

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110>

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ И ДРУГИХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ОБРАЗЦОВ РИСА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА

Научная статья

Костылев П.И.^{1*}, Краснова Е.В.², Аксенов А.В.³

¹ ORCID : 0000-0002-4371-6848;

² ORCID : 0000-0002-4716-5676;

³ ORCID : 0000-0002-6641-878X;

^{1,2,3} Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (p-kostylev[at]mail.ru)

Аннотация

Статья посвящена изучению изменчивости различных признаков растений, прямого и косвенного вклада этих параметров в урожайность риса и выявление их лучших комбинаций в качестве критериев отбора для создания высокоурожайных генотипов риса. Урожайность – один из наиболее важных показателей, учитываемых в любой программе селекции. Чтобы найти признаки, определяющие урожайность, и их влияние на урожайность, настоящий эксперимент был проведен с сорока генотипами риса с использованием корреляционного анализа и графиков с ошибками средних. Было изучено влияние на урожайность 5 признаков: высота растения, длина метелки, количество колосков на метелке, масса 1000 зерен, количество продуктивных стеблей на 1 м². Было обнаружено, что эти признаки по-разному коррелируют с урожайностью зерна. Количество продуктивных стеблей на единице площади показало высокое положительное прямое влияние на урожайность зерна ($r=0,70\pm 0,07$), в то время как слабое влияние оказали высота растения ($r=0,14\pm 0,10$), длина метелки ($r=0,14\pm 0,10$) и количество колосков на метелке ($r=0,22\pm 0,09$). Графический анализ показал, что наибольшая урожайность риса формировалась при высоте растений 92-94 см, длине метелок 14-15 см, количестве колосков на метелке 130-140, массе 1000 семян 26-32 г и густоте продуктивного стеблестоя 270-300 стеблей на 1 м². Эти величины признаков можно учитывать для отбора высокоурожайных генотипов риса и в дальнейшем использовать в программе повышения урожайности сортов.

Ключевые слова: рис, урожайность, структура урожая, корреляция.

INFLUENCE OF YIELD STRUCTURE ELEMENTS AND OTHER QUANTITATIVE TRAITS OF RICE SAMPLES ON GRAIN YIELDS

Research article

Kostilev P.I.^{1*}, Krasnova Y.V.², Aksenov A.V.³

¹ ORCID : 0000-0002-4371-6848;

² ORCID : 0000-0002-4716-5676;

³ ORCID : 0000-0002-6641-878X;

^{1,2,3} Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russian Federation

* Corresponding author (p-kostylev[at]mail.ru)

Abstract

The article is dedicated to the study of variability of various plant traits, direct and indirect contribution of these parameters to rice yield and identification of their best combinations as selection criteria for creating high-yielding rice genotypes. Yield is one of the most important parameters considered in any breeding programme. To find the yield determining traits and their effect on yield, the present experiment was conducted with forty rice genotypes using correlation analysis and error of average graphs. The effect of 5 traits on yield was studied: plant height, panicle length, number of spikelets per panicle, weight of 1000 grains, and number of productive stems per 1 m². It was detected that these traits correlate differently with grain yield. The number of productive stems per unit area showed a high positive direct effect on grain yield ($r=0.70\pm 0.07$), while plant height ($r=0.14\pm 0.10$), panicle length ($r=0.14\pm 0.10$) and number of spikelets per panicle ($r=0.22\pm 0.09$) had a weak effect. Graphical analysis showed that the highest yield of rice was formed at plant height 92-94 cm, panicle length 14-15 cm, number of spikelets per panicle 130-140, weight of 1000 seeds 26-32 g and density of productive stalk 270-300 stalks per 1 m². These trait values can be taken into account for selection of high-yielding rice genotypes and further used in the programme of increasing the yield of varieties.

Keywords: rice, yield, yield structure, correlation.

