

П.И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Е.В. Краснова, кандидат сельскохозяйственных наук;
А.А. Редкин, кандидат сельскохозяйственных наук;
*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
зерновых культур имени И.Г. Калиненко
(347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; p-kostylev@mail.ru)*
Л.М. Костылева, кандидат сельскохозяйственных наук;
А.В. Аксенова, аспирант,
*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ
(347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21;
akuvikova@mail.ru)*

СТРУКТУРА УРОЖАЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ РИСА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

В статье представлены результаты структурного анализа урожайности селекционных образцов риса из контрольного питомника за 2012-2014 гг. Рассмотрены важнейшие показатели – количество продуктивных стеблей на единице площади, число зерен с одной метелки, масса зерновки и метелки, которые определяют биологическую урожайность. Проведен биометрический и статистический анализ 120 образцов риса для анализа связи компонентов структуры с продуктивностью. Построены графики криволинейной зависимости урожайности от элементов ее структуры. Установлено, что при увеличении числа зерен в метелке урожайность сначала растет, достигая максимума, а потом немного снижается. Оптимальные величины признака в 2012 г. находились в классе 100-110 шт., а в 2013 и 2014 гг. – 120-130 шт. Высокую урожайность показывали образцы как с низкой, так и более высокой массой 1000 зерновок. В 2012 году более продуктивными были образцы с массой 1000 зерен 26-27 и 31-32 г, в 2013 году – 24-26 и 33-34 г, в 2014 году – 25-26 и 29-32 г. Выявлена тенденция увеличения урожайности при формировании более крупных метелок. Максимальная урожайность формировалась у образцов с массой зерна с метелки 3,2-3,4 г. Оптимальная густота стеблестоя варьировала по годам: в 2012 году – в пределах 400-450, в 2013 году – 300-340, в 2014 году – 250-300 стеблей на 1 м². Таким образом, максимальная урожайность зерна риса формируется тогда, когда элементы ее структуры имеют оптимальные значения.

Ключевые слова: рис, образец, структура урожая, продуктивность

P.I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, professor;
E.V. Krasnova, Candidate of Agricultural Sciences;
A.A. Redkin, Candidate of Agricultural Sciences,

*FSBSI All-Russian Research Institute of Grain Crops after I.G. Kalinenko
(347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; p-kostylev@mail.ru)*

L. M. Kostyleva, Candidate of Agricultural Sciences;

A.V. Aksenova, post graduate student;

*Azov-Blacksea Engineering Institute FSBEI HPE DSAU
(347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21, akuvikova@mail.ru)*

THE STRUCTURE OF YIELD OF RICE BREEDING SAMPLES AND ITS EFFECT ON PRODUCTIVITY

The article gives the results of the structural analysis of the productivity of rice breeding samples from control seed-plot during the years of 2012-2014. There have been considered such essential features as number of productive stems per unit area, number of seeds per head, mass of grain and head that determine biologic productivity. The biometric and statistical analysis of 120 rice samples has been carried out to analyze the correlation among the components of the structure with productivity. The graphics of curvilinear relation between the productivity and the elements of its structure have been made. It has been determined that the productivity starts to increase through the increase of number of seeds in a head, and achieves its maximum and then slightly reduces. The best amounts of the trait were 100-110 pc in 2012 and 120-130 pc in 2013 and 2014. The samples with low and high 1000-grain weight produced high yields. In 2012 the most productive samples were the samples with 1000-grain weight of 26-27 and 31-32 g; in 2013 with 24-26 and 33-34 g; in 2014 with 25-26 and 29-32 g. The tendency of productivity increase through larger heads has been revealed. The samples with the grain mass pre head of 3,2-3,4 g gave the maximum productivity. The best stem density varied through the years: in 2012 it was 400-450 stems per 1m²; in 2013 it was 300-340 stems per 1m²; in 2014 it was 250-300 stems per 1m². Thus, the maximum productivity of rice is usually formed when the elements of its structure have the best values.

Keywords: *rice, sample, structure of yield, productivity.*

Введение. Урожайность любого сорта, в том числе и риса, зависит от трех важнейших показателей – количества продуктивных стеблей на единице площади, числа зерен с одной метелки и массы зерновки. Биологическую урожайность определяют как произведение этих обобщающих величин. На них влияют генетические, метеорологические, технологические и другие факторы [1]. Всю сложность и многогранность жизненного цикла растений может отобразить только совокупность факторов. Поэтому для реального понимания составляющих урожая нужно учитывать даже наименее значимые показатели структуры урожая.

