

# АГРОНОМИЯ

УДК 633.11. «324»:631.527

С.В. Косенко  
S.V. Kosenko

## КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОДУКТИВНОЙ КУСТИСТОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

### COMBINING ABILITY AND GENETIC CONTROL OF PRODUCTIVE TILLING CAPACITY OF WINTER BREAD WHEAT

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, продуктивная кустистость, диаллельный анализ, комбинационная способность, сорта, доноры.

**Keywords:** winter bred wheat, productive tilling capacity, diallel analysis, combining ability, varieties, donors.

В условиях лесостепи Среднего Поволжья изучены комбинационная способность и генетический контроль признака «продуктивная кустистость» в диаллельном комплексе из 10 сортов озимой мягкой пшеницы. Дана характеристика погодным условиям в годы проведения исследований. Сорта диаллельного комплекса существенно различались по продуктивной кустистости. Наибольшую продуктивную кустистость имели сорта Безенчукская 380, Безенчукская 616 (Самарская обл.), Московская 39 (Московская обл.), Оренбургская 105 (Оренбургская обл.), Хазарка (Краснодарский край), Конкурент (Ростовская обл.) (5,1-5,9), наименьшую – сорт Смуглянка (Саратовская обл.) (3,5). Остальные сорта занимали промежуточное положение – Виктория 95 (Саратовская обл.), Победа 50 (Краснодарский край), Туровчанка (Беларусь) (4,4-4,6). Установлено, что на проявление генетических систем, определяющих наследование признака, а также на эффекты общей комбинационной способности (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС) оказывали влияние условия года и анализируемое поколение ( $F_1$  и  $F_2$ ). С использованием диаллельного анализа установлено, что признак «продуктивная кустистость» в изученном наборе сортов контролируется аддитивно-доминантной генетической системой с преобладанием доминантных эффектов ( $D < H_1$ ). Об этом также свидетельствуют коэффициент наследуемости в широком (0,68-0,95) и узком (0,18-0,22) смысле. Следовательно, наличие доминантных эффектов в контроле признака «продуктивная кустистость» позволяет рекомендовать отбор по данному признаку в более поздних гибридных поколениях. При селекции пшеницы на повышение продуктивной кустистости в качестве доноров предлагаются сорта Победа 50, Безенчукская 616 и Московская 39, характеризующиеся высокими эффектами ОКС и участием доминантных аллелей в увеличении признака.

The combining ability and genetic control of “productive tilling capacity” character in the diallel complex of 10 winter bread wheat varieties were studied under the conditions of the forest steppe of the Middle Volga region. The weather conditions during the years of research were described. The varieties of the diallel complex differed significantly in productive tilling capacity. The greatest productive tilling capacity (5.1-5.9) was found in the varieties Bezenchukskaya 380, Bezenchukskaya 616 (Samara Region), Moskovskaya 39 (Moscow Region), Orenburgskaya 105 (Orenburg Region), Khazarka (Krasnodar Region), and Konkurent (Rostov Region); the lowest productive tilling capacity (3.5) was found in Smuglyanka variety (Saratov Region). The rest of the varieties – Viktoriya 95 (Saratov Region), Pobeda 50 (Krasnodar Region) and Turovchanka (Republic of Belarus) were intermediate (4.4-4.6). It was found that the conditions of the year and analyzed generation ( $F_1$  and  $F_2$ ) exerted effect on the expression of the genetic systems that determined the inheritance of the character and the effects of general combining ability and specific combining ability. By using diallel analysis it was found that “productive tilling capacity” character in the studied varieties was controlled by additive-dominant genetic system with predominance of dominant effects ( $D < H_1$ ). This was also confirmed by the coefficients of heritability in a broad sense (0.68-0.95) and a narrow sense (0.18-0.22). Consequently, the presence of dominant effects in the control of “productive tilling capacity” character suggests the selection for this character in later hybrid generations. When breeding wheat for higher productive tilling capacity, the varieties Pobeda 50, Bezenchukskaya 616 and Moskovskaya 39 characterized by high effects of general combining ability and the involvement of dominant alleles in increasing the character are proposed as donors.

Косенко Светлана Валентиновна, к.с.-х.н., вед. н.с., зав. отделом селекции зерновых культур, Пензенский НИИ сельского хозяйства. E-mail: kosenkosv@mail.ru.

Kosenko Svetlana Valentinovna, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Head, Dept. of Grain Crop Selective Breeding, Penza Research Institute of Agriculture. E-mail: kosenkosv@mail.ru.