Введение

Рис (*Oryza sativa* L.) – одна из важнейших основных зерновых культур, которой питается более половины населения земного шара. Учитывая растущее население, основной целью селекционеров всегда будет повышение урожайности основных продовольственных культур. Было подсчитано, что к 2030 году миру придется производить на 60% больше риса. Показатели урожайности и компонентов урожайности являются наиболее широко используемыми признаками для программ улучшения сортов риса в мире [1].

Урожайность зерна, являясь количественным признаком, является сложной характеристикой любой культуры. Урожайность имеет сложный полигенный характер, являющийся результатом многочисленных взаимодействий между многими признаками. Различные морфологические и физиологические особенности растений способствуют повышению урожайности. Эти компоненты, способствующие повышению урожайности, взаимосвязаны друг с другом, демонстрируя сложную цепочку взаимосвязей, а также находясь под сильным влиянием условий окружающей среды. Связи между этими признаками могут быть оценены с помощью корреляционного анализа. В рамках селекционных программ по рису информация о коэффициентах корреляции всегда была полезна в качестве основы для отбора [2], [3].

Степень связи между важными признаками растения – это показатель, который может быть использован для прогнозирования реакции урожая на изменения, связанные с конкретным признаком. Поэтому для генотипов риса необходима идентификация ключевых компонентных признаков, связанных с урожайностью и влияющих на ее максимизацию [4].

В исследованиях Akhtar et al. (2011) было установлено, что урожайность риса имела сильную генетическую корреляцию с количеством зерен в метелке, периодом от посева до созревания и массой 1000 зерен. Регрессионный анализ показал, что урожайность риса имела значимую положительную корреляцию с количеством зерен на метелке ($b = 0,0164$) и массой 1000 зерен ($b = 0,1356$). Можно сделать вывод, что количество зерен в метелке, масса 1000 зерен и дни до созревания являются важными признаками растения, которые следует учитывать при планировании любой селекционной программы для повышения урожайности риса [5].

В работе Devi et al. (2017) было показано, что урожайность зерна с растения имела самую высокую значимую положительную связь с числом семян на метелке, высотой растения, длиной метелки, длиной и шириной флагового листа, продуктивными побегами, что указывает на важность этих признаков для повышения урожайности [6].

В исследованиях Guduru et al. (2022) корреляционный анализ показал, что высота растений, вес метелки, длина и ширина зерна, количество зерен на метелку имели значительную и положительную связь с урожайностью зерна с растения, следовательно, эти признаки могут использоваться в качестве показателей селекции для создания высокоурожайных сортов риса [7].

По данным Kondi et al. (2022) урожайность зерна достоверно коррелировала с длиной метелки, общим количеством выполненных зерен на метелке, индексом урожая, шириной зерна, количеством продуктивных побегов на растении и дней до 50% цветения [8].

Madishetty et al. Установили, что урожайность зерна с растения показала значительную и положительную связь с биологической урожайностью, длиной метелки, количеством колосков на метелке, высотой растения, шириной флагового листа и количеством дней до созревания, что указывает на полезный выбор этих характеристик для повышения урожайности [9].

В работе Parimala et al. (2020) такие признаки, как высота растения, количество продуктивных побегов на растении, длина метелки, количество выполненных зерен на метелке, фертильность колосков и масса 1000 семян имели положительную фенотипическую и генотипическую корреляцию с урожайностью зерна с растения [10].

Однако одних коэффициентов корреляции недостаточно для понимания причинно-следственных связей между признаками, связанными с урожайностью, в то время как анализ криволинейных регрессий позволяет лучше понять связи между различными показателями (Hossain и др., 2015) [11]. Значение корреляции указывает только на характер и степень ассоциации, существующей между парами признаков. Урожай зависит от нескольких сопутствующих признаков, которые взаимосвязаны, и изменение любого компонента может повлиять на действие других.

Настоящее исследование было проведено с целью выявления изменчивости различных признаков растений, прямого и косвенного вклада этих параметров в урожайность риса и выявления их лучших комбинаций в качестве критериев отбора для создания высокоурожайных генотипов риса.