Связь между урожайностью риса и компонентами урожайности хорошо изучена на фенотипическом уровне. Так, R.S. Sharma и др. (1985) сообщали, что урожай зерна с растения положительно коррелирует с количеством продуктивных побегов, метелок и колосков на растении, а также с массой 1000 зерен [2]. Prasad и др. (1988) наблюдали положительные корреляции урожая зерна на растении с количеством колосков и зерен на метелке и массой 1000 зерен [3], Bai и др. (1992) – с числом продуктивных побегов на растении и числом зерен на метелке [4], Sürek и Korkut (1998) – с количеством метелок на растении и массой 1000 зерен [5], Akinwale и др. (2011) – с числом побегов на растении ($r = 0,58$), массой метелки ($r = 0,60$) и количеством зерен в метелке ($r = 0,52$) [6], Akhtar и др. (2011) – с количеством зерен с метелки ($r = 0,81$) и массой 1000 зерен ($r = 0,53$) [7].

Корреляционный анализ признаков показал взаимосвязь признаков в селекции озимой пшеницы [8], гороха [9] и других культур.

Таким образом, результаты показывают, что эти признаки могут быть использованы для селекции на урожайность зерна. При этом селектируемые компоненты урожайности увеличат урожай зерна наиболее эффективно, если они имеют высокую наследуемость и генетически независимы или положительно коррелируют с ним. Эти важные признаки растений необходимо учитывать при планировании любой программы селекции на высокую урожайность риса. Детальный анализ составных частей продуктивности необходим для контроля морфологического развития растений, возможности целенаправленного влияния на формирование определенных элементов структуры урожая и создания более продуктивных сортов.

Цель исследований – анализ связи компонентов структуры урожая с продуктивностью образцов лаборатории риса ВНИИЗК им. И.Г. Калининко.

Материалы и методика. Объектом исследований послужили 120 образцов риса контрольного питомника (КП) селекции ВНИИЗК урожая 2012-2014 гг. Делянки – площадью 25 м² в 2-кратной повторности. Учет стеблестоя проводили на закрепленных площадках по всходам и перед уборкой урожая. Учитывали данные: число дней до 50% цветения, высоту растений, число продуктивных побегов на растении и на 1 м², длину метелки, число зерен на метелке, массу 1000 зерен, массу зерна с метелки и урожайность зерна. Уборку урожая проводили напрямую комбайном КС 575. Структурный анализ снопов осуществляли в лабораторных условиях по методике ВНИИ риса (1972) [10]. Обработку данных проводили с помощью компьютерных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel.

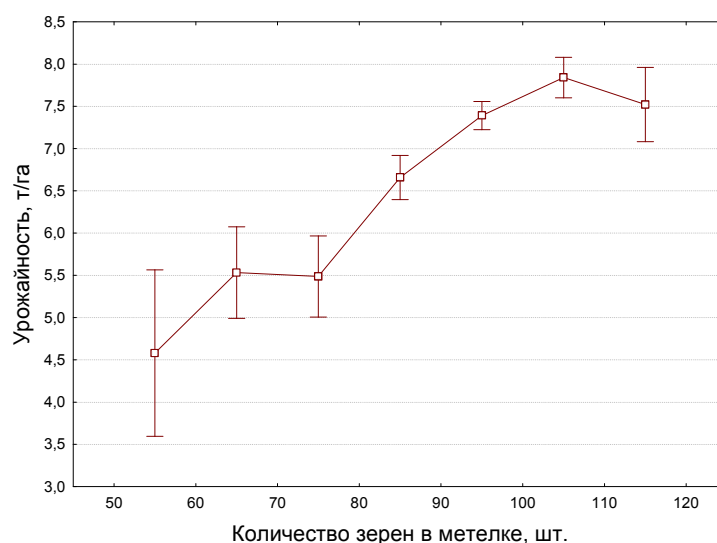
Результаты. Урожайность зерна риса в контрольном питомнике существенно различалась между образцами и по годам. В 2012 году она варьировала от 3,43 до 8,91 т/га

(в среднем 6,59), а в 2013 году – от 4,68 до 10,44 (в среднем 7,47), в 2014 – от 4,48 до 8,11 т/га (в среднем 6,63).

В продуктивности метелки базисным показателем является количество колосков, поскольку этот элемент структуры закладывается и формируется первым. Закладку меньшего количества тех органов, которые формируются на более ранних этапах развития, можно компенсировать органами, образующимися позднее. Уменьшение урожая от элементов структуры, которые формируются первыми, вследствие возможности компенсации может быть незначительным. И наоборот, компоненты продуктивности, формирующиеся в конце развития растений, почти не имеют возможности для компенсации, а потому снижение урожая может быть значительным. Небольшое количество продуктивных побегов может компенсироваться в процессе развития увеличением числа колосков в метелке, меньшее число колосков компенсируется повышением массы 1000 зерен [1].