### Введение

При селекции растений на основные хозяйственно-полезные признаки и свойства, имеющие полигенный контроль, правильный подбор пар для гибридизации представляет большую трудность. Дело в том, что фенотипически близкие по тому или иному признаку или свойству исходные формы нередко имеют совершенно различную комбинационную способность, обусловленную генетической структурой их наследственных возможностей, и поэтому не в одинаковой степени реализуют эти возможности в своём потомстве [1, 2].

Продуктивная кустистость растений озимой пшеницы является одним из наиболее экологически изменчивых признаков [3, 4]. Его фенотипическое проявление очень сильно модифицируется погодно-климатическими условиями и в первую очередь влажностью почвы и температурным режимом в период от посева до кущения. Продуктивная кустистость, как наследуемый признак, имеет также генетическую определённость, являющейся одной из существенных характеристик генотипов исходного материала. Моносомный анализ генетики данного признака показал, что количество продуктивных стеблей контролируется системой генов, локализованных во многих хромосомах озимой пшеницы [5, 6].

**Целью** работы являлось изучение комбинационной способности и генетического контроля признака «продуктивная кустистость» у сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Для данной цели поставлены следующие **задачи**:

- выявить системы генетического контроля признака «продуктивная кустистость» в системе полудиааллельных скрещиваний;
- определить донорские способности сортов, использованных в полудиааллельном комплексе, и предложить наиболее ценные из них для включения в селекционные программы.

### Материал и методика исследований

Десять сортов озимой мягкой пшеницы отечественной селекции: Безенчукская 380, Безенчукская 616 (Самарская обл.), Смуглянка, Виктория 95 (Саратовская обл.), Оренбургская 105 (Оренбургская обл.), Московская 39 (Московская обл.), Конкурент (Ростовская обл.), Хазарка, Победа 50 (Краснодарский край), Туровчанка (Беларусь) были скрещены по полудиааллельной схеме.

Гибридные популяции и родительские формы изучали по схеме  $P_1-F_1-P_2$  в 2005/06 году и  $P_1-F_1-F_2-P_2$  в 2006/07 г. Полевые опыты закладывали по чистому пару в селекционном севообороте Пензенского НИИСХ. Семена высевали на делянках площадью  $0,4 \text{ м}^2$  ( $F_1$ ) и  $1,0 \text{ м}^2$  ( $F_{2,1}$ ) с нормой высева  $100 \text{ шт./м}^2$ . Комбинационную способность образцов определяли по II методу В. Griffing [7]. Генетический анализ диаллельного комплекса проводили по В. I. Hayman [8].

### Результаты исследований

Условия вегетации в годы исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков. 2005 г. характеризовался благоприятными условиями в период формирования и налива зерна ( $ГТК=1,41$ ). Засуха наблюдалась в период налива зерна ( $ГТК=0,5$ ) в 2006 г. и в период «выход в трубку – колошение» (отсутствие осадков при высоких среднесуточных температурах воздуха) в 2007 г. За годы исследований продуктивная кустистость у родительских форм варьировала от 3,5 у сорта Смуглянка до 5,9 у сорта Конкурент.

Дисперсионный анализ комбинационной способности во все годы исследований показал достоверность вариантов общей комбинационной способности (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС), доля их влияния составила, соответственно, 27,6-31,6% и 68,4-72,4%.

Достоверными отрицательными эффектами ОКС обладал сорт Смуглянка (табл. 1). Можно предположить, что скрещивание данного сорта с сортами, показавшими достоверно высокую положительную ОКС – Победа 50, Безенчукская 616 (во все годы исследований) и Московская 39 (в оба года исследований в  $F_1$ ), может компенсировать эффект снижения признака. Это предположение подтверждается стабильно положительными высокими значениями эффектов СКС у гибридной популяции Смуглянка/Московская 39. Таким образом, данная популяция может быть рекомендована для селекции на увеличение признака «продуктивная кустистость» наряду с гибридными популяциями Победа 50/Виктория 95, Победа 50/Туровчанка, Победа 50/Безенчукская 380, Виктория 95/Туровчанка.

У большинства сортов изученного набора данный признак детерминируется генами с доминантными и, возможно, эпистатическими эффектами ( $\sigma_{gi} < \sigma_{si}$ ), лишь у сорта Смуглянка преобладающую роль при

наследовании данного признака играют гены с аддитивными эффектами.