Методы и принципы исследования

Исследование 40 образцов конкурсного сортоиспытания (КСИ) проводили в Обособленном предприятии «Пролетарское» (Ростовская обл.) в 2022-2023 гг. В работе использовали Методику полевого опыта Доспехова Б.А. (2011). Площадь делянки 20 м² в 4-кратной повторности. В процессе анализа структуры урожая были определены количество продуктивных стеблей на 1 м², высоту растений, длину метелок, число зерен на них, массу 1000 зерен и др. Уборка проводилась с помощью малогабаритного комбайна очесывающего типа КС 575. Для статистической обработки информации использовали программы Excel и Statistica 8.

Основные результаты

Высота растений не является элементом структуры урожая, однако косвенно влияет на него. Низкорослые формы формируют недостаточный фотосинтетический потенциал, а высокорослые имеют склонность к полеганию, что снижает урожайность. Поэтому продуктивные растения должны иметь оптимальную высоту. Поиск таких величин возможен на основе группового анализа разнородных по генотипам образцов.

В конкурсном сортоиспытании у 40 образцов высота растений варьировала в пределах 82-104 см (в среднем 92,6 см). При этом она имела низкую положительную линейную корреляцию с урожайностью ($r=0,14\pm 0,09$), среднюю с длиной метелки ($r=0,60\pm 0,09$). Однако в природе редко встречаются линейные связи, но значительно чаще криволинейные. Это наглядно иллюстрирует график влияния высоты растений на урожайность (рисунок 1). Он показывает, что с увеличением высоты растений урожайность сначала растет, потом достигает максимума 7,2 т/га в классе 92-94 см, а потом снижается. Следовательно, при селекционном отборе преимущество нужно отдавать растениям с такой длиной стебля.

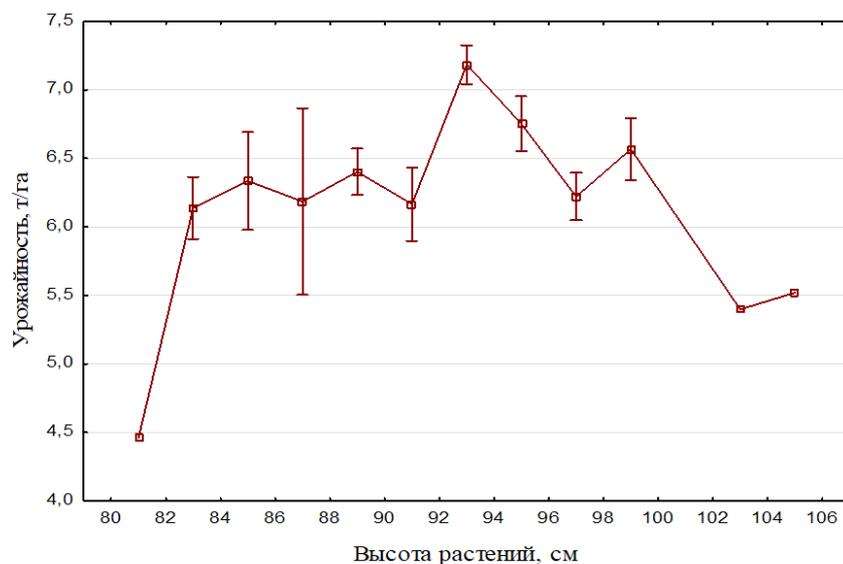


Рисунок 1 - Влияние высоты растений на урожайность зерна риса образцов КСИ
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.1>

Примечание: 2022-2023 г

Длина метелки также не является структурным показателем, однако, при условии одинаковой плотности размещения на ней колосков, более длинные метелки несут большее количество зёрен, что положительно влияет на продуктивность. В конкурсном испытании длина метелок у большей части сортообразцов была средней длины, в пределах 12,4-17,3 см (в среднем 14,4). При этом высокорослые растения формировали более длинные метелки, что подтверждает положительная корреляция с высотой растений ($r=0,60\pm 0,09$). Также положительные связи были установлены с массой метелки – $0,30\pm 0,10$, количеством колосков на метелке – $0,30\pm 0,10$, с урожайностью – $0,14\pm 0,10$. С остальными признаками корреляция отсутствовала или была отрицательной. Наибольшая урожайность (6,57 т/га) формировалась в классе сортообразцов метелки которых имели длину 14-15 см. Формы с длинными метелками значительно снизили продуктивность (рисунок 2).

