

3. Долматова Л.С. Сравнение вредоносности хлебного стеблевого пилильщика на сортах мягкой яровой пшеницы в Приобье Алтайского края // Вестник АГАУ. – 2013. – № 5. – С. 66-69.

4. Мальчиков П.Н. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: автореф. дис. ... докт с.-х. наук. – Кинель, 2009. – 55 с.

5. Крупнов В.А., Касатов В.И. Методы выявления форм пшеницы, устойчивых к хлебному пилильщику // Селекция и семеноводство. – 1977. – № 6. – С. 59-60.

6. Sissons M., Abecassis J., Marchylo B., Carcea M., (eds), Durum wheat, chemistry and technology. – AACC International Inc., St. Paul, Minnesota. – 2012.

7. Шапиро И.Д., Вилкова Н.А. Устойчивость сельскохозяйственных культур к вредителям. – М., 1973. – 63 с.

References

1. Glukhovtseva N.I. Rezul'taty selektsii yarovoi pshenitsy v srednem povolzh'e // Seleksiya i semenovodstvo. – 1994. – № 3. – S. 16-21.

2. Agroekologicheskiy atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ikh bolezni, vrediteli i sornye rasteniya / A.N. Frolov, 2003. Vrediteli sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Cephus pygmaeus L. Khlebnyi pilil'shchik obyknovennyi. URL: http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Cephus_pygmaeus.

3. Dolmatova L.S. Svravnenie vredonosnosti khlebnogo steblevogo pilil'shchika na sortakh myagkoi yarovoi pshenitsy v Priob'e Altaiskogo kraya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 5. – S. 66-69.

4. Mal'chikov P.N. Seleksiya yarovoi tverdoi pshenitsy v Srednem Povolzh'e: Avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – Kinel', 2009. – 55 s.

5. Krupnov V.A., Kasatov V.I. Metody vyyavleniya form pshenitsy, ustoychivyykh k khlebnomu pilil'shchiku // Seleksiya i semenovodstvo. – 1977. – № 6. – S. 59-60.

6. Sissons M., Abecassis J., Marchylo B., Carcea M., (eds), Durum wheat, chemistry and technology. – AACC International Inc., St. Paul, Minnesota. – 2012.

7. Shapiro I.D., Vilkova N.A. Ustoichivost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur k vreditelyam. – M., 1973. – 63 s.



УДК 631.527.5:631.559:633.11«324»

М.Е. Мухордова
M.Ye. Mukhordova

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И ПУТЕВОЙ АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

CORRELATION AND PATH ANALYSIS OF PRODUCTION CHARACTERS OF WINTER WHEAT HYBRIDS

Ключевые слова: реципрокные гибриды, озимая пшеница, корреляция, путевые коэффициенты.

Для селекционно-генетических исследований необходимы разные способы интегральной оценки селекционного материала, поскольку важна характеристика линий, гибридов и форм не по отдельным признакам, а по их сопряженному комплексу. К таким методам относится оценка материала с помощью корреляционного и путевого анализов. В селекционном процессе в основном приходится иметь дело с признаками растений, на которые значительное влияние оказывают изменяющиеся условия среды. Последние могут вызывать вариабельность не только признаков, но и связей между ними. В связи с этим возникает задача поиска закономерностей изменчивости связей между признаками при смене условий среды, характера проявления корреляций в конкретных условиях опыта по годам. В нашей работе обсуждаются результаты анализа парных корреляций и путевых коэффициентов по элементам

продуктивности, и на их основе выявляется вклад изучаемых признаков в урожайность. Исходным материалом служили 5 сортов и 1 линия озимой мягкой пшеницы (Жемчужина Поволжья, Юбилейная 180, Фантазия х (Донская остистая х Му-тант 114), Сплав, Минская, Заларинка); гибридные комбинации F₁. В полевых условиях 2012-2013 гг. на базе СибНИИСХ г. Омска был заложен опыт. Анализ парных корреляций и путевых коэффициентов по элементам продуктивности показал, что в качестве маркерного признака в селекционном плане представляет интерес продуктивная кусти-стость. Коэффициенты корреляции между этим показателем и продуктивностью независимо от гидротермических условий года положительны и достоверны. Лучшие результаты по продуктивно-сти растений продемонстрировали гибридные комбинации с участием сорта Заларинка и линии Фантазия. Учитывая неблагоприятные условия в большинстве лет региона для налива зерна озимой пшеницы, селекционную ценность представляет также признак «число зерен в колосе».

