

УДК 631.52.633.853.494
DOI 10.25230/conf13-2025-303-272

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИЗНАКОВ АРХИТЕКТониКИ И ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ У РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ РАПСА ОЗИМОГО

Сырова Ю.Д.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
julia21795@gmail.com

Морфометрические параметры растений рапса озимого – это один из показателей, оказывающих влияние на количество получаемых семян с растения. Был проведен корреляционный анализ между элементами архитектоники и структуры урожая с продуктивностью растения. Исследование проводили в 2022–2024 гг. на Центральной экспериментальной базе ЦЭБ ВНИИМК, х. Октябрьский (центральная зона Краснодарского края) на сортах Лорис, Сармат и гибридах Дебют, Гамбит селекции ВНИИМК. По результатам снопового анализа были найдены сильные положительные взаимосвязи между признаками «масса семян с растения» и: «количество ветвей 1-го порядка», «количество ветвей 2-го порядка», «количество стручков на ветвях 1-го порядка», «количество стручков на ветвях 2-го порядка» для всех изучаемых генотипов.

Ключевые слова: рапс озимый, урожайность, архитектоника, элементы структуры урожая, сорт, гибрид, корреляция

Введение. Урожайность является сложным количественным признаком, на который влияет генотип, агротехника, биотические и абиотические факторы среды. Многие зарубежные исследователи утверждают, что строение растения рапса озимого непосредственно связано с количеством получаемых семян. Четкой картины какие именно элементы архитектоники на это влияют нет, так как данные ученых сильно разнятся.

Dierpenbrock W. в своем исследовании доказывал, что урожайность семян с одного растения тесно связана с количеством стручков на нем, а длина стручка является наиболее подходящим признаком для отбора растений с высокой урожайностью [1]. Иранские ученые изучали 19 линий рапса озимого и нашли корреляционную взаимосвязь между массой 1000 семян и урожайностью, а также сбором масла [2].

Dilek Baalma в Анкаре проводил исследование на 25 сортах озимого масличного рапса, в результате которого обнаружил положительную взаимосвязь между количеством ветвей на растении, а также высотой растения с количеством стручков на главной кисти [3]. Испанские ученые Sabaghnia N., Dehghani H., Alizadeh B., Mohghaddam M. изучали взаимосвязи между урожайностью семян и 20-ю количественными признаками на 49 генотипах рапса озимого. Анализ коэффициентов корреляции показал, что урожайность семян положительно коррелирует с количеством боковых ветвей, числом стручков и семян в них [4]. Китайские исследователи, изучавшие влияние элементов архитектоники на массу семян с растения у 12 генотипов рапса озимого пришли к выводу, что количество ветвей 1-го порядка, количество стручков на центральной кисти и количество семян в стручке вносят



значительный вклад в урожайность семян с растения, в то время как масса 1000 семян отрицательно коррелировала с массой семян с растения [5].

В 2019 году ряд ученых Li, N., Song, D., Peng, W., Zhan, J., Shi, J., Wang, X., et al. для выявления ключевого механизма регулирования массы 1000 и количества семян в стручке провели исследование в результате которого, показали, что большая длина стручка может способствовать увеличению площади фотосинтеза за счет створок, что способствует повышению массы 1000 семян и их количеству [6]. Ученые из Пакистана анализировали количественные признаки 15 различных генотипов рапса озимого и их связи с урожайностью. Результаты показали, наличие сильной положительной корреляции между урожайностью и: высотой растения, количеством ветвей 1-го и 2-го порядка, количеством семян в стручке, процентом содержания масла и белка. Так же исследователи пришли к выводу, что факторы окружающей среды, в меньшей степени влияли на строение растений, а в большей мере это зависело от генотипа [7]. Британские ученые Siles L., Hassall K.L., Sanchis Gritsch C., Eastmond P.J., Kurup S. в своих исследованиях с озимом рапсом нашли положительную корреляцию между количеством семян в стручке и урожайностью, в связи с чем они рекомендуют вести отбор по данному признаку [8].

Цель настоящего исследования заключается в оценке коэффициентов корреляции между элементами архитектоники и структуры урожая, их влияния на продуктивность растения у сортов и гибридов рапса озимого селекции ВНИИМК. Знание взаимосвязи между элементами архитектоники и структуры урожая поможет выделить признаки для селекционной программы на увеличение урожайности, так как селекция на повышение данного признака является одной из основных целей по созданию сортов и родительских линий гибридов рапса озимого.

Материалы и методы. Исследование было проведено на опытном поле ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК х. Октябрьский (Центральная зона Краснодарского края), в 2022–2024 гг. Элементы архитектоники растений изучали на гибридах Дебют и Гамбит, сортах Лорис и Сармат селекции ВНИИМК.

Были рассчитаны корреляции между следующими показателями: «высота растений», «длина центральной ветви», «количество ветвей 1-го порядка», «количество ветвей 2-го порядка», «число стручков на центральной кисти», «число стручков на ветвях 1-го порядка», «число стручков на ветвях 2-го порядка», «длина стручка», «число семян в стручке», «масса 1000 семян» и «масса семян с растения». Выборка по каждому генотипу составила 150 растений за 3 года исследований. С помощью программы RStudio проведена оценка коэффициентов линейной корреляции Пирсона - r , детерминации - r^2 и оценка уровней значимости - p . С помощью дополнительного пакета инструментов Ggcorrmat построены графики корреляционной матрицы.