Корреляция между средними значениями признака и эффектами ОКС у родителей была положительной и достоверной на 0,001%-ном уровне значимости в 2007 г. в  $F_2$  ( $r=0,93 \pm 0,131$ ) и на 5%-ном в 2006 г. в  $F_1$  ( $r=0,72 \pm 0,247$ ), однако в  $F_1$  (2007 г.) коэффициент корреляции не отличался достоверно от нуля ( $0,28 \pm 0,340$ ). Исходя из соотношения ОКС и СКС данный признак детерминируется генами с неаддитивными эффектами. Это же подтверждается и анализом генетических компонентов дисперсии (табл. 2).

В гибридном поколении  $F_1$  2007 г. наследование было осложнено комплементарным взаимодействием генов (наклон линии регрессии отличался от единицы,  $b_y W_r/V_r=0,03$ ). Однако анализ диаллельного комплекса  $F_1$  (2006 г.) и  $F_2$  (2007 г.) не показал неаллельного взаимодействия генов ( $b_y W_r/V_r=0,96$  и  $1,03$  соответственно).

Генетическая изменчивость признака «продуктивная кустистость» обусловлена аддитивно-доминантной системой с преобладанием доминантных эффектов генов. Об этом также свидетельствует коэффициент наследуемости в широком ( $0,68-0,95$ ) и узком ( $0,18-0,22$ ) смысле, так как между ними наблюдаются значительные различия. Величина параметра  $H_1/D$  показывает, что у данной группы сортов в контроле изучаемого признака преобладает сверхдоминирование. Средняя степень доминирования в каждом локусе ( $\sqrt{H_1/D}$ ) больше единицы, что также указывает на сверхдоминирование. Имеется существенная асимметрия в распределении доминантных и рецессивных аллелей, определяющих продуктивную кустистость ( $H_2/4H_1=0,13-0,15$ ), с преобладанием доминантных эффектов ( $F>0$ ). В изученном наборе в целом также преобладают доминантные эффекты ( $\sqrt{4DH_1+F}/\sqrt{4DH_1-F} > 1,0$ ).

Таблица 1

Комбинационная способность сортов озимой пшеницы по признаку «продуктивная кустистость»

Сорт	$F_1$ (2006 г.)			$F_1$ (2007 г.)			$F_2$ (2007 г.)		
	эффект ОКС $g_i$	варианса ОКС $\sigma_{ci}$	варианса СКС $\sigma_{si}$	эффект ОКС $g_i$	варианса ОКС $\sigma_{ci}$	варианса СКС $\sigma_{si}$	эффект ОКС $g_i$	варианса ОКС $\sigma_{ci}$	варианса СКС $\sigma_{si}$
Победа 50	0,22	0,04	0,33	0,11	0,01	0,30	0,09	0,01	0,26
Конкурент	0,27	0,06	0,42	-0,11	0,01	0,13	0,09	0,01	0,19
Виктория 95	-0,06	0,01	0,20	0,04	0,01	0,13	-0,08	0,01	0,15
Туровчанка	-0,25	0,06	0,32	-0,01	0,01	0,19	0,04	0,01	0,10
Хазарка	0,16	0,02	0,06	0,08	0,01	0,10	0,23	0,05	0,15
Безенчукская 616	0,21	0,01	0,59	0,20	0,04	0,31	0,21	0,04	0,09
Оренбургская 105	0,01	0,01	0,30	-0,36	0,13	0,07	0,12	0,01	0,14
Безенчукская 380	0,09	0,01	0,30	0,26	0,07	0,12	-0,26	0,07	0,16
Смуглянка	-0,83	0,67	0,23	-0,38	0,14	0,12	-0,34	0,11	0,08
Московская 39	0,51	0,25	0,30	0,22	0,05	0,24	-0,04	0,01	0,17
Среднее		0,10	0,29		0,04	0,17		0,03	0,13
$HCP_{0,5}$	0,20			0,06			0,04		

Таблица 2

Анализ генетических параметров по признаку «продуктивная кустистость»