Keywords: *reciprocal hybrids, winter wheat, correlation, path coefficients.*

Selective-breeding and genetic research requires various methods of integral evaluation of breeding material. It is very important to characterize the lines, hybrids and forms according to the complex of their individual characteristics. The evaluation of the material by correlation and path analysis belongs to such methods. Breeding process has to deal mainly with those plant characters which significantly depend on the environment conditions. The weather causes variability in the characters and in their relations. That determines the search for the regularities of variability relations between the characters in different environmental conditions and correlation patterns in specific trials. Our work discusses the analysis of pair correlations and path coefficients for the production characters, and

reveals the effect of the studied production characters on the yield. Five varieties and one line of soft wheat (Zhemchuzhina Povolzhya, Yubileynaya 180, Fantaziya Ч (Donskaya ostistaya Ч Mutant 114), Splav, Minskaya, Zalarinka); and F_1 hybrid combinations were studied. The field trial was conducted at the Siberian Research Institute of Agriculture in 2012-2013. The analysis of pair correlations and path coefficients of the production characters reveals that "productive tillering capacity" is a marker character in terms of breeding. The positive and reliable correlation coefficients between the character and the production regardless the environmental conditions were detected. The highest production was revealed by the hybrid combinations with the Zalarinka variety and the Fantaziya line. The character "the number of kernels per ear" is breeding importance as well given unfavorable weather conditions for winter wheat in West Siberia.

Мухордова Мария Евгеньевна, к.с.-х.н., доцент, вед. н.с., Сибирский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Омск. Тел.: (3812) 77-50-51. E-mail: sibniish@bk.ru.

Mukhorodova Mariya Yevgenyevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Leading Staff Scientist, Siberian Research Institute of Agriculture of Rus. Acad. of Agr. Sci., Omsk. Ph.: (3812) 77-50-51. E-mail: sibniish@bk.ru.

Введение

Для селекционно-генетических исследований необходимы разные способы интегральной оценки селекционного материала, поскольку важна характеристика линий, гибридов и форм не по отдельным признакам, а по их сопряженному комплексу. К таким методам относится оценка материала с помощью корреляционного и путевого анализов.

В селекционном процессе в основном приходится иметь дело с признаками растений, на которые значительное влияние оказывают изменяющиеся условия среды. Последние могут вызывать вариабельность не только признаков, но и связей между ними. В связи с этим возникает задача поиска закономерностей изменчивости связей между признаками при смене условий среды, характера проявления корреляций в конкретных условиях опыта по годам [1-4].

Корреляционный анализ показал (Ростовская область), что большое значение в увеличении урожайности сортов озимой пшеницы имеют озерненность и масса зерна с колоса, между урожайностью и этими признаками отмечена достоверная положительная связь ($r = 0,63 \pm 0,08$ и $r = 0,68 \pm 0,08$ соответственно). Средняя положительная связь установлена между длиной колоса и элементами структуры колоса: массой зерна ($r = 0,35 \pm 0,10$), числом зерен ($r = 0,43 \pm 0,10$), числом колосков ($r = 0,57 \pm 0,09$). Сильная отрицательная связь наблюдалась с плотностью колоса ($r = -0,74 \pm 0,07$), а сильная положительная – между числом и массой зерен с колоса, коэффициент корреляции составил $r = 0,89 \pm 0,05$ [5].

В условиях лесостепи ЦЧР [6] показатели урожайности и продуктивности были связаны следующим образом: урожайность сортообразцов озимой пшеницы в большей степени определяется их высокой зимостойкостью ($r = 0,48-0,73$), а также густотой продуктивного стеблестоя ($r = 0,54-0,86$), чем продуктивным колосом ($r = 0,26-0,38$); плотность колоса больше зависит от длины колоса ($r = -0,55(-0,69)$), чем от количества недоразвитых колосков ($r = 0,31-0,46$); продуктивность колоса озимой пшеницы зависит в большей степени от числа зерен ($r = 0,70-0,89$) и колосков в колосе ($r = 0,42-0,56$), чем от массы 1000 зерен ($r = 0,30-0,43$).

На протяжении исследований 2008-2010 гг. гибридов озимой пшеницы в условиях восточной лесостепи Украины были установлены высокие положительные и достоверные коэффициенты корреляции между длиной колоса и количеством колосков в колосе $r = 0,51$, количеством зерен и массой зерна с колоса $r = 0,82$, продуктивной кустистостью и количеством зерен с растения $r = 0,91$, массой зерна с растения $r = 0,80$, массой зерна колоса и массой зерна с растения $r = 0,63$. Определено, что коэффициенты корреляции наибольших величин достигали между элементами продуктивности колоса и составными элементами урожайности. На плотность и направленность связи элементов продуктивности с показателем длины верхнего междоузлия значительное влияние имеет комбинация скрещивания [7].