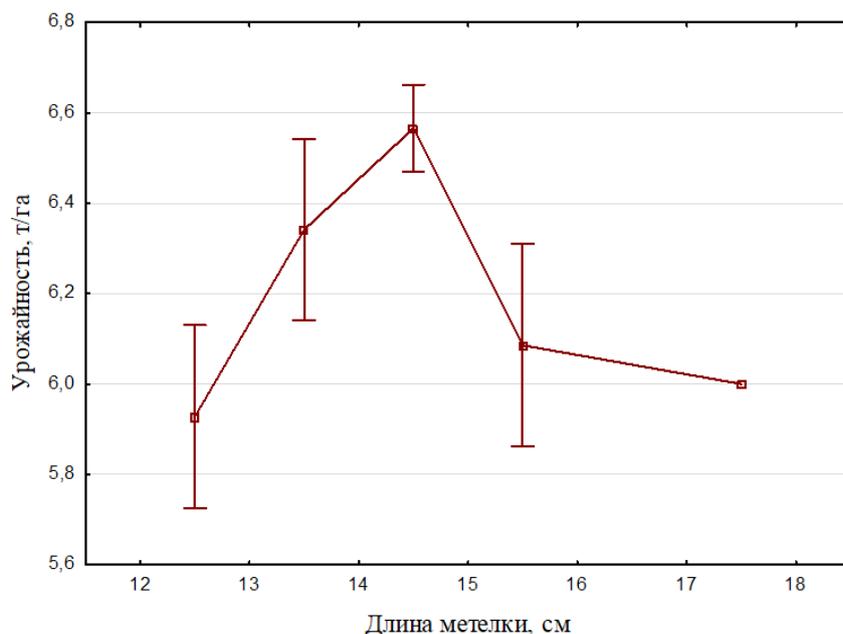


Рисунок 2 - Влияние длины метелок растений на урожайность зерна риса образцов КСИ
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.2>

Примечание: 2022-2023 г

Продуктивность метелки определяется количеством колосков и зерен в ней. Если их заложилось мало в конусе нарастания, то частично может произойти компенсация урожайности за счет увеличения размеров и массы зерновок, которые формируются позже.

Среднее количество колосков в метелке варьировало у сортообразцов в пределах от 109,5 до 173,1 штук (в среднем 137,1). При этом фертильность колосков никогда не бывает полной, часть из них оказывается пустой. Поэтому количество выполненных зерновок было меньше: от 102,6 до 148,1 штук (в среднем 122,5). Статистический анализ показал сильную положительную корреляцию этого признака с плотностью метелки ($0,75 \pm 0,07$), среднюю – с массой зёрен на метелке ($0,67 \pm 0,09$), слабую – с урожайностью ($0,22 \pm 0,09$), отрицательную – с количеством метелок на единице площади, с остальными признаками связь отсутствовала.

На графике видно, что при увеличении количества колосков на метелке урожайность сначала растёт до максимума 6,47 т/га у сортообразцов, находящихся в классе 130-140 колосков, затем стабилизируется (рисунок 3).

