущая на площади почвы P. Повторность опыта 4-кратная.

Результаты исследований

Исследования фотосинтетической продуктивности растений относятся к числу фундаментальных направлений в современной физиологии растений [4]. Актуальность проблемы связана с необходимостью оптимизации тех физиолого-биохимических процессов, от которых зависят величина и качество урожая [5].

Ёмкость фотосинтеза – это способность к поглощению света фотосинтетической системой [5]. Фотосинтетическую ёмкость можно повысить с помощью приемов агротехники, способствующих увеличению длительности существования листового покрова и обеспечивающего максимально высокий уровень поглощения солнечной энергии растительного покрова [3]. Высокая же скорость чистого фотосинтетического CO₂-газообмена и составляющих этого процесса еще не приводила к повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому до сих пор нет понимания того, как регулируется фотосинтез и как это отражается на росте агроценоза в целом [3].

В связи с этим целью исследования было изучить влияние препарата «Нанокремний»

на длительность работы фотосинтетического аппарата и урожайность яровой пшеницы. Обработка семян пшеницы перед посевом препаратом «Нанокремний» отразилась на скорости роста растений (рис. 1). Данные показывают, что рост растений в фазу начала трубкования у обработанных препаратом «Нанокремний» значительно выше, чем в варианте с химическим препаратом «Винцит» и контроле. В процессе вегетации эта разница сохраняется (рис. 2).

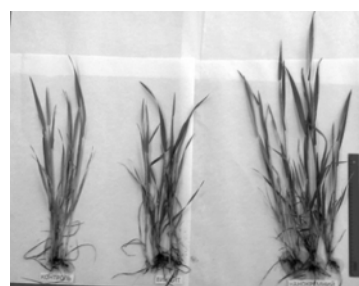


Рис. 1. Влияние препарата «Нанокремний» на рост растений яровой пшеницы «Дарья» в фазу начала трубкования: 1 – контроль; 2 – Винцит; 3 – Нанокремний

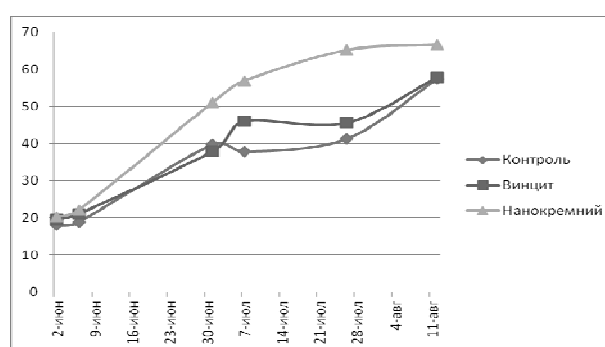


Рис. 2. Влияние препарата «Нанокремний» на высоту растений пшеницы

Основным показателем, характеризующим состояние посевов с точки зрения их фотосинтетической деятельности, является развитие поверхности листьев [5]. Еще в 70-е годы прошлого века было принято, что посевами, обладающими оптимальной площадью листьев и хорошей динамикой ее развития и формирования, считаются такие, в которых листовая поверхность быстро вырастает до 40-50 тыс. м²/га, затем долго сохраняется в активном состоянии на этом уровне и в конце вегетационного периода значительно уменьшается или полностью отмирает, отдавая ассимилянты на формирование продуктивных органов [5].

Показано, что площадь листовой поверхности яровой пшеницы повышается у контроля до 7 июля, когда наступает фаза начала цветения, а к 26 июля листья в контроле начинают засыхать (табл. 1). В вари-

анте с препаратом «Винцит» площадь листьев значительно ниже контрольных, но нарастание продолжается до 26 июля. В варианте с препаратом «Нанокремний» площадь листьев к 26 июля значительно превышает контроль и вариант с препаратом «Винцит». Что указывает на более длительную работу фотосинтетического аппарата пшеницы под влиянием препаратов [7].

Перерасчет листового индекса на количество растений на 1 м² почвы около (500 растений) показал, что в контрольном варианте он составляет 2,33; в варианте с препаратом «Винцит» – 2,67, с препаратом «Нанокремний» – 3,00.