Результаты и обсуждение. Анализ коэффициентов линейной корреляции Пирсона r и коэффициентов детерминации r^2 по основным хозяйственно ценным признакам показывает, что у сорта Лорис существенные положительные корреляции есть между признаками: «масса семян с растения» и «высота растения» $r = 0,65$ при $p = 0,0003$, коэффициент детерминации $r^2 = 0,42$ (рис. 1). Также влияет на массу семян с растения количество ветвей 1-го ($r = 0,50$) и 2-го порядка ($r = 0,64$), число стручков на ветвях 1-го порядка ($r = 0,62$), взаимосвязь найдена в 38 % случаев. С массой семян с растения слабо коррелировали признаки: «длина стручка», «число семян в стручке» и «масса 1000 семян».

У сорта Сармат в большей степени на количество получаемых семян с растения влияло число стручков на ветвях 1-го порядка, коэффициент корреляции составил $r = 0,77$, взаимосвязь обнаружена в 59 % случаев. В меньшей степени коррелировали с продуктивностью растения «количество ветвей 1-го порядка» ($r = 0,65$) и «количество ветвей 2-го порядка» ($r = 0,66$). Несущественная зависимость отмечалась между признаком «масса

семян с растения» и признаками: «длина центральной ветви», «длина стручка», «число семян в стручке» и «масса 1000 семян».

В отличие от сорта Лорис у Сармата отмечена слабая положительная корреляция между высотой и массой семян с растения $r = 0,38$, выявлена только в 14 % случаев. Данная взаимосвязь у сорта Сармат свидетельствует о возможности создания технологичных сортов с большей устойчивостью к полеганию за счет снижения высоты, но при этом растения сохраняют высокую продуктивность семян из-за увеличения количества боковых ветвей и стручков на них. В конкурсном испытании за 2022–2024 гг. более низкорослый сорт Сармат (с средним 146 см) в сравнении с сортом Лорис (153 см) оказался более устойчив к полеганию. У Сармата полегание в среднем - 1,6 балла, у Лориса - 2,3 балла.

У обоих сортов найдена средняя положительная взаимосвязь между признаками: «число ветвей 1-го порядка» и «число стручков на ветвях 1-го порядка» - (Лорис $r = 0,56$; Сармат $r = 0,54$). Наблюдалась сильная корреляция между «числом ветвей 2-го порядка» и «стручков на ветвях 2-го порядка» (Лорис $r = 0,89$; Сармат $r = 0,79$). Установленные связи позволяют сделать вывод о возможности отбора элитных растений с высокой продуктивностью по данным признакам.

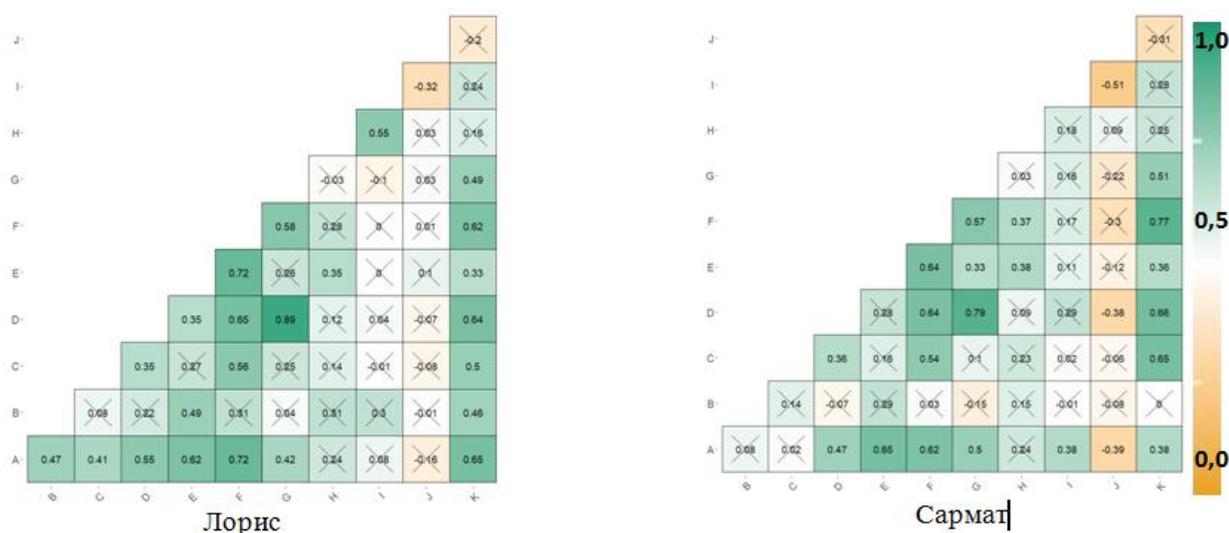


Рисунок 1 – Коэффициенты корреляции между элементами архитектуры и массой семян с растения у сортов рапса озимого (2022–2024 гг.):

А - «высота растений»; В - «длина центральной ветви»; С - «число ветвей 1-го порядка»; Д - «число ветвей 2-го порядка»; Е - «число стручков на центральной кисти»; F - «число стручков на ветвях 1-го порядка»; G - «число стручков на ветвях 2-го порядка»; H - «длина стручка»; I - «число семян в стручке»; J - «масса 1000 семян»; K - «масса семян с растения». × - несущественная взаимосвязь, ($p < 0,05$)

При анализе коэффициентов корреляции между элементами структуры урожая у гибридов полученные данные несколько отличались от сортов (рис. 2). У гибрида Дебют в большей степени на урожайность семян с растения влияли: «число стручков на ветвях 1-го порядка» ($r = 0,74$), «число стручков на ветвях 2-го порядка» ($r = 0,69$), «число ветвей 1-