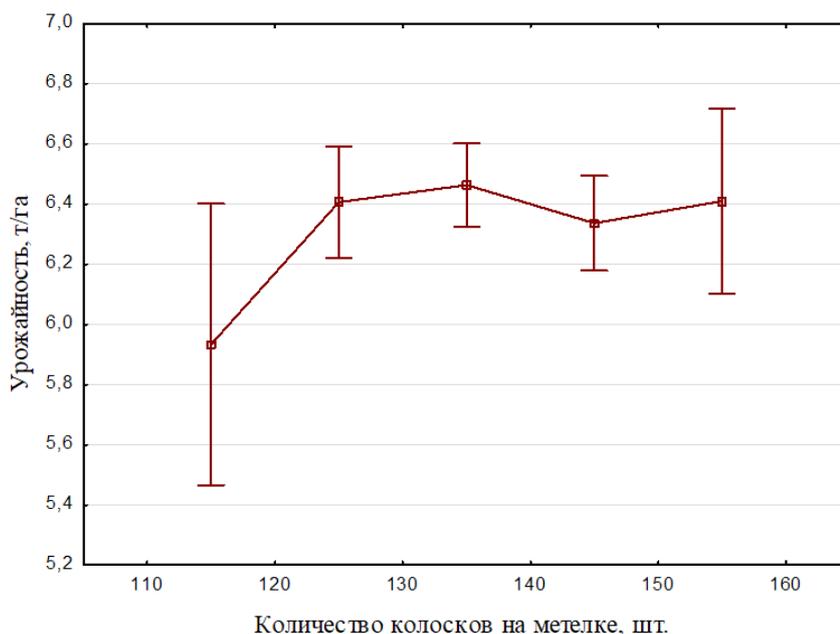


Рисунок 3 - Влияние количества колосков на метелке растений на урожайность зерна риса образцов КСИ
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.3>

Примечание: 2022-2023 г

Масса зерна с метелки зависит от количества зёрен на ней и массы отдельной зерновки. В комплекте изученных сортообразцов эта величина варьировала от 2,54 до 4,16 г (в среднем 3,14 г). Этот признак положительно коррелировал с количеством колосков на метелке ($0,67 \pm 0,13$), количеством зерен ($0,56 \pm 0,13$), массой 1000 зерен ($0,50 \pm 0,11$), длиной метелки ($0,30 \pm 0,11$), плотностью метелки ($0,43 \pm 0,13$). С количеством растений и стеблей на 1 м² корреляция была средняя, отрицательная.

Среди сортообразцов наблюдали сильное варьирование массы 1000 зерен в пределах от 24,8 до 35,4 г (в среднем 29,4 г). Этот признак средне положительно коррелировал с массой зёрен на метелке ($0,50 \pm 0,11$) и слабую – с пустозерностью ($0,20 \pm 0,08$). С остальными признаками, в том числе и с урожайностью, связь отсутствовала или была отрицательная.

Как показывает график, максимальная урожайность формировалась у сортообразцов, масса 1000 зерен которых находилась в классах 26-32 г (рисунок 4). Таким образом, для формирования наибольшей продуктивности не всегда нужны максимальные значения ее элементов, чаще оптимальными являются средние величины. Например, образец Дон 7746 [(Крупнозерный х Стрелец) х Кубояр] с высокой массой 1000 зерен (35,4 г) сформировал низкую урожайность 4,95 т/га.