Таким образом, установлено, что препарат «Нанокремний» способствует повышению листового индекса яровой пшеницы [8].

Величиной, характеризующей возможность использования посевами сельскохозяйственных культур солнечной радиации для фотосинтеза в течение вегетации, является фотосинтетический потенциал посева. Он рассчитывается умножением интегральной площади листовой поверхности растений (м²/га) на число дней периода активной радиации [3]. Нами исследована зависимость величины листовой поверхности от обработки препаратом «Нанокремний» в

сравнении с химическим средством защиты растений препаратом «Винцит».

По нашим данным (табл. 2), фотосинтетический потенциал посева яровой пшеницы в варианте с препаратом «Нанокремний» составил на 26 июля 645 тыс. м²/дней/га, по сравнению с контролем, у которого эта величина составляет 562 тыс. м²/дней/га и варианта с препаратом «Винцит» (516 тыс. м²/дней/га).

Большое внимание в современной селекции зерновых, особенно пшеницы и ячменя, уделяют отбору кустикающихся форм с продуктивными дополнительными побегами, что повышает $K_{хоз}$. Яровая пшеница кустится слабо [9]. Общая кустистость, равная 3-4, и продуктивная – 1,5-2 считаются для яровой пшеницы хорошими [10]. Подсчет числа узлов кущения показал (табл. 3), что в контрольном варианте в конце вегетации процент растений с одним узлом кущения составляет в среднем 55%, с двумя – 20, а с тремя – 25%.

В варианте с препаратом «Винцит» эти цифры, соответственно, 75, 20, 5%. В варианте с обработкой препаратом «Нанокремний» эти цифры составляют 40; 50,0; 10%. Таким образом, препарат «Нанокремний» увеличивает кустистость в 2,5 раза, тем самым способствуя повышению урожайности и коэффициента хозяйственной эффективности.

Таблица 1

Влияние препарата «Нанокремний» на площадь листовой поверхности

Варианты	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га				
	02.06.2016 г.	06.06.2016 г.	01.07.2016 г.	07.07.2016 г.	26.07.2016 г.
Контроль	3,70	4,39	19,37	31,13	28,03
Винцит	6,31	7,40	15,13	21,96	32,35
Нанокремний	6,42	8,73	37,25	31,07	36,87

Таблица 2

Влияние препарата «Нанокремний» на фотосинтетический потенциал посева, тыс. м²/дней/га

Варианты	6 июня	1 июля	26 июля
Контроль	16,1	297	562
Винцит	27,4	282	516
Нанокремний	30,3	575	645

Таблица 3

Количество растений из 20 с соответствующим числом узлов кущения

Вариант	1 июля			7 июля			26 июля		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	14	5	1	11	5	4	11	4	5
Винцит	17	2	1	15	4	1	14	4	2
Нанокремний	11	7	2	7	12	1	7	10	3

Таблица 4

Влияние препарата «Нанокремний» на содержание золы в растениях яровой пшеницы, %

Результаты	02.06.2016 г.	06.06.2016 г.	01.07.2016 г.	07.07.2016 г.	26.07.2016 г.
Контроль	5,13	6,69	11,52	11,79	11,98
Винцит	5,48	6,51	11,10	12,00	12,07
Нанокремний	5,90	9,60	11,90	16,15	19,01

В начале июля началось трубкование пшеницы. Фаза выхода в трубку в благоприятных условиях роста продолжается 30-36 дней. В эту фазу наблюдается самый большой прирост сухой массы растения и происходит формирование листьев [4, 14]. К этому сроку отмечено, что в контроле было 2-3 растения с трубкой, в варианте с препаратом «Винцит» – 3-4 растения, в варианте с препаратом «Нанокремний» – 5-6 растений. Расчет сухой биомассы на 1 растение в этот период показал, что в контроле эта величина составила 0,67 г, в варианте с препаратом «Винцит» – 0,87 г, при обработке препаратом «Нанокремний» – 1,5 г, что почти в два раза больше контроля.

