

УДК 633.18:631.52(470.61)

П.И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
Е.В. Краснова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный

сотрудник,

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

(347740, г. Зерноград, Научный городок, 3, email: vniizk30@mail.ru;

Л.М. Костылева, кандидат сельскохозяйственных наук; доцент,
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ
(347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21)

ИЗУЧЕНИЕ ГИБРИДОВ РИСА ОТ СКРЕЩИВАНИЯ ТУРЕЦКИХ И РОССИЙСКИХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Урожайность риса в нашей стране пока еще недостаточна для удовлетворения потребностей населения, что обуславливает актуальность исследуемой проблемы. Поэтому необходимо создавать новые высокопродуктивные сорта. У гибридов первого поколения часто проявляется гетерозис, который является причиной существенных трансгрессий у следующих поколений. Это позволяет отобрать более продуктивные формы. Цель данной работы состоит в анализе количественных признаков, влияющих на продуктивность зерна с метелки, у гибридов F_1 между турецкими и российскими сортами. Методами исследования данного вопроса являлись статистический и генетический анализ, которые позволили выявить степень фенотипического доминирования признаков, эффект истинного гетерозиса. Полевой эксперимент был проведен для изучения гибридов по высоте растений, длине метелки, числу колосков и выполненным зернам на метелке, фертильности колосков, длине, ширине и массе зерновок для поиска комбинаций с высокой продуктивностью зерна и анализа взаимосвязи массы зерна на метелке с некоторыми хозяйственно ценными признаками. Средний гетерозис по высоте растений (4,2%), длине метелки (2,1%), числу колосков (35,3%), числу зерен (27,3%) и массе зерна на метелке (27,5%) был положительным. Гетерозис по фертильности, длине, ширине и массе зёрен был отрицательным (от -5,3 до -8,6%). Среди компонентов урожайности увеличение количества колосков и зерен на метелке в наибольшей степени способствовало повышению массы зерна с метелки у гибридов. Существует значительная положительная связь между урожайностью зерна на метелке и фертильностью колосков и средняя отрицательная – с высотой растений и длиной метелки. Более высокая урожайность зерна с метелки у гибридов F_1 была связана с увеличением числа колосков в ней и высокой фертильностью. Материалы статьи могут быть полезными для улучшения селекционной работы по повышению продуктивности риса.

Ключевые слова: рис, гибриды, продуктивность, фертильность, масса зерна, гетерозис

P.I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, main research officer;
E.V. Krasnova, Candidate of Agricultural Sciences, leading research officer,
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy"
(347740, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru);
L.M. Kostyleva, Candidate of Agricultural Sciences, docent,
Azov-Blacksea Engineering Institute FSBEI HE Donskoy SAU
(347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21)

THE STUDY OF RICE HYBRIDS OBTAINED IN HYBRIDIZATION OF THE TURKISH AND RUSSIAN VARIETIES IN THE ROSTOV REGION

Rice productivity in this country is insufficient for the needs of population that shows the importance of the studied problem. Thus, it's necessary to develop new highly productive varieties. The hybrids of the first generation often reveal heterosis which is a reason for significant transgressions in the further generations. It gives an opportunity to select more productive forms. The purpose of the work is to analyze quantitative traits of the hybrids F₁ among the Turkish and Russian varieties and their effect on productivity of kernels per panicle. The method of the analysis is a statistic and genetic analysis, which allow establishing a degree of phenotypic domination of the trait and an effect of true heterosis. The field trials have been carried out to study such traits as 'plant height', 'length of panicle', 'number of spikelets per panicle' number of kernels per panicle', 'fertility of spikelets', 'length, width and weight of kernels'; to find any combinations with high grain productivity; to analyze correlation of 'kernels weight per panicle' with some economically valuable traits. The average heterosis of 'plant height'(4.2%), 'length of panicle'(2.1%), 'number of spikelets (35.3%), 'number of kernels'(27.3%) and 'kernels weight per panicle'(27.5%) was positive. The heterosis of 'fertility of spikelets', 'length, width and weight of kernels' was negative (from -5.3% till -8.6%). Among the components of productivity the increase of 'number of spikelets and kernels per panicle' significantly increased 'kernels weight per panicle' of the hybrids. There is a definite positive correlation between 'number of kernels per panicle' and 'fertility of spikelets and an average negative correlation between 'plant height' and 'length of panicle'. The hybrids F₁ produced larger 'number of kernels per panicle' due to the increased 'number of spikelets per panicle' and high 'fertility of spikelets'. The materials of the article can be useful for the improvement of rice productivity.