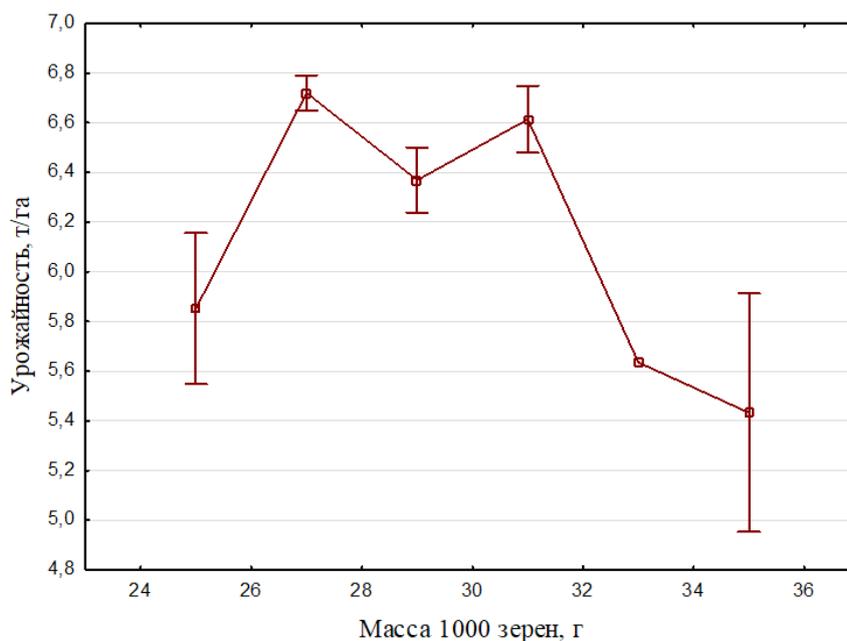


Рисунок 4 - Влияние массы 1000 зерновок растений на урожайность зерна риса образцов КСИ
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.4>

Примечание: 2022-2023 г

Кущение растений было незначительным: от 1,1 до 2,2 продуктивных побегов на растение (в среднем – 1,9 шт.). Число стеблей с созревшими метелками на 1 м² колебалось среди сортообразцов от 139 до 297 (в среднем 232), влияя на их урожайность. Этот показатель имел высокую положительную корреляцию с урожайностью ($0,70 \pm 0,07$), среднюю отрицательную – с количеством колосков на метелке ($-0,47 \pm 0,09$), слабую отрицательную – с массой 1000 зерен ($-0,25 \pm 0,11$).

Самая большая урожайность зерна 7,2 т/га сформировалась при густоте продуктивного стеблестоя 270-300 стеблей на 1 м² (рисунок 5).

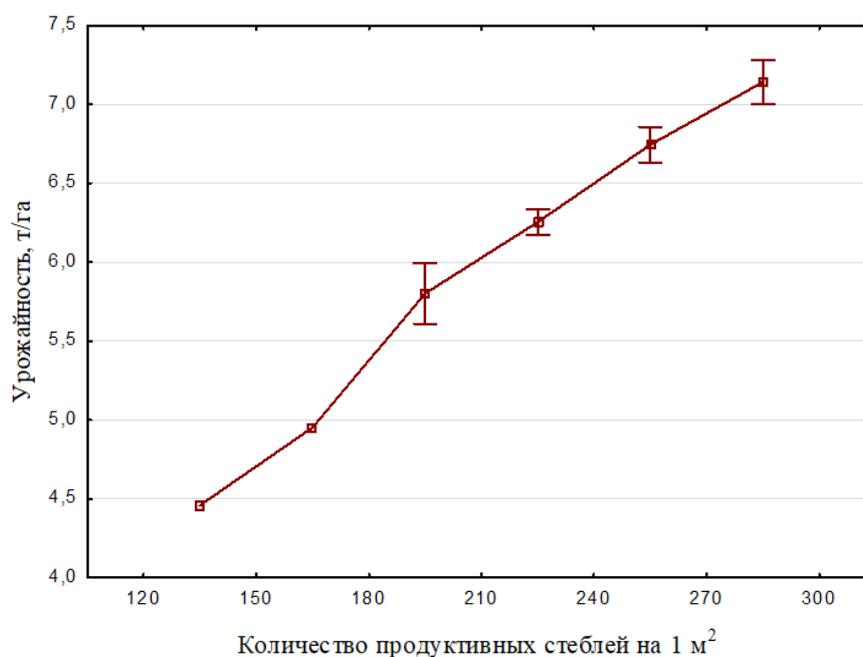


Рисунок 5 - Влияние числа продуктивных стеблей на 1 м² растений на урожайность зерна риса образцов КСИ
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.5>

Примечание: 2022-2023 г

Максимальная урожайность зерна риса формировалась при оптимальных величинах элементов структуры урожая: количество продуктивных стеблей на единице площади – 270-300 шт./м², а число колосков на метелке 130-140 штук. Поэтому нужно создавать такие сорта, незначительно снижающие озерённость метелки при увеличении густоты посева.