Вместе с тем важным как в аспекте химизма самого растения, так и с позиций поступления элементов в процессе вегетации является показатель содержания зольных веществ в растениях [3, 10]. В наших исследованиях содержание золы в растениях в процессе вегетации увеличивалось (табл. 4) и к моменту созревания зерна составляло у контроля и в варианте с препаратом «Винцит» около 12%, а у растений, обработанных препаратом «Нанокремнием», – 19%, что говорит о более интенсивном поглощении минеральных элементов корневой системой опытных растений [5, 11].

Накопление биомассы единицей площади листа за единицу времени называется чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ) [6, 15]. Она, как правило, измеряется в граммах сухой массы на 1 м² за сутки, варьируя в зависимости от условий в широком диапазоне (7-20 г/м²сут.). ЧПФ характеризует среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посевах, но, как и ИФ, слабо коррелирует с конечным урожаем [6, 12].

На рисунке 3 показано влияние препарата «Нанокремний» на чистую продуктивность фотосинтеза.

Результаты наших исследований показывают, что ЧПФ листьев в варианте с препаратом «Нанокремний» в конце июля в фазу колошение – начало созревания составляет 20,52 г/м², в то время как в варианте с

препаратом «Винцит» – 14, 15, а в контрольном – 16,33 г/м².

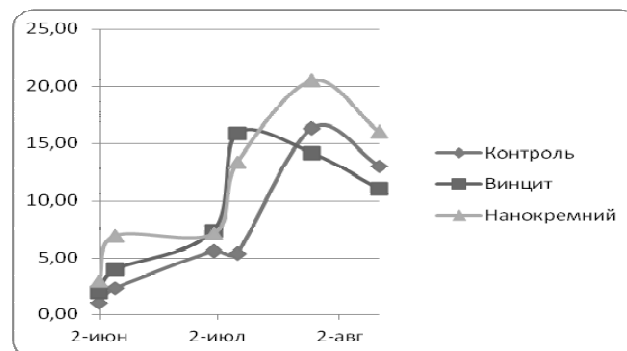


Рис. 3. Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м²сут. яровой пшеницы

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы о положительном влиянии обработки семян перед посевом яровой пшеницы «Дарья» препаратом «Нанокремний»: увеличиваются высота растений, площадь листьев, число узлов кущения, фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность, повышается поглощение минеральных веществ корневой системой. Это указывает на более длительную работу фотосинтетического аппарата пшеницы под влиянием препарата, обеспечивающего максимально высокий уровень поглощения солнечной энергии растительного покрова.

Библиографический список

1. Фролова С.А., Хорошилов А.А. Исследование влияния удобрения минерального «Нанокремний» на рост и развитие гороха «Фараон» // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2016. – № 2 (7). – С. 97-100.
2. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Бородин Д.Б., Горькова И.В. Биотехнология создания экологически безопасных средств защиты растений от болезней и вредителей // Тр. Междунар. форума по проблемам науки, техники и образования. – 2010. – С. 151-153.
3. Решецкий Н.П. и др. Физиология и биохимия растений: метод. указания. – Горки, 2000. – 144 с.