Цель работы – провести анализ парных корреляций и путевых коэффициентов по элементам продуктивности и на их основе

выявить вклад изучаемых признаков в урожайность.

Объекты и методы

Исходным материалом служили 5 сортов и 1 линия озимой мягкой пшеницы (Жемчужина Поволжья, Юбилейная 180, Фантазия х (Донская остистая х Мутант 114) (далее Фантазия), Сплав, Минская, Заларинка); гибридные комбинации F₁.

Исследования проведены в полевых условиях 2012-2013 гг. Осенью 2011-2012 гг. высеивались исходные родительские сорта (Р) и гибриды F₁. Схема скрещивания – диаллельная. Длина ряда 1 м. Площадь питания растений 10х20 см². Посев проведен ручной сажалкой. Предшественник – кулисный пар. Срок посева 2 сентября и 21 августа соответственно.

После уборки растений проведен структурный анализ по элементам продуктивности.

Корреляционный анализ осуществляли по методике Б.А. Доспехова [8]. Методика расчета коэффициентов путей дана по А.И. Седловскому и др. [9].

Характеризуя погодные условия в период эксперимента, можно сделать вывод о том, что они оказались экстремальными в зимний период и контрастными в течение вегетации.

Зима 2012 г. оказалась с пониженным температурным режимом, наблюдалось минимальное количество осадков. Все это отрицательно сказалось на перезимовке озимых культур, а в частности мягкой озимой пшеницы. Анализ гидротермического режима летних месяцев периода вегетации характеризует погоду 2012 г. как жаркую и засушливую.

Зимний период 2013 г. отличался холодными температурами декабря и двух декад января. Количество осадков в декабрьский и февральский периоды было пониженным. Характеристика гидротермического режима летних месяцев периода вегетации говорит о том, что погода 2013 г. была прохладная и влажная (исключение составляет июнь).

Результаты и обсуждение

Во время проведения опытов выявлены различия по продуктивности растений (табл. 1).

Так, в 2012 г. максимальные показатели характерны для числа зерен в колосе. Иные

показатели получены в 2013 г. – более влажном и прохладном – лучшее проявление признака отмечено по продуктивной кустистости, массе 1000 зерен и массе зерна растения. Это обстоятельство вполне согласуется с условиями вегетации 2012-2013 гг. Недостаток влаги в летний период 2012 г. в фазах кущения, колошения и начала молочной спелости сказался на показателях продуктивной кустистости и массы 1000 зерен. Во влажных условиях 2013 г. формирование данных признаков идет более благоприятно.

Средние по гибридным комбинациям позволяют сделать вывод о том, что показатели признаков в прямых скрещиваниях ниже, чем в обратных.

По рассматриваемым элементам структуры выделились следующие гибриды: в 2012 г. по числу зерен в колосе Юбилейная 180 х Заларинка в прямых скрещиваниях, Минская х Жемчужина Поволжья в обратных; по массе 1000 зерен лучшими показателями обладали в прямых скрещиваниях Фантазия х Сплав, в обратных – Минская х Жемчужина Поволжья; по продуктивной кустистости в прямых скрещиваниях – Жемчужина Поволжья х Сплав; в обратных – Заларинка х Сплав. В результате масса зерна растения была выше в прямых скрещиваниях у гибрида Сплав х Минская, в обратных – Заларинка х Юбилейная 180.

В 2013 г. максимальное проявление признака «число зерен в колосе» было у Фантазия х Сплав в прямых скрещиваниях, у гибрида Фантазия х Жемчужина Поволжья в обратных; по массе 1000 зерен – в прямых скрещиваниях – Жемчужина Поволжья х Сплав, в обратных – Заларинка х Жемчужина Поволжья; по продуктивной кустистости – Жемчужина Поволжья х Минская в прямых скрещиваниях, Сплав х Юбилейная 180 – в обратных; по массе зерна растения в прямых скрещиваниях – Юбилейная 180 х Заларинка, в обратных – Сплав х Жемчужина Поволжья.

При анализе гибридных комбинаций, исходя из цитоплазм их составляющих, мы можем отметить, что по количеству продуктивных стеблей лучшие результаты мы можем отметить у гибридов на фоне цитоплазмы сорта Заларинка – в 2012 г., Жемчужина Поволжья – в 2013 г.