Заключение

1. Проведен статистический анализ элементов структуры урожая и других количественных признаков у образцов риса конкурсного сортоиспытания, выявлены закономерности их влияния на продуктивность.

2. Установлено, что максимальная урожайность риса формируется при высоте растений 92-94 см, длине метелок 14-15 см, наличии 130-140 колосков на метелке с массой 1000 семян 26-32 г и густоте продуктивного стеблестоя 270-300 стеблей на 1 м².

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Жапова О.И., Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.6>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Zhapova O.I., East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.110.6>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mukesh M. Correlation and Path Coefficient Analysis in Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes for Yield and Its Attributing Traits / M. Mukesh, J. Vidyabhushan, K. Anand et al. // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. — 2018. — 4. — p. 285-290. DOI: [10.9734/ijpss/2023/v35i183271](https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183271).
2. Prasad B. Genetic Variability and Selection Criteria in Fine Rice (*Oryza sativa* L.) / B. Prasad, A.K. Patwary, P.S. Biswas // *Pakistan J. Biol. Sci.*. — 2016. — 4. — p. 1188-1190. — DOI: [10.3923/pjbs.2001.1188.1190](https://doi.org/10.3923/pjbs.2001.1188.1190).
3. Sharma D.J. Correlation and Path Coefficient Studies for Grain Yield and Other Yield Attributes on Aromatic Short Grain Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes / D.J. Sharma, R. Parihar, A.P. Agrawal et al. // *International Journal of Agriculture Sciences*. — 2016. — 51(8). — p. 2318-2320.
4. Kumar N. Character Association and Path Analysis in Rice / N. Kumar, S.K. Singh, S.P. Singh et al. // *Prog. Agric.* — 2016. — 16(1). — p. 103-108.
5. Akhtar N. Estimation of Heritability, Correlation and Path Coefficient Analysis in Fine Grain Rice (*Oryza sativa* L.) / N. Akhtar, M.F. Nazir, A. Rabnawaz et al. // *The Journal of Animal & Plant Sciences*. — 2011. — 21(4). — p. 660-664.
6. Devi K.R. Analysis of Variability, Correlation and Path Coefficient Studies for Yield and Quality Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) / K.R. Devi, B.S. Chandra, N. Lingaiah et al. // *Agric. Sci. Digest*. — 2017. — 37(1). — p. 1-9.
7. Gudepu S. Variability and Association Studies for Yield and Yield Contributing Traits in Long Grain Rice (*Oryza sativa* L.) / S. Gudepu, D.R. Chennamadhavuni, S. Katragadda // *Oryza – An International Journal on Rice*. — 2022. — 59. — DOI: [10.35709/ory.2022.59.4.3](https://doi.org/10.35709/ory.2022.59.4.3).
8. Kondi R. Study of Genetic Parameters, Correlation and Path Analysis for Yield and Quality Characters in Fine Scented Rice Genotypes / R. Kondi, S. Kar, N. Mandawi // *Oryza – An International Journal on Rice*. — 2022. — 59. — DOI: [10.35709/ory.2022.59.1.3](https://doi.org/10.35709/ory.2022.59.1.3).
9. Madishetty A.R. Genetic Variability and Correlation Studies for Yield and Yield Related Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) / A.R. Madishetty, G.M. Lal, K. Adarsh // *International Journal of Plant & Soil Science*. — 2023. — 35(20). — p. 1165–1176. — DOI: [10.9734/ijpss/2023/v35i203914](https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i203914).
10. Parimala K. Studies on Genetic Parameters, Correlation, and Path Analysis in Rice (*Oryza sativa* L.) / K. Parimala, R. Surender, H. Prasad et al. // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. — 2020. — 9(1). — p. 414-417.
11. Hossain S. Genetic Variability, Correlation and Path Coefficient Analysis of Morphological Traits in some Extinct Local Aman Rice (*Oryza sativa* L.) / S. Hossain, H.M.D. Maksudu, R.J. Jamilur // *J. Rice Res.* — 2015. — 3. — p. 158.