4. Орт Д., Меландри Б.А., Юнге В. и др. Фотосинтез: в 2 т. / под ред. Говинджи. – М.: Мир, 1987. – Т. 2. – 460 с.
5. Ничипорович А.А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности // Важнейшие проблемы в растениеводстве. – М.: Из-во АН СССР, 1970. – С. 6-22.
6. Федоров Н.И. Продуктивность пшеницы. – Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1980. – 176 с.
7. Бородин Д.Б., Павловская Н.Е. Влияние фитоиммуномодуляторов на устойчивость к биотическим факторам и продуктивность гороха // Теоретические основы применения биотехнологии, генетики и физиологии растений в современной селекции растений и растениеводстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / ГОУ ВПО «Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского». – Брянск, 2009. – С. 113-114.
8. Бородин Д.Б. Влияние фитоиммуномодуляторов на устойчивость к биотическим факторам и продуктивность гороха и пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Орловский государственный аграрный университет. – Орел, 2009.
9. Бородин Д.Б. Влияние фитоиммуномодуляторов на продуктивность гороха и пшеницы // Инновационный потенциал молодых ученых – АПК Орловской области: матер. регион. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, посвящ. 35-летию Орловского государственного аграрного университета / Министерство сельского хозяйства РФ; Орловский государственный аграрный университет; редколлегия Н.В. Парахин. – Орел, 2010. – С. 73-75.
10. Павловская Н.Е., Гагарина И.Н., Бородин Д.Б., Горькова И.В., Борзенкова Г.А. Биотехнология создания экологически безопасных средств защиты растений от болезней и вредителей // Тр. Международ. форума по проблемам науки, техники и образования. – 2010. – С. 151-153.
11. Павловская Н.Е., Бородин Д.Б. Влияние биологически активных веществ на антиоксидантную систему гороха // Защита и карантин растений. – 2009. – № 8. – С. 42.
12. Павловская Н.Е., Бородин Д.Б. Влияние биологически активных веществ, полученных на основе природных источников, на рост и развитие гороха // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 12. – № 3. – С. 18-20.
13. Павловская Н.Е., Бородин Д.Б., Юшкова Е.И. Влияние гуминового комплекса вермикомпоста на ферменты антиоксидантной системы гороха // Агрехимия. – 2010. – № 12. – С. 46-51.
14. Патент на изобретение RUS 2463759 Средство для предпосевной обработки семян гороха / Павловская Н.Е., Горькова И.В., Гагарина И.Н., Бородин Д.Б., Борзенкова Г.А.; 03.05.2011.
15. Юшкова Е.И., Павловская Н.Е., Бородин Д.Б. Испытание влияния малых доз препарата гуминового комплекса на фотосинтетическую деятельность гороха и пшеницы // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов: Межрегион. сб. науч. работ / Воронежский государственный университет, кафедра физиологии и биохимии клетки. – Воронеж, 2011. – С. 214-216.

References

1. Frolova S.A., Khoroshilov A.A. Issledovanie vliyaniya udobreniya mineralnogo «Nanokremniy» na rost i razvitie gorokha «Faraon» // Setevoy nauchnyy zhurnal OrelGAU. – 2016. – № 2 (7). – S. 97-100.
2. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Borodin D.B., Gor'kova I.V. Biotekhnologiya sozdaniya ekologicheski bezopasnykh sredstv zashchity rasteniy ot bolezney i vreditel'ey // Trudy Mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya. – 2010. – S. 151-153.
3. Reshetskii N.P. i dr. Fiziologiya i biokhimiya rasteniy: metod. ukazaniya. – Gorki, 2000. – 144 s.
4. Ort D., Melandri B.A., Yunge V. i dr. Fotosintez v dvukh tomakh pod redaktsiyey Govindzhi. Tom 2. – М.: Мир, 1987. – 460 s.
5. Nikiporovich A.A. Nekotorye printsipy kompleksnoy optimizatsii fotosinteticheskoy deyatel'nosti i produktivnosti // Vazhneyshie problemy v rastenievodstve. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1970. – S. 6-22
6. Fedorov N.I. Produktivnost pshenitsy. – Saratov: Privolzhskoe kn. izd-vo, 1980. – 176 s.
7. Borodin D.B., Pavlovskaya N.E. Vliyanie fitoimmunomodulyatorov na ustoychivost k bioticheskim faktoram i produktivnost gorokha // Teoreticheskie osnovy primeneniya biotekhnologii, genetiki i fiziologii rasteniy v sovremennoy selektsii rasteniy i rastenievodstve / Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. GOU VPO «Bryanskiy gosudarstvennyy universitet im. Akademika I.G. Petrovskogo». – Bryansk, 2009. – S. 113-114.

8. Borodin D.B. Vliyanie fitoimmunomodulyatorov na ustoychivost k bioticheskim faktoram i produktivnost gorokha i pshenitsy: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – Orel, 2009.