Среднее количество зерен на метелке составило в 2012 г. 87,2 штуки (от 51 до 118), в 2013 г. – 102,3 (от 81 до 140), а в 2014 г. – 95,4 (от 57 до 151). Это связано с более благоприятными условиями 2013 года, позволившими сформировать больше зерен на метелках и, соответственно, более высокую урожайность. Коэффициенты корреляции между этими признаками варьировали от $0,58 \pm 0,11$ (2012 г.) до $0,28 \pm 0,13$ (2014 г.).

Анализ графиков показал, что зависимость урожайности числа зерен в метелке нелинейная, при увеличении этого признака она сначала плавно растет, достигает максимума, а потом немного снижается (рис. 1). Хотя кривые за три года похожи, их вершины находятся в разных классах: в 2012 г. – 100-110 шт., а в 2013 и 2014 гг. – 120-130 шт. Это свидетельствует о том, что в зависимости от условий выращивания оптимум этого признака может меняться.



2012 год

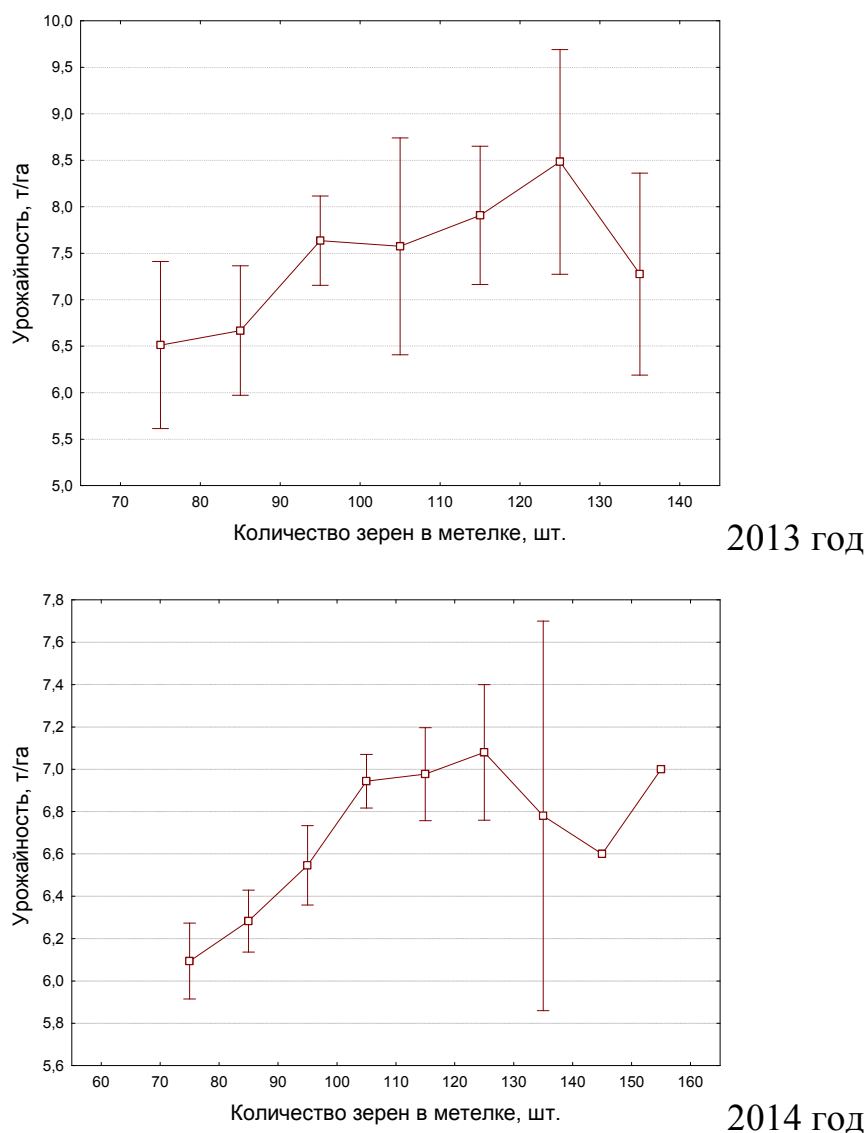


Рис. 1. Влияние количества зерен в метелках у образцов КП на урожайность

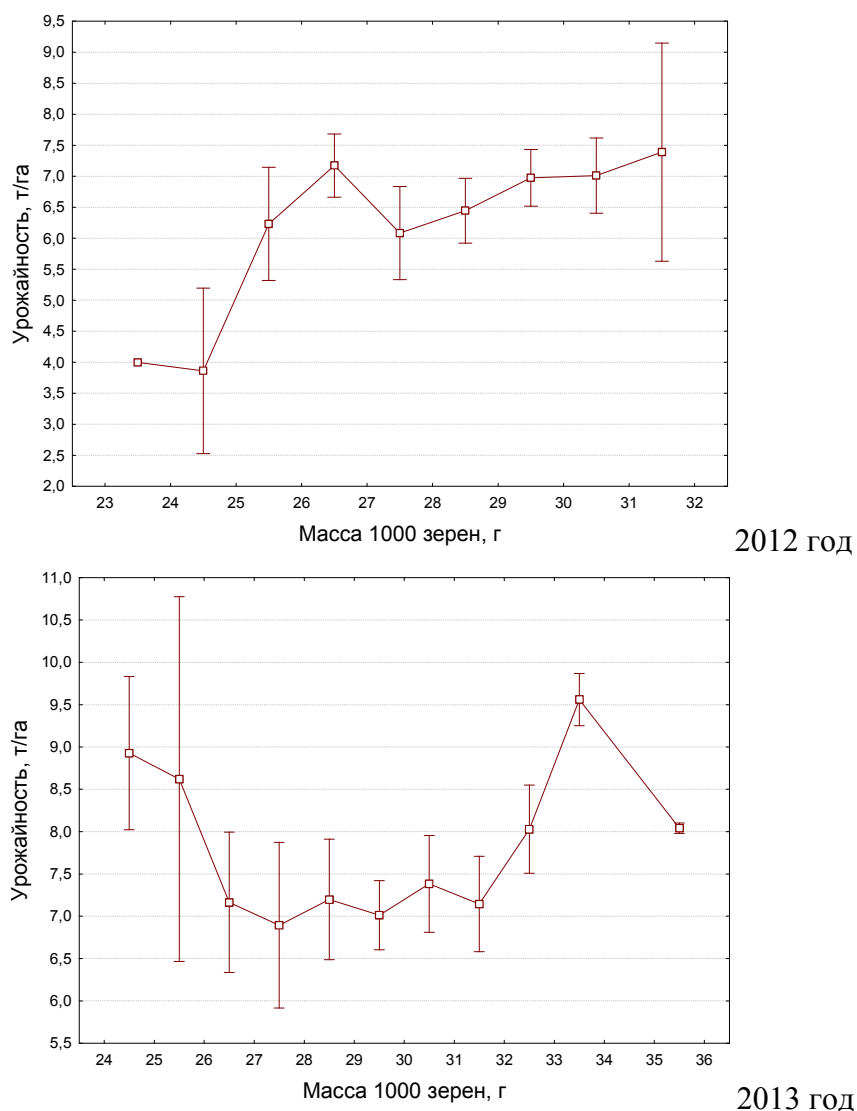
Кроме этого признака, масса зерна с одной метелки зависит от массы зерновки. Она зависит, в основном, от условий роста и ухода на более поздних фазах вегетации. Особое значение имеют здесь удобрения и защита посевов от болезней, вредителей и полегания. Масса зерновки зависит не только от условий развития, а в первую очередь определяется длиной цветковых чешуй, рост которых заканчивается уже во время выметывания. Подкормка