Keywords: *rice, hybrids, productivity, fertility, kernels' weight, heterosis.*

Введение. Для повышения урожайности растений большое значение имеет гетерозис. Гетерозис имеет коммерческое использование у нескольких зерновых культур, таких как кукуруза, сорго, жемчужное просо и др. У риса это явление впервые было открыто в 1926 году. С тех пор многие исследователи сообщили о значительном гетерозисе у некоторых гибридов риса и их результаты были обобщены Virmani et al. (1996) [1]. Гетерозис по урожайности зерна в основном обусловлен значительным увеличением количества колосков на метелке, массой зерна с метелки и общим накоплением сухого вещества [2].

На основе отдаленной в эколого-географическом отношении гибридизации можно осуществлять перенос различных генов устойчивости риса к биотическим и абиотическим стресс-факторам и создавать ценный исходный и селекционный материал риса [3].

Сорта риса из Турции и России имеют значительную генетическую дифференциацию, которая приводит к дивергенции фенотипов и адаптаций. Это может способствовать проявлению гетерозиса. Из расщепляющихся популяций гетерозисных гибридов с большой вероятностью появляются трансгрессивные продуктивные формы, что связано с эколого-географическими и генетическими различиями родительских форм. Ранее ними были проведены исследования по изучению гибридов от отдаленного скрещивания образцов и сортов различного происхождения по ряду количественных признаков, для изучения взаимосвязи между ними и поиска удачных гибридных комбинаций [4, 5]. Это исследование было направлено на создание в перспективе высокопродуктивных сортов риса.

Цель исследований – анализ наследования количественных признаков, влияющих на продуктивность зерна с метелки, у гибридов F_1 между турецкими и российскими сортами и оценка степени гетерозиса.

Материалы и методы. Турецкие образцы были представлены сортами Sakmak, EFE, Ergene, Gala, Pasali, Османчик, Pusta Intaci (донор устойчивости к гербициду имидазольного ряда), российские – Контакт, Боярин, Командор, Кубояр.

Семена гибридов F_1 были получены в теплице в 2015 году, в качестве мужских родителей в скрещиваниях взяты четыре российских сорта *japonica*, в качестве женских – 6 турецких сортов *japonica* типа и один – *indica* (Pusta Intaci). Для удаления пыльников использовали вакуумный насос DS-8. Опыление проводили твелл-методом [6].

Полевой эксперимент проводили на Опытной станции «Пролетарская», (г. Пролетарск Ростовской области, Россия), сбор и обработку данных осуществляли в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской».

Семена гибридов и родительских форм высевали в деревянные ящики (60 x 40 x 10 см) в конце апреля 2016 года. Почва темно-каштановая, тяжело суглинистая. Минеральные удобрения N, P и K вносили в количестве 12, 9 и 6 г/ м² соответственно.

Тридцатидневные растения (3-4 листа) были пересажены в поле на делянки с интервалом между рядами 30 см, а между растениями в ряду – 15 см. Сорные растения удаляли с помощью гербицида Цитадель. Глубину воды от высадки рассады до физиологической зрелости поддерживали на уровне 20 см. Фазу цветения отмечали, когда около 50% растений на делянке завершили выметывание.

После созревания была промерена высота растений и проведена случайная выборка из каждой делянки по пять метелок, у которых определены их длина, масса зерна с метелки, количество колосков и выполненных зерен, их размеры, рассчитана фертильность колосков. Массу 1000 зерен определяли при 14% влажности.

В исследованиях использованы методы биометрического и генетического анализа. Степень фенотипического доминирования вычисляли по методу Griffing (1956) [7], эффект истинного гетерозиса – по Д.С.Омарову (1975) [8].