9. Borodin D.B. Vliyanie fitoimmunomodulyatorov na produktivnost gorokha i pshenitsy // Innovatsionnyy potentsial molodykh uchenykh – APK Orlovskoy oblasti / Materialy Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, posvyashchennoy 35-letiyu Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Ministerstvo selskogo khozyaystva RF, Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet; redkollegiya: Parakhin N.V. – Orel, 2010. – S. 73-75.

10. Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Borodin D.B., Gorkova I.V., Borzenkova G.A. Biotekhnologiya sozdaniya ekologicheskii bezopasnykh sredstv zashchity rasteniy ot bolezney i vreditel'ey // Trudy Mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya. – 2010. – S. 151-153.

11. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv na an-

tioksidantnuyu sistemu gorokha // Zashchita i karantin rasteniy. – 2009. – № 8. – S. 42.

12. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv, poluchennykh na osnove prirodnykh istochnikov, na rost i razvitie gorokha // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – T. 12. – № 3. – S. 18-20.

13. Pavlovskaya N.E., Borodin D.B., Yushkova E.I. Vliyanie guminovogo kompleksa vermikomposta na fermenty antioksidantnoy sistemy gorokha // Agrokimiya. – 2010. – № 12. – S. 46-51.

14. Pavlovskaya N.E., Gorkova I.V., Gagarina I.N., Borodin D.B., Borzenkova G.A. Sredstvo dlya predposevnoy obrabotki semyan gorokha. Patent na izobretenie RU 2463759 03.05.2011.

15. Yushkova E.I., Pavlovskaya N.E., Borodin D.B. Ispytanie vliyaniya malyykh doz preparata guminovogo kompleksa na fotosinteticheskuyu deyatel'nost gorokha i pshenitsy // Organizatsiya i regulyatsiya fiziologo-biokhimicheskikh protsessov / Mezhhregionalnyy sbornik nauchnykh rabot. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, kafedra fiziologii i biokhimii kletki. – Voronezh, 2011. – S. 214-216.



УДК 633.11

С.Б. Лепехов
S.B. Lepekhov

ОЦЕНКА ДИВЕРГЕНЦИИ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ С ПОМОЩЬЮ ЕВКЛИДОВА РАССТОЯНИЯ И ЕЁ ВЗАИМОСВЯЗИ С УРОЖАЙНОСТЬЮ

DIVERGENCE OF SPRING SOFT WHEAT MORPHOBIOLOGICAL TRAITS BASED ON EUCLIDEAN DISTANCE AND ITS CORRELATIONS WITH YIELD

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, селекция, урожайность, евклидово расстояние, элементы структуры урожая, подбор пар для скрещивания, высота растения, озерненность главного колоса.

В основе успешных селекционных программ лежит изучение генетического разнообразия, которое оценивается с помощью различных методов. Рассматриваются генетическая дивергенция и взаимосвязь между морфобиологическими различиями сортов и различиями в их урожайности. В 2013-2016 гг. в Алтайском НИИСХ (Барнаул) были изучены евклидовы расстояния и сопряженность шести морфобиологических признаков (высота растения, количество стерильных колосков, озерненность главного колоса, уборочный индекс, продолжительность периода всходы-колошение и урожайность) у 31 генотипа яровой мягкой пшеницы. Различия сортов по рассматриваемым при-

знакам стабильно проявлялись каждый год. Обнаружена значимая положительная корреляция между урожайностью и высотой растения, а также озерненностью главного колоса. Коэффициент корреляции между евклидовым расстоянием совокупности изучаемых признаков и квадратом разности урожайности был низким и варьировал от 0,07 до 0,41. Рассмотренные морфобиологические признаки в небольшой степени объясняют различия сортов по урожайности.

Keywords: spring soft wheat, plant breeding, yield, Euclidean distance, yield formula, choosing parental pairs for crossing, plant height, kernel number per spike.

Genetic diversity is the basis for successful breeding programs and can be evaluated by different methods. This paper discusses genetic divergence and correlation between morphobiological