азотными удобрениями, проведенная к окончанию формирования цветковых чешуй, может способствовать их увеличению. Более поздние подкормки уже не влияют на размеры чешуй и длину зерна, но способствуют росту зерен до полного заполнения пространства между цветковыми чешуями.

Особая роль массы зерновки, сравнительно с другими компонентами урожая, заключается в том, что закладка и формирование зерновки происходят в сжатые сроки и

уменьшение ее массы не может быть компенсировано никакими другими элементами урожая.

Колебания в массе 1000 зерен были значительными и составляли от 24 до 31 г (в среднем 28,2 г) в 2012 г., от 24,4 до 35,7 г (в среднем 29,8 г) в 2013 г. и от 20,0 до 31,8 г (в среднем 28,5 г) в 2014 г. Этот признак слабо положительно коррелировал с урожайностью ($r=0,10-0,31$).

Влияние массы 1000 зерен на урожайность по годам имело сходство и различие (рис. 2). Сходство заключалось в том, что высокую урожайность показывали образцы как с низкой (24-27 г), так и более высокой (30-34 г) массой 1000 зерновок. Различие состояло в том, что в 2012 году более продуктивными были образцы с массой 1000 зерен 26-27 и 31-32 г, в 2013 году – 24-26 и 33-34 г, в 2014 году – 25-26 и 29-32 г. С 2013 года в КП появились новые мелкозерные линии, показавшие высокую урожайность, что поменяло конфигурацию кривой. Это свидетельствует о том, что генотипический состав анализируемого набора сортов оказывает большое влияние на взаимосвязи между признаками.