Результаты. Высота растений родительских сортов варьировала в пределах 67-97 см, (в среднем 86,6 см), а у гибридов – от 85 до 107,8 см (в среднем 94,4 см). Почти все гибриды F₁, кроме трех, имели высоту растений значительно больше, чем лучший родительский сорт (табл. 1). Особенно существенное превышение (12-20 см) наблюдалось у гибридов Ergene × Боярин и Pusta Intaci × Боярин. Степень доминирования варьировала от -0,8 до 16,0. В селекции низкорослых, неполегающих форм большая высота нежелательна, поэтому 4 низкорослых гибрида Сакмак × Боярин, Сакмак × Контакт, Gala × Контакт и Pasali × Контакт представляют больший интерес.

1. Морфологические признаки гибридов F₁ и их родительских сортов

Название сорта, гибрида	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Число выполненных зерен, шт.	Фертильность, %	Длина колоска, мм	Ширина колоска, мм	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с метёлки, г
Сакмак × Боярин	88,0	16,3	226,0	193,3	85,5	8,10	3,00	30,0	5,80
Сакмак × Контакт	86,3	18,3	236,0	226,7	96,1	8,10	3,20	29,3	6,65
EFE × Боярин	96,7	17,3	222,7	210,0	94,3	8,30	3,40	31,3	7,42
EFE × Контакт	94,3	16,3	162,3	150,0	92,4	7,97	3,17	30,7	5,65
Ergene × Боярин	99,3	16,7	231,7	220,4	95,1	7,90	2,90	29,7	6,54
Gala × Боярин	94,3	16,7	250,7	224,6	89,6	8,40	3,20	32,3	7,26
Gala × Командор	97,3	17,7	296,0	287,3	97,1	8,43	3,13	30,0	8,62

Gala × Контакт	87,8	15,7	191,7	178,0	92,9	8,20	2,93	30,3	6,60
Pasali × Контакт	85,0	16,3	178,8	192,7	83,1	8,15	3,23	30,0	5,78
Pusta Intaci × Áÿðëí	107,8	21,0	304,0	90,7	29,8	8,53	2,93	26,7	2,42
Османчик × Кубояр	102,0	22,3	226,3	201,9	89,2	8,20	3,37	29,7	5,99
Sakmak	91,0	16,0	184,8	159,9	86,5	8,00	3,2	30,3	4,85
EFE	92,0	15,7	180	165,9	92,2	7,57	3,23	31,3	5,20
Ergene	81,0	17,7	97,7	86,5	88,6	9,73	3,25	36,2	3,13
Gala	94,0	16,8	166,8	146,9	88,1	8,45	3,35	33,8	4,97
Pasali	78,0	18,2	186,0	177,6	95,5	8,50	3,5	29,0	5,15
Pusta Intaci	85,0	24,6	129,0	91,0	70,5	9,23	2,47	21,0	1,91
Османчик	96,0	16,0	139,7	127,8	91,5	8,60	3,37	35,3	4,51
Боярин	88,0	16,0	143,3	132,0	92,1	8,40	3,5	31,3	4,13
Командор	84,0	15,5	159,5	148,2	92,9	8,30	3,26	29,1	4,31
Контакт	67,0	13,5	104,5	97,8	93,6	8,10	3,05	28,8	2,82
Кубояр	97,0	16,7	201,4	186,1	92,4	8,20	3,6	28,5	5,30
Средняя гибридов	94,4	17,7	229,7	197,8	85,9	8,11	3,13	30,0	6,25
Средняя родителей	86,6	17,0	153,9	138,2	89,4	8,46	3,25	30,4	4,21
Стандартное отклонение	8,9	2,5	54,5	51,6	14,1	0,51	0,25	3,0	1,68

Из 11 гибридов 5 сформировали значительно более длинные метелки, чем их лучшая родительская форма, превышение достигало 34% у гибрида Османчик × Кубояр (22,3 см). У остальных были промежуточные значения, степень доминирования варьировала от -0,20 до 0,61.

Количество колосков в метелке было значительно выше, чем у родителей у большинства гибридов, кроме двух: EFE × Контакт и Pasali × Контакт, которые имели промежуточные значения между родительскими. Степень доминирования варьировала от 0,53 до 36,24, преобладало сверхдоминирование. Превышение по этому признаку было очень значительным. Некоторые гибриды, такие как Pusta Intaci × Боярин превысили большего родителя более чем в 2 раза, сформировав 304 колоска на метелке, хотя налились в них лишь 90 зерен.

Количество выполненных зерен в метелке у 9-ти гибридов также было существенно выше, чем у лучшего родителя. Особенно выделились гибриды Ergene × Боярин и Gala × Командор, у которых сформировалось соответственно 220 и 287 семян, что на 67 и 94% больше, чем у родительских сортов. Степень доминирования колебалась от -1 до 216. Наименьшее значение этого признака (90 шт.) было у межподвидового гибрида Pusta Intaci × Боярин, что связано с повышенной стерильностью колосков.

Фертильность колосков у этого гибрида *indica* × *japonica* составила всего 29,8%, тогда как у остальных гибридов она была значительно выше: от 83,1 до 97,1% (в среднем 85,9%). Фертильность колосков у 7 гибридов была ниже, чем у лучшего родителя, 4 гибрида несколько превысили лучшего родителя на 2,2-4,2%. Наибольшая фертильность отмечена у гибридов Сакмак × Контакт (96,1%) и Gala × Командор (97,1%). По-видимому, эти сорта обладают генами широкой совместимости.

Длина колоска у гибридов варьировала от 7,9 до 8,53 мм и наследовалась по-разному. У одного гибрида наблюдалась депрессия ($h_p = -1,75$), у Османчик × Кубояр – полное доминирование меньших значений признака, у Сакмак × Контакт – доминирование больших значений, а у остальных – промежуточные значения ($-1 < h_p < +1$).

Ширина колоска колебалась у гибридов от 2,93 до 3,37 мм и наследовалась от гибридной депрессии (у пяти комбинаций) до полного доминирования большего значения признака (Сакмак × Контакт). Преобладали промежуточные значения признака с уклоном в сторону меньшего родителя. Ни один из гибридов не превысил родительские сорта.

Масса 1000 зерен гибридов изменялась в пределах 26,67-32,33 г. Степень доминирования колебалась от гибридной депрессии ($h_p = -1,68$) до сверхдоминирования ($h_p = 12,76$). У 8-ми гибридов величины этого признака имели промежуточные значения, приближенные к меньшему родителю. У гибридов EFE × Боярин и Gala × Боярин сформировалось наиболее крупное зерно – 30,7-32,3 мг.

Все гибриды, кроме одного, произвели значительно больше зерна с одной метелки (в среднем 6,25 г), чем родительская форма с более крупной метелкой. Лучшими из них были Gala × Командор (8,62 г), EFE × Боярин (7,42 г) и Gala × Боярин (7,26 г), тогда как масса зерна с метелки у родительских сортов составила в среднем 4,21 г.

В среднем гибриды превышали родительские сорта по высоте растений на 7,8 см, длине метелки – на 0,7 см, количеству колосков в метелке – на 75,8 шт., количеству выполненных зерен в метелке – на 59,6 шт., массе зерна с метелки – на 2,0 г, по остальным признакам немного уступили.

Восемь гибридов F₁ показали положительный гетерозис к более высокорослым родительским формам по высоте растений (табл. 2). Наиболее высоким гетерозис был у гибридов Ergene × Боярин (Гист. = 13,3%) и Pusta Intaci × Боярин (Гист. = 22,9%). Средний гетерозис по всем гибридам по высоте растений составил 4,2%. Большая высота не является желательным признаком у риса, так как увеличивает склонность растений к полеганию. Оптимальной высотой является 80-100 см, такие величины имели растения 9 гибридов.

По длине метелки средняя величина гетерозиса составила 2,1%, у 4-х гибридов он был положительным, от 4,2 до 34%, у остальных отсутствовал. По нашему мнению, метелка риса должна быть короткой, но плотной, т.е. формирующей наибольшее количество колосков на 1 см длины. В этом отношении выделились гибриды Gala × Боярин и Gala × Командор, имеющие плотность метелки 13,5 и 16,3 шт./см соответственно.

Количество колосков на метелке имеет большое значение для формирования урожайности зерна и гетерозис по этому признаку очень важен. У девяти гибридов из 11-ти гетерозис варьировал от 12,4 до 112,1%. Средний гетерозис по этому признаку составил 35,3%. Однако не во всех колосках завязывались зерновки, которые определяют реальный урожай.