Таблица 1

Элементы структуры продуктивности растения гибридов F₁

Признак	2012 г.		2013 г.		2012-2013 гг.	
	П	О	П	О	П	О
Масса зерна растения, г	8,88	10,28	17,61	15,21	13,25	12,75
Число зерен в колосе, шт.	52,00	51,30	40,80	41,60	46,40	46,45
Масса 1000 зерен, г	35,57	37,67	39,90	42,43	37,74	40,05
Продуктивная кустистость, шт.	6,90	8,10	14,80	15,02	10,85	11,56

Примечание. П – прямые; О – обратные скрещивания.

По озерненности колоса в 2012 г. выделяются гибриды на основе цитоплазмы сорта Заларинка, в 2013 г. – Фантазия.

По массе 1000 зерен в 2012 г. проявляют себя комбинации в присутствии цитоплазмы линии Фантазия, в 2013 г. – Сплава.

Более высокой продуктивностью растений характеризовались гибриды с участием цитоплазмы в 2012 г. сорта Заларинка, в 2013 г. – Фантазия.

В среднем по реципрокам в год с критическим периодом вегетации (2012 г. – засушливый) заметно выделяются гибриды на основе цитоплазмы сорта Заларинка, в 2013 г. с оптимальными условиями вегетации отмечены гибридные комбинации с цитоплазмой Фантазии.

Генотипические корреляции между обсуждаемыми признаками у гибридов первого поколения представлены в таблице 2.

Значимая положительная корреляция в 2012 г. данного исследования как в прямых, так и в обратных скрещиваниях отмечена между продуктивной кустистостью и массой зерна растения, а также между озерненностью колоса вновь результирующим показателем, только в 2013 г.

Достоверные обратные корреляции зафиксированы в 2012 г. между числом зерен и продуктивностью растений, а также между

числом зерен и числом продуктивных стеблей. В 2013 г. эта тенденция прослеживается при взаимодействии признаков «продуктивная кустистость» и «масса зерна растения».

В прямых скрещиваниях отмечена одна достоверная зависимость в 2012 г. между озерненностью колоса и крупностью зерна.

Путевой анализ позволяет вскрыть причины отмеченных ранее взаимосвязей (табл. 3).

Данные таблицы 3 показывают, что продуктивная кустистость проявляет наибольший прямой эффект. Её косвенный эффект отрицателен с массой 1000 зерен во влажную и прохладную погоду 2013 г., а в сухую 2012 г. этот эффект положителен, но не достоверен. Относительно высокий прямой эффект числа зерен в колосе в сочетании с низкими вкладами массы 1000 зерен и продуктивной кустистости выразился в достоверной положительной корреляции между озерненностью колоса и продуктивностью растения. Прямой и косвенный вклад массы 1000 зерен незначителен по годам исследования.

Полученные результаты указывают на селекционную ценность признаков «число зерен в колосе» и «продуктивная кустистость», которые обнаружили наибольший вклад в продуктивность растений озимой пшеницы в условиях проведенного опыта.

Таблица 2

Генотипические коэффициенты корреляции

Признак	ЧЗК		М 1000 зерен		ПК	
	2012 г.					
	П	О	П	О	П	О
МЗР	0,363	0,704*	-0,057	0,384	0,757*	0,803*
ЧЗК			0,609*	0,135	-0,072	0,578*
М 1000з					-0,381	0,488
2013 г.						
МЗР	0,518*	0,772*	0,322	0,122	0,491	0,623*
ЧЗК			0,419	0,114	0,133	0,454
М 1000з					-0,235	-0,231

Примечание. * При 5%-ном уровне значимости $r = 0,514$; МЗР – масса зерна растения; ЧЗМ – число зерен в метелке; М 1000з – масса 1000 зерен; ПК – продуктивная кустистость.

Таблица 3

Путевой анализ продуктивности озимой пшеницы

Признак	Путевые коэффициенты						Коэффициент корреляции	
	ЧЗК		М 1000з		ПК			
	П	О	П	О	П	О	П	О
2012 г.								
ЧЗК	0,434	0,374	0,264	0,050	0,031	0,216	0,363	0,704*
М 1000з	-0,015	0,008	-0,024	0,059	0,009	0,029	-0,057	0,384
ПК	-0,056	0,323	-0,297	0,272	0,780	0,558	0,757*	0,803*
2013 г.								
ЧЗК	0,318	0,575	0,133	0,066	0,042	0,261	0,518*	0,772*
М 1000з	0,130	0,017	0,311	0,148	-0,073	-0,034	0,322	0,122
ПК	0,069	0,180	-0,123	-0,091	0,522	0,396	0,491	0,623*

Примечание. Выделены путевые коэффициенты, характеризующие прямые эффекты. P_0 – влияние неучтенных факторов: P_0 (2012, П) = 0,50; P_0 (2012, О) = 0,52; P_0 (2013, П) = 0,69; P_0 (2013, О) = 0,54.