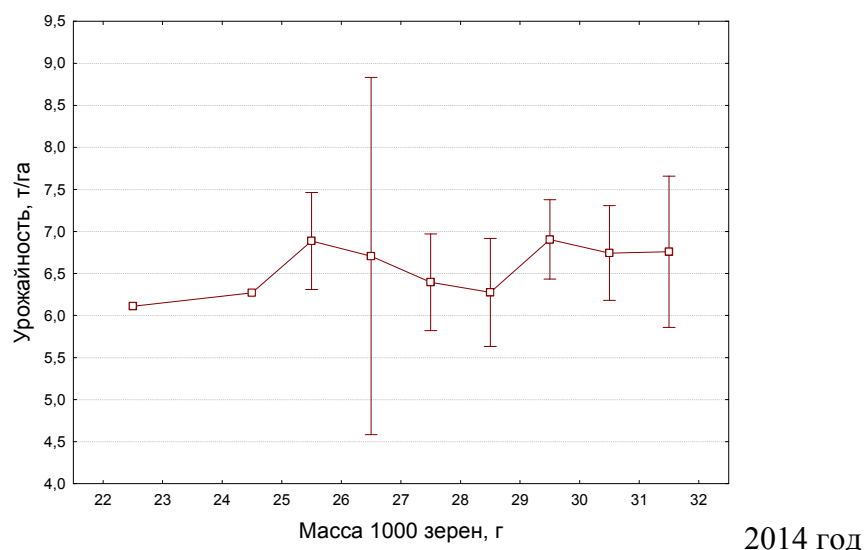
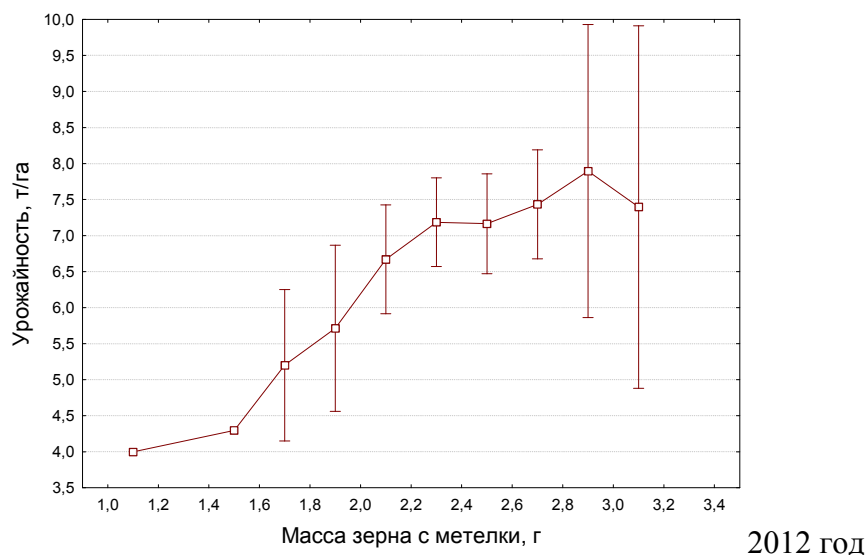


Рис. 2. Влияние массы 1000 зерен у образцов КП на урожайность

Средняя масса зерна с метелки составила в 2012 г. 2,24 г (от 1,16 до 3,12), в 2013 г. – 2,83 (от 2,1 до 3,8), в 2014 г. – 2,70 (от 1,7 до 3,9). Это связано с более теплыми условиями 2013 года, позволившими сформировать больше зерен на метелках и, соответственно, более тяжелые метелки.

Коэффициенты корреляции между массой зерна с метелки и урожайностью варьировали от $0,60 \pm 0,11$ (2012 г.) до $0,12 \pm 0,12$ (2013 г.) и $0,16 \pm 0,12$ (2014 г.). Анализ графиков показал, что в 2012 г. при увеличении массы зерен в метелке урожайность плавно растет, достигает максимума в классе 2,8-3,0 г, а затем слегка снижается (рис. 5).