Генетические параметры	$F_1$ (2006 г.)	$F_1$ (2007 г.)	$F_2$ (2007 г.)
D	1,87*	0,31*	0,72*
F	2,89*	0,59*	1,04*
$H_1$	3,08*	1,35*	1,06*
$H_2$	1,66*	0,81*	0,66*
E	0,29*	0,02	0,01
$H_1/D$	1,65	4,35	1,47
$\sqrt{H_1/D}$	1,28	2,06	1,21
$H_2/4H_1$	0,13	0,15	0,15
$\sqrt{4DH_1+F}/\sqrt{4DH_1-F}$	1,13	1,43	1,42
Наследуемость в широком смысле ( $H^2$ )	0,68	0,94	0,95
Наследуемость в узком смысле ( $h^2$ )	0,22	0,36	0,18
r между $X_p$ и $W_r+V_r$	$0,34 \pm 0,332$	$0,36 \pm 0,330$	$0,61 \pm 0,280$
$b_{W_r/V_r}$	0,96	0,03	1,03

Коэффициент корреляции между средними значениями родителей и уровнем доминантности ( $W_r+V_r$ ) во всех случаях достоверно не отличался от нуля, это свидетельствует о ненаправленном доминировании, т.е. признак «продуктивная кустистость» могут повышать как доминантные, так и рецессивные аллели.

В 2006 г. существенное влияние на продуктивную кустистость оказывал паратипический компонент дисперсии.

### Выводы

На проявление генетических систем, определяющих наследование признака «продуктивная кустистость» у озимой пшеницы, так же как и на эффекты ОКС и СКС, оказывали влияние условия года и анализируемое поколение. Тем не менее выявлены определённые закономерности.

Признак «продуктивная кустистость» контролируется в основном аддитивно-доминантной генетической системой с преобладанием доминантных эффектов генов. Следовательно, отбор по продуктивной кустистости следует проводить в более поздних гибридных поколениях.

В качестве доноров на увеличение признака «продуктивная кустистость» предлагаются сорта Победа 50, Безенчукская 616 и Московская 39, характеризующиеся высокими эффектами ОКС и участием доминантных аллелей в увеличении признака.

### Библиографический список

1. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М., Ничипоренко Н.Н. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274. – № 3. – 720 с.
2. Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Татина Б.М. Изменчивость комбинационной способности твердой пшеницы в зависимости от условий выращивания // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 2. – С. 451-454.
3. Майданюк Н.Д. Особенности наследования продуктивности растений диаллельными гибридами яровой мягкой пшеницы // Сорта сельскохозяйственных культур Северо-Казахстанского селекцентра и особенности их агротехники: сб. науч. тр. – Целиноград, 1984. – С. 80-86.
4. Sidwell, R.J., Smith, E.L., McNew, R.W. Inheritance and Interrelationships of Grain Yield and Selected Yield-Related Traits in a Hard Red Winter Wheat

Cross // Crop Science. – 1976. – Vol. 16 (5). – P. 650-654.

5. Медведев А.М., Медведева Л.М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях. – М., 2007. – 481 с.

6. Narasimhamoorthy, B., Gill, B.S., Fritz, A.K., Nelson, J.C., Brown-Guedira, G.L. Advanced backcross QTL analysis of a hard winter wheat Ч synthetic wheat population // Theoretical and Applied Genetics. – 2006. – Vol. 112 (5). – P. 786-796.

7. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / В.Г. Вольф, П.П. Литун, А.В. Хавелова, Р.И. Кузьменко. – Харьков, 1980. – 75 с.

8. Федин М.А., Силис Д.Я., Смирнов А.В. Статистические методы генетического анализа. – М.: Колос, 1980. – С. 85-111.

### References

1. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel N.M., Nichiporenko N.N. Model ekologo-geneticheskogo kontrolya kolichestvennykh priznakov rasteniy // Doklady AN SSSR. – 1984. – T. 274. – № 3. – 720 s.
2. Yusov V.S., Evdokimov M.G., Tatina B.M. Izmenchivost kombinatsionnoy sposobnosti tverdoy pshenitsy v zavisimosti ot usloviy vyrashchivaniya // Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii. – 2012. – T. 16. – № 2. – S. 451-454.
3. Maydanyuk N.D. Osobennosti nasledovaniya produktivnosti rasteniy diallelnymi gibridami yarovoy myagkoy pshenitsy // Sorta selskokhozyaystvennykh kultur Severo-Kazakhstanskogo selektsentra i osobennosti ikh agrotekhniki: Sb. nauch. trudov. – Tselinograd, 1984. – S. 80-86.
4. Sidwell, R.J., Smith, E.L., McNew, R.W. Inheritance and Interrelationships of Grain Yield and Selected Yield-Related Traits in a Hard Red Winter Wheat Cross // Crop Science. – 1976. – Vol. 16 (5). – P. 650-654.
5. Medvedev A.M., Medvedeva L.M. Seleksionno-geneticheskiy potentsial zernovykh kultur i ego ispolzovanie v sovremennykh usloviyakh. – M., 2007. – 481 s.
6. Narasimhamoorthy, B., Gill, B.S., Fritz, A.K., Nelson, J.C., Brown-Guedira, G.L. Advanced backcross QTL analysis of a hard winter wheat Ч synthetic wheat population // Theoretical and Applied Genetics. – 2006. – Vol. 112 (5). – P. 786-796.
7. Metodicheskie rekomendatsii po primeniyu matematicheskikh metodov dlya analiza