Выводы

Анализ парных корреляций и путевых коэффициентов по элементам продуктивности показал, что в качестве маркерного признака в селекционном плане представляет интерес продуктивная кустистость. Коэффициенты корреляции между этим показателем и продуктивностью независимо от гидротермических условий года положительны и достоверны.

Лучшие результаты по продуктивности растений продемонстрировали гибридные комбинации с участием сорта Заларинка и линии Фантазия.

Учитывая неблагоприятные условия в большинстве лет региона для налива зерна озимой пшеницы, селекционную ценность представляет также признак «число зерен в колосе».

Библиографический список

1. Долотовский И.М., Никонов В.И. Генотипические корреляции хозяйственно-ценных признаков яровой пшеницы // Селекция и семеноводство. – М., 1989. – № 4. – С. 19-21.
2. Мухордова М.Е., Калашник Н.А. О корреляционном и путевом анализе элементов продуктивности гибридов F₁ яровой мягкой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 3. – С. 54-59.
3. Paroda R.S., Joshi A.B. Correlation, path-coefficients and their implication of discriminant function for selection in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Heredity. – 1970. – V. 25. – No. 3. – P. 382-392.
4. Das P.K. Studies on selection for yield in wheat. An application of genotypic and phenotypic correlations, path-coefficient analysis and discriminant functions // J. of Agric. Sci. – 1972. – V. 79. – Issue 3. – P. 447-453.
5. Марченко Д.М. Изучение взаимосвязи морфобиологических признаков мягкой озимой пшеницы с зерновой продуктивностью. Рассвет. – 2012. – 22 с.
6. Тищенко В.Н., Чекалин Н.М. Корреляционно-регрессионный анализ количественных признаков у озимой мягкой пшеницы: генетические корреляции между количеством междоузлий и другими признаками и индексами у селекционных линий озимой пшеницы // Генетические основы адаптивной селекции озимой пшеницы в зоне лесостепи. – Полтава, 2005.
7. Звягин А.Ф. Корреляционно-регрессионный анализ количественных признаков у

озимой мягкой пшеницы: Учение о корреляционном анализе в селекции растений // Селекция и семеноводство. – 2011. – Вып. 99.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1985. – 351 с.

9. Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. – Алма-Ата, 1982. – 200 с.

References

1. Dolotovskii I.M., Nikonov V.I. Genotipicheskie korrelyatsii khozyaistvenno-tsennyykh priznakov yarovoi pshenitsy // Seleksiya i semenovodstvo. – 1989. – № 4. – S. 19-21.
2. Mukhordova M.E., Kalashnik N.A. O korrelyatsionnom i putevom analize elementov produktivnosti gibridov F₁ yarovoi myagkoi pshenitsy // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. – 2010. – № 3. – S. 54-59.
3. Paroda R.S., Joshi A.B. Correlation, path-coefficients and their implication of discriminant function for selection in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Heredity. – 1970. – V. 25. – No. 3. – P. 382-392.
4. Das P.K. Studies on selection for yield in wheat. An application of genotypic and phenotypic correlations, path-coefficient analysis and discriminant functions // J. of Agric. Sci. – 1972. – V. 79. – Issue 3. – P. 447-453.
5. Marchenko D.M. Izuchenie vzaimosvyazi morfobiologicheskikh priznakov myagkoi ozimoi pshenitsy s zernovoi produktivnost'yu. – Rassvet, Rostovskaya obl., 2012. – 22 s.
6. Tishchenko V.N., Chekalin N.M. Korrelyatsionno-regressiionnyi analiz kolichestvennykh priznakov u ozimoi myagkoi pshenitsy: Geneticheskie korrelyatsii mezhdouzl'iy i drugimi priznakami i indeksami u selektsionnykh liniy ozimoi pshenitsy / Geneticheskie osnovy adaptivnoi selektsii ozimoi pshenitsy v zone lesostepi. – Poltava, 2005.
7. Zvyagin A.F. Korrelyatsionno-regressiionnyi analiz kolichestvennykh priznakov u ozimoi myagkoi pshenitsy: Uchenie o korrelyatsionnom analize v selektsii rastenii / Seleksiya i semenovodstvo. – 2011. – Vyp. 99.
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M., 1985. – 351 s.
9. Sedlovskii A.I., Martynov S.P., Mamonov L.K. Genetiko-statisticheskie podkhody k teorii selektsii samoopylyayushchikhsya kul'tur. – Alma-Ata, 1982. – 200 s.