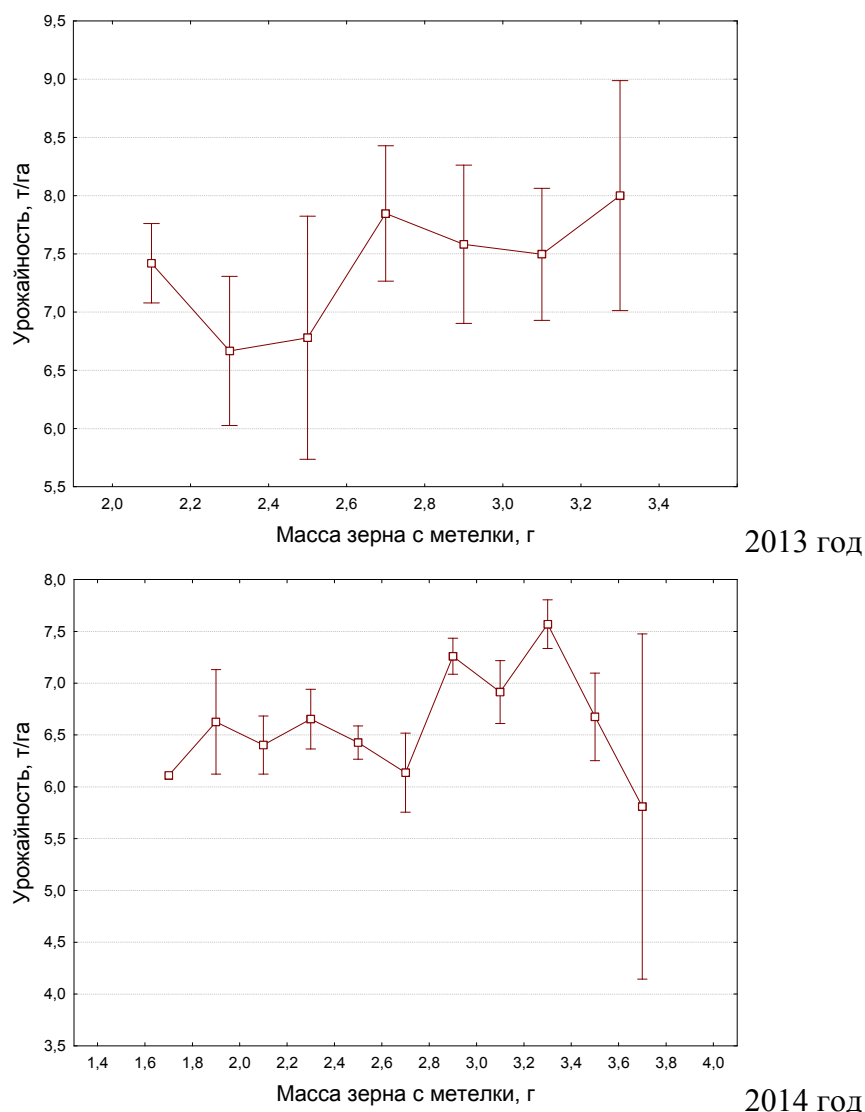


Рис. 3. Влияние массы зерна с метелок образцов КП на урожайность

В 2013 и 2014 годы кривая имела извилистую конфигурацию и наличие верхних точек в группах легких, средних и крупных метелок. Это указывает на влияние густоты продуктивного стеблестоя, который в зависимости от условий выращивания и степени выживания растений в заполненных водой чеках может меняться. В целом можно сказать о тенденции увеличения урожайности при формировании более крупных метелок. Максимальная урожайность в эти годы формировалась у образцов с массой зерна с метелки 3,2-3,4 г.

Масса зерна с метелки имела положительную корреляцию с массой 1000 зерен ($r = 0,32-0,44$), количеством колосков на метелке ($r = 0,68-0,93$) и ее длиной ($r = 0,31-0,64$).

Густота продуктивного стеблестоя охватывает ряд более мелких показателей. В первую очередь, она зависит от коэффициента кущения и количества растений на 1 м^2 . Увеличение одного из них приводит, как правило, к уменьшению другого, т.е. они взаимосвязаны. Базисным показателем в данном случае является густота растений. На

посевах 2012 года с густотой 229-462 растения на 1 м² коэффициент кушения не превышал величину 1,5 (в среднем 1,1). Необходимая густота продуктивного стеблестоя (240-484 шт./м²) формировалась, в основном, за счет количества растений. Функция коэффициента кушения минимальна, поскольку большинство растений имели один – два стебля.

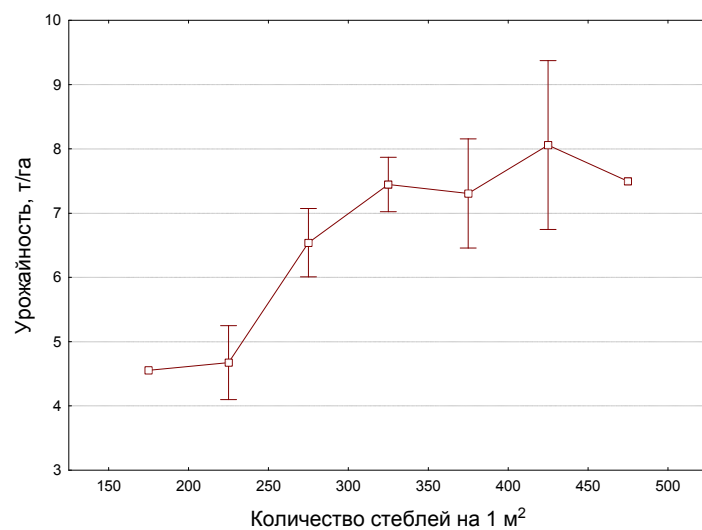
В посевах 2013 года, где выросло 103-176 растений на 1 м², основная роль в формировании продуктивного стеблестоя (244-501 шт./м²) принадлежала уже не количеству растений, а коэффициенту кушения, который вырос до уровня 1,8-3,7 (в среднем 2,54).