eksperimentalnykh dannykh po izucheniyu kombinatsionnoy sposobnosti / V.G. Volf, P.P. Litun, A.V. Khavelova, R.I. Kuzmenko. – Kharkov, 1980. – 75 s.

8. Fedin M.A., Silis D.Ya., Smiryayev A.V. Statisticheskie metody geneticheskogo analiza. – M.: Kolos, 1980. – S. 85-111.



УДК 631.816.12

А.М. Мицурин  
А.М. Mitsurin

**ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ  
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
В УСЛОВИЯХ КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**EFFECT OF LIQUID MICRONUTRIENT MIXTURES ON SUNFLOWER  
AND SPRING WHEAT PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS  
OF THE KULUNDA STEPPE OF THE ALTAI REGION**

**Ключевые слова:** подсолнечник, яровая пшеница, микроэлементные смеси, урожайность.

**Keywords:** sunflower, spring wheat, micronutrient mixture, yields.

В последнее время возникла необходимость защиты растительного организма от стрессов различной природы в результате резкого возрастания количества неблагоприятных факторов, связанных с повсеместным применением пестицидов, антибиотиков нового поколения и других токсических веществ, отрицательно влияющих на растение и окружающую среду. Это возможно с помощью жидких микроэлементных смесей нового поколения с максимальной биологической эффективностью и минимальной негативной нагрузкой на экосистему. В опыте изучались и сравнивались варианты обработки семян и некорневые подкормки малообъемным стимулятором роста Альфастим и жидкими микроэлементными смесями Полидон® в различных сочетаниях между собой на сорте подсолнечника Кулундинский 4 и яровой пшенице сорта Степная волна. По отношению к контролю прибавка урожая маслосемян подсолнечника от изучаемых стимулятора и микроэлементных смесей составила 30,0-58,7% и зерна яровой пшеницы – 53,9-62,3%.

In recent years it became necessary to protect plant organisms against the stresses of different nature caused by increased number of adverse factors associated with widespread use of pesticides, antibiotics of new generation and other toxic substances that adversely affect plants and the environment. This is possible by using liquid micronutrient mixtures of new generation with maximum biological effectiveness and minimal negative impact on the ecosystem. The experiment goal was to study and compare different variants of seed treatment and foliar application of low-volume growth promoter Alfastim and liquid micronutrient mixtures Polydon® in their different combinations. The experiments were made by using sunflower variety Kulundinskiy 4 and spring wheat variety Stepnaya volna. As compared to the control, the yield increase owing to the use of the studied growth promoter and micronutrient mixtures made 30.0-58.7% for sunflower oilseeds and 53.9-62.3% for spring wheat grain.

**Мицурин Андрей Михайлович**, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. агротехники полевых культур, Алтайский НИИ сельского хозяйства, Барнаул. E-mail: mitcurin@yandex.ru.

**Mitsurin Andrey Mikhaylovich**, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Field Crop Cultural Practices Lab., Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. E-mail: mitcurin@yandex.ru.

Микроэлементы играют важную роль в питании растений, они повышают активность многих ферментов и улучшают использование питательных веществ из почвы и удобрений. Поэтому микроэлементы нельзя заменить другими веществами и их недостаток необходимо восполнять [1].

Микроудобрения, внесенные в почву, быстро связываются в недоступные для растений комплексы. Поэтому наиболее эффективными способами их внесения яв-

ляется предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений.

Микроудобрения, примененные в предпосевной обработке семян, удовлетворяют потребность в микроэлементах на самых ранних этапах органогенеза, что повышает полевую всхожесть семян, а также рост корневой системы и надземной массы. Также они снижают негативное воздействие протравителей на развитие проростков [2].

При некорневой подкормке микроэлементы быстро проникают в ткани и вклю-