Девять гибридов проявили истинный гетерозис по количеству выполненных зерен в метелке, он составил 8,5 – 93,9%. Следует отметить сорта Сакмак, Ergene и Gala, гибриды которых с сортами Контакт, Боярин и Командор показали наибольший гетерозис (табл.2). Эти комбинации представляют собой несомненный интерес для дальнейшей селекционной работы.

По фертильности колосков истинный гетерозис у большинства гибридов отсутствовал. Его величина имела отрицательные значения, в среднем по всем комбинациям -7,6%. У четырех гибридов фертильность была высокой, на уровне родительских сортов.

По длине и ширине колоска гетерозис отсутствовал. По массе 1000 зерен небольшой гетерозис (3,4%) был отмечен лишь у одного гибрида Pasali × Контакт.

По массе зерна с метелки 10 гибридов, кроме Pusta Intaci × Боярин, оказались гетерозисными, превысив лучшего родителя на 12,2-73,4% (табл. 2). Наибольший гетерозис по этому признаку показали гибриды Ergene × Боярин (58,4%), Gala × Боярин (46,1%), Gala × Командор (73,4%). Они представляют большой интерес для селекции.

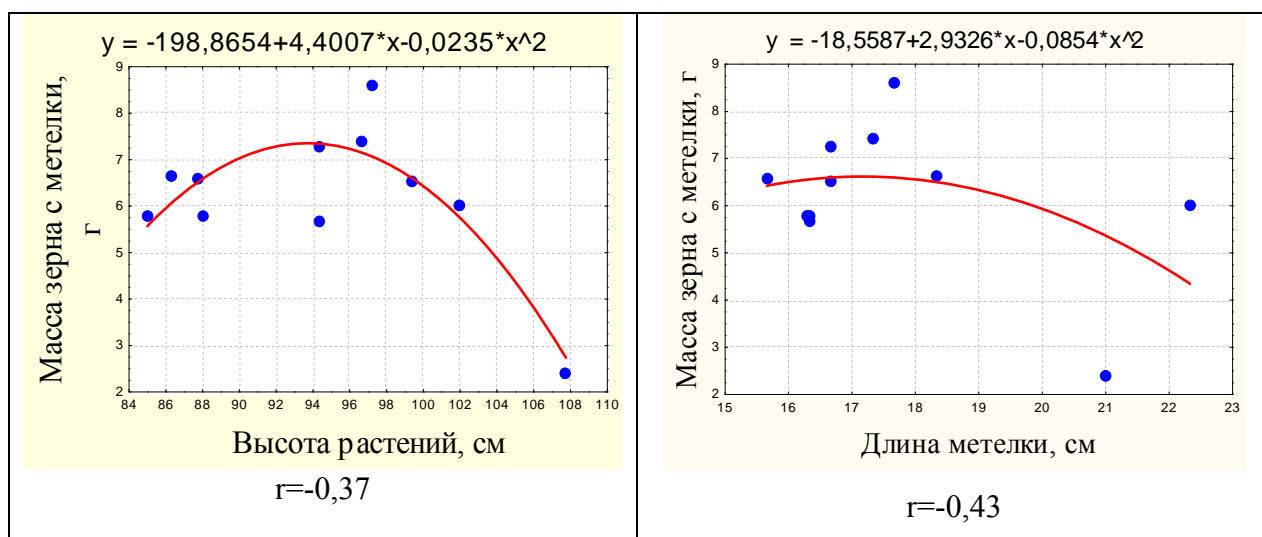
2. Величины истинного гетерозиса по ряду признаков гибридов риса F₁

№	Название гибрида	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Число зерен, шт.	Фертильность, %	Длина колоска, мм	Ширина колоска, мм	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с метелки, г
1	Сакмак × Боярин	-3,3	-1,2	22,3	20,9	-7,1	-3,6	-14,3	-4,2	19,6
2	Сакмак × Контакт	-5,2	11,1	27,7	41,8	2,6	0,0	0,0	-3,3	37,1
3	EFE × Боярин	5,1	8,3	23,7	26,5	2,3	-1,2	-2,9	-1,0	42,7
4	EFE × Контакт	2,5	4,2	-9,8	-9,6	-1,3	-1,6	-1,9	-2,1	8,7
5	Ergene × Боярин	13,3	-5,7	61,6	67,0	3,3	-18,8	-17,1	-18,0	58,4

6	Gala × Боярин	0,4	-1,0	50,3	52,9	-2,7	-1,4	-8,6	-4,4	46,1
7	Gala × Командор	3,5	5,0	77,4	93,9	4,5	-0,2	-6,6	-11,3	73,4
8	Gala × Контакт	-6,6	-7,0	14,9	21,2	-0,8	-3,0	-12,5	-10,3	32,8
9	Pasali × Контакт	8,6	-10,3	-3,9	8,5	-13,0	-4,1	-7,7	3,4	12,2
10	Pusta Intaci Agato meriol × Боярин	22,9	-14,6	112,1	-31,3	-67,6	-7,6	-16,3	-14,8	-41,4
11	Османчик × Кубояр	4,7	34,0	12,4	8,5	-3,5	-16,3	-6,4	-16,0	13,0
	В среднем	4,2	2,1	35,3	27,3	-7,6	-5,3	-8,6	-7,5	27,5

Масса зерен с метелки высоко положительно коррелировала с количеством колосков на метелке ($r=0,90$), с числом выполненных зерен ($r=0,93$), фертильностью ($r=0,88$) и массой 1000 зерен ($r=0,74$). Длина зерновок не коррелировала с массой зерна с метелки, а ширина показала среднюю положительную связь с ней ($r=0,36$). Отрицательно коррелировали с этим признаком высота растений ($r=-0,37$) и длина метелки ($r=-0,43$).

На графиках (см. рисунок) показана зависимость массы зерен с метелки гибридов от других признаков. Согласно уравнениям регрессии, величина этого признака увеличивается на 1 г при увеличении количества колосков в метелке – на 40 штук, числа выполненных зерен – на 35 штук, фертильности – на 14%, массы 1000 зерен – на 1,3 г (рис. 1). При этом каждый признак имел свой оптимум: высота – 94-98 см, длина метелки – 17-18 см, количество колосков и выполненных зерен в метелке – 280-300 штук, фертильность – 90-97%, масса 1000 зерен – 30 г.



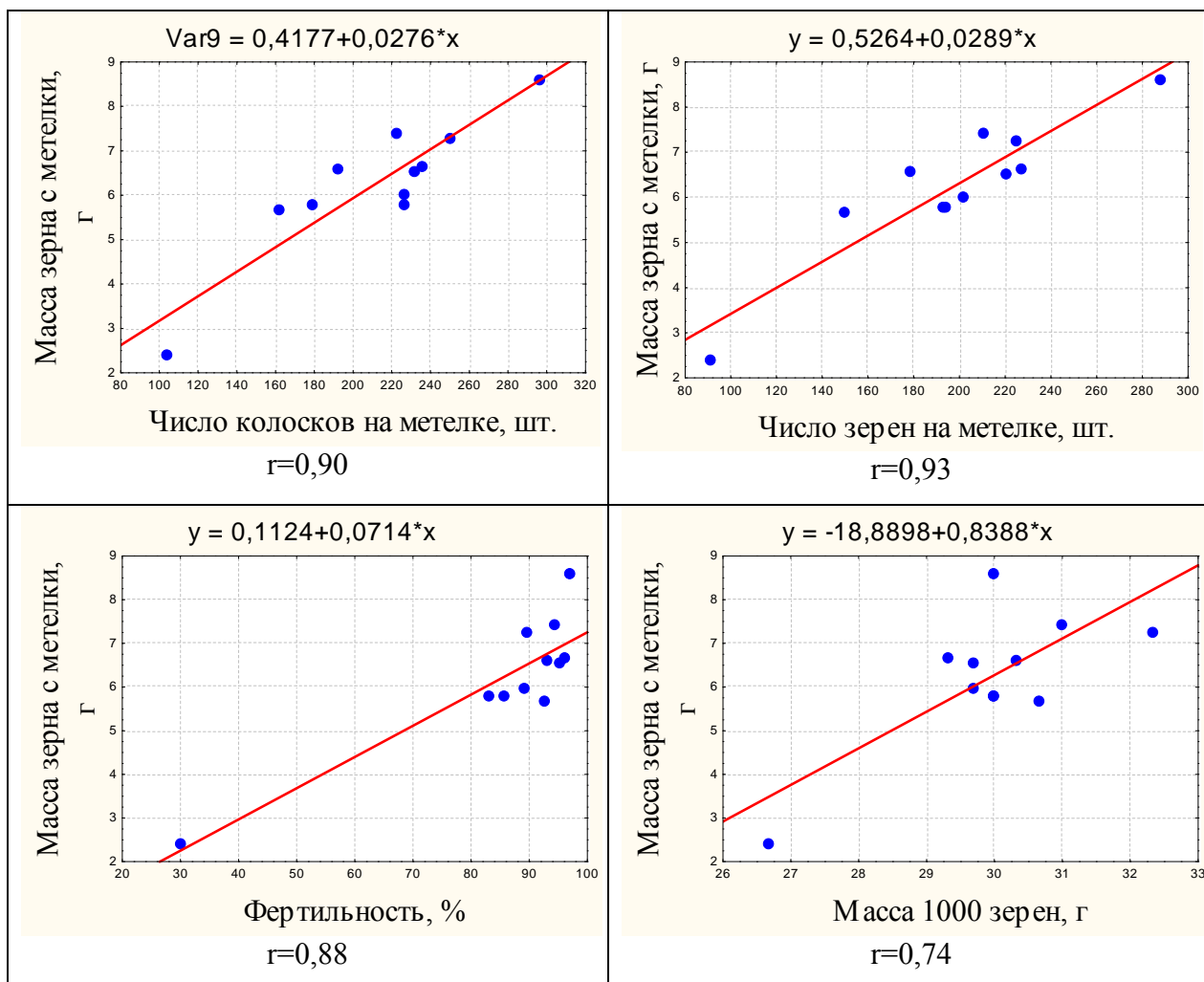


Рис. 1. Взаимосвязь массы зерна на метелке с другими признаками у гибридов F₁

Обсуждение. Ряд авторов, изучив величины гетерозиса для различных компонентов урожайности у гибридов первого поколения, показали, что значительное повышение продуктивности объясняется увеличением числа колосков на метелке и массой зерновок [9, 10]. При этом высота растений и продолжительность вегетационного периода чаще были промежуточными. В данном исследовании значительный истинный гетерозис был выявлен именно по числу колосков и зерен в метелке. По высоте растений и длине метелки гетерозис был слабым, но это не имеет значения, т.к. высокорослые растения склонны к полеганию. Гетерозис по длине метелки также не является приоритетом, урожайные сорта должны иметь плотную, компактную, прямостоячую, хорошо озерненную метелку. При формировании хорошей урожайности важную роль играют такие компоненты, как количество продуктивных стеблей на единице площади, количество зерен в метелке и масса 1000 зерен. Густота стеблестоя связана не с отдельным растением, а с популяцией. По массе 1000 зерен гетерозис проявился у одного гибрида и имел небольшую величину (3,4%). Поэтому основным компонентом урожайности является количество зерен на метелке. При этом гибриды должны иметь

минимальную стерильность, которая снижает гетерозис по числу колосков. Следует отметить, что в изученном наборе гибридов лишь один имел значительное снижение фертильности колосков, что обусловлено межподвидовыми различиями хромосом. Большая часть гибридов проявляет заметный гетерозис по числу выполненных зерен на метелке.

Заключение. Количество колосков в метелке, их фертильность и число выполненных зерен в метелке гибридов F₁ способствовали увеличению массы зерна с метелки. Масса 1000 зерен незначительно влияла на этот признак, лучшими были средние значения 30 г. Установлено, что гибриды нескольких комбинаций формировали высокую массу зерна с метелки, что связано с генетическими особенностями исходных родительских сортов.

Литература

1. Virmani, S.S. Hybrid rice / S.S. Virmani // Adv. Agron. – 1996. –V. 57. – P. 377-462.
2. Patnaik, R.N. Heterosis in rice hybrids / R.N. Patnaik, K. Pande, S.N. Ratho, P.J. Jachuck // Euphytica.– 1990. – 49. – P. 243-247.
3. Sarker, M.A.Z. Physio-morphological characters of F₁ hybrids of rice (*Oryza sativa* L.) in japonica-indica crosses. II. Heterosis for leaf area and dry matter accumulation / M.A.Z. Sarker, S. Murayama, Y. Ishimine, I. Nakamura // Plant Prod. Sci. – 2001. – V. 4. – P. 202-209.
4. Костылев, П.И. Создание исходного материала риса, устойчивого к пирикулярриозу, на основе межвидовой гибридизации / П.И. Костылев, В.П. Россихин, Л.А. Полякова // В сборнике: Генетика и селекция растений на Дону. – Ростов-на-Дону, 1995. – С. 69-72.
5. Костылев, П.И. Перенос пяти генов устойчивости риса к пирикулярриозу с помощью ДНК-маркеров / П.И. Костылев, И.А. Шилов, Ж.М. Мухина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2014. – №2. – С. 33-34.
6. Сметанин, А.П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю качества семян риса / А.П. Сметанин, В.А. Дзюба, А.И. Апрод.– Краснодар, 1972. – 156 с.
7. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems / B. Griffing // Austral. J. Biol. Sci. – 1956. – V. 9. – P. 463-493.
8. Omarov, D.S. To the issue of methods used for measuring and assessing heterosis in plants / D.S. Omarov // Agricultural Biology. – 1975. – Issue 1. – V.10. – P. 123-127.
9. Nijaguna, G. Heterosis in intervarietal hybrid of rice / G. Nijaguna, M. Mahadevappa // *Oryza*, 1983. – V. 20. – P.159-161.

10. Yoshida, H. Development of male sterile restoration system for hybrid rice production. I. Combining ability of half sib F₁ hybrids with a common parent “Akihikari“/ H.Yoshida, H.Fujimaki // Japan J. Breed., 1984. – V. 34. – P.194-195.

Literature

1. Virmani, S.S. Hybrid rice / S.S. Virmani // Adv. Agron. – 1996. – V. 57. – P. 377-462.
2. Patnaik, R.N. Heterosis in rice hybrids / R.N. Patnaik, K. Pande, S.N. Ratho, P.J. Jachuck // Euphytica, 1990. –V. 49. – P. 243-247.
3. Sarker, M.A.Z. Physio-morphological characters of F1 hybrids of rice (*Oryza sativa* L.) in japonica-indica crosses. II. Heterosis for leaf area and dry matter accumulation / M.A.Z. Sarker, S. Murayama, Y. Ishimine, I. Nakamura // Plant Prod. Sci. – 2001. – V.4. – P. 202-209.
4. Kostylev, P.I. Development of rice initial material, resistant to blast on the basis of intervarietal hybridization / P.I. Kostylev, V.P. Rossikhin, L.A. Polyakova // In the collection of papers ‘Genetics and Breeding on Don’.- Rostov-on-Don, 1995. – PP. 69-72.
5. Kostylev, P.I. The transgression of five blast resistance genes of rice with DNA-markers assistance / P.I. Kostylev, I.A. Shilov, Zh.M. Mukhina // Newsletter of Russian Agricultural Science. – 2014. – №2. – PP. 33-34.
6. Smetanin, A.P. The methodology of experiments in selection, seed-growing, seed-breeding and control of rice quality / A.P. Smetanin, V.A. Dzyuba, A.I. Aprod. – Krasnodar, 1972. – 156p.
7. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallele crossing systems / B. Griffing // Austral. J. Biol. Sci. – 1956. – V. 9. – P. 463-493.
8. Omarov, D.S. To the issue of methods used for measuring and assessing heterosis in plants / D.S. Omarov // Agricultural Biology. – 1975. – Issue 1. – V.10. – P. 123-127.
9. Nijaguna, G. Heterosis in intervarietal hybrid of rice / G. Nijaguna, M. Mahadevappa // *Oryza*, 1983. – 20. – P.159-161.
10. Yoshida, H. Development of male sterile restoration system for hybrid rice production. I. Combining ability of half sib F1 hybrids with a common parent “Akihikari“/ H. Yoshida, H. Fujimaki // Japan J. Breed., 1984. – V. 34. – P.194-195.