В 2014 году количество растений на 1 м² составило 99-273 (в среднем 182,5), а продуктивных стеблей на 1 м² варьировало по сортам от 122 до 411 (в среднем 273,5), определяя их урожайность. Коэффициент кушения варьировал в пределах 1,4-2,1 (в среднем 1,72). Таким образом, имея низкий базисный показатель, можно с помощью агротехнических мероприятий компенсировать стеблестой другим показателем – коэффициентом кушения.

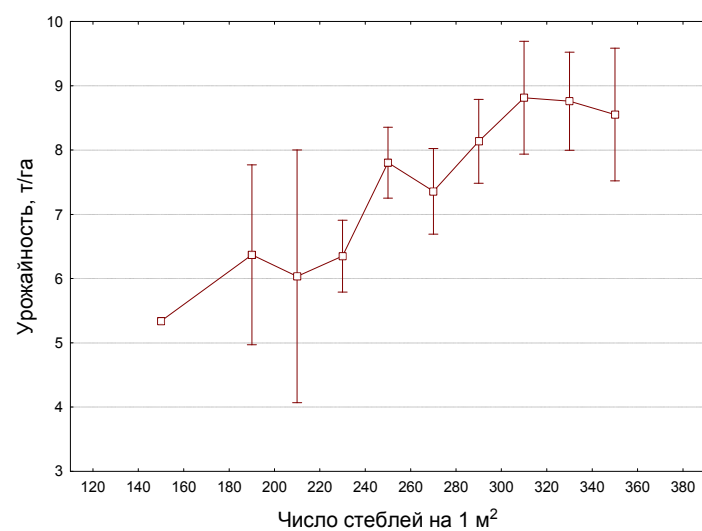
Между количеством растений и стеблей на единицу площади была установлена средняя положительная корреляция ($r=0,48-0,67$), а между количеством растений и кустистостью – отрицательная ($r = -0,19 - -0,28$).

Влияние густоты стеблестоя образцов КП на урожайность за три года было различным. В 2012 году этот показатель в большой степени влиял на урожайность ($r=0,57\pm0,11$), хотя кустистость также играла положительную роль ($r=0,38\pm0,12$). Преимущество в этих условиях было у более конкурентоспособных образцов, способных сформировать более крупную метелку и тем самым повысить урожайность. Наибольшая урожайность формировалась у образцов с густотой стеблестоя в пределах 400-450 стеблей на 1 м² (рис. 4).

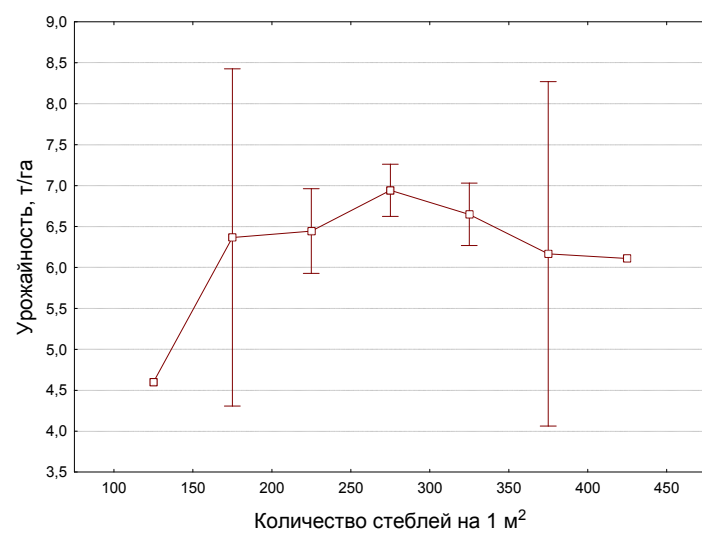
В 2013 году урожайность положительно коррелировала с числом продуктивных стеблей на 1 м² ($r=0,38\pm0,12$) и кустистостью ($r= 0,56\pm0,11$). Максимальных значений 8,8 т/га она достигла в классе 300-340 стеблей, после чего несколько снизилась (рис. 4).



2012 год



2013 год



2014 год

Рис. 4. Зависимость урожайности от числа стеблей на 1 м²

В 2014 году более высокая урожайность зерна (7 т/га) сформировалась при густоте продуктивного стеблестоя 250-300 стеблей на 1 м². Корреляция урожайности с числом продуктивных стеблей на 1 м² составила $0,11 \pm 0,10$, кустистостью – $0,28 \pm 0,13$.

Таким образом, максимальная урожайность зерна риса формируется тогда, когда число стеблей на единице площади, число зерен на метелке и их масса имеют оптимальные значения. Поэтому нужно создавать такие сорта, которые незначительно снижают массу зерна с метелки при увеличении плотности посева.

Литература

1. Лихочвор В.В. Продуктивность и структура урожая озимой пшеницы / В.В. Лихочвор // Зерно. – 2008. – №7. – С.24-28.
2. Sharma R.S., Choubey S.D. Correlation studies in upland rice / Indian J. Agron., 1985. – 30(1). – P.87-88.
3. Prasad G.S.V., Prasad A.S.R., Sastry M.V.S., Srinivasan T.E. Genetic relationship among yield components in rice (*Oryza sativa* L.). / Indian J. Agric. Sci., 1988. – 58(6). – P.470-472.
4. Bai N.R., Devika R., Regina A., Joseph C.A. Correlation of yield and yield components in medium duration rice cultivars. Environ. Ecol., 1992. – 10. – P.469-470.
5. Sürek H., Korkut K.Z. Diallel analysis of some quantitative characters in F₁ and F₂ generations in rice (*Oryza sativa* L.) / Egyptian J. Agric. Res., 1998. – 76(2). – P.651-663.
6. Akinwale M.G., Gregorio G., Nwilene F., Akinyele B.O., Ogunbayo S.A., Odiyi A.C. Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) / African Journal of Plant Science, 2011. – 5(3). – P. 207-212.
7. Akhtar N., Nazir M.F., Rabnawaz A., Mahmood T., Safdar M.E., Asif M., Rehman A. Estimation of heritability, correlation and path coefficient analysis in fine grain rice (*Oryza sativa* L.) / The Journal of Animal & Plant Sciences, 2011. – 21(4). – P.660-664.
8. Марченко, Д.М. Корреляционный анализ в селекции озимой пшеницы / Д.М. Марченко, П.И. Костылев, Т.А. Гричаникова // Зерновое хозяйство России, 2013. – №3(27). – С.28-32.
9. Лысенко А.А. Структурный, кластерный анализ и корреляции между различными признаками гороха / А.А. Лысенко, П.И. Костылев // Генетика и селекция на Дону: сб. статей, изд. ЮФУ. – Ростов-на-Дону, 2015. – Вып. 4. – С.139-147.
10. Методики опытных работ по селекции, семеноводству и контролю за качеством семян. – Краснодар, 1972. – 155 с.

Literature

1. *Likhochvor V.V.* productivity and structure of winter wheat yields / *Likhochvor V.V.* // Grain. – 2008. – №7. – PP. 24-28.
2. *Sharma R.S., Choubey S.D.* Correlation studies in upland rice. / *Indian J. Agron.*, 1985. – 30(1). – P.87-88.
3. *Prasad G.S.V., Prasad A.S.R., Sastry M.V.S., Srinivasan T.E.* Genetic relationship among yield components in rice (*Oryza sativa* L.). / *Indian J. Agric. Sci.*, 1988. – 58(6). – P.470-472.
4. *Bai N.R., Devika R., Regina A., Joseph C.A.* Correlation of yield and yield components in medium duration rice cultivars. *Environ. Ecol.*, 1992. – 10. – P.469-470.
5. *Sürek H., Korkut K.Z.* Diallel analysis of some quantitative characters in F₁ and F₂ generations in rice (*Oryza sativa* L.) / *Egyptian J. Agric. Res.*, 1998. – 76(2). – P.651-663.
6. *Akinwale M.G., Gregorio G., Nwilene F., Akinyele B.O., Ogunbayo S.A., Odiyi A.C.* Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) / *African Journal of Plant Science*, 2011. – 5(3). – P. 207-212.
7. *Akhtar N., Nazir M.F., Rabnawaz A., Mahmood T., Safdar M.E., Asif M., Rehman A.* Estimation of heritability, correlation and path coefficient analysis in fine grain rice (*Oryza sativa* L.) / *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 2011. – 21(4). – P.660-664.
8. *Marchenko, D.M.* Correlation analysis in winter wheat breeding / D.M. Marchenko, P.I. Kostylev, T.A. Grichanikova // *Grain Economy of Russia*, 2013. – №3(27). – PP.28-32.
9. *Lysenko A.A.* Structural, cluster analysis and correlation among various traits of peas / A.A. Lysenko, P.I. Kostylev // *genetics and breeding on Don, collection of papers, publ. in SFU.* – Rostov-on-Don, 2015. – Iss. 4. – PP. 139-147.
10. *Methods of experiments in breeding, seed-growing and control of seed quality.* – Krasnodar, 1972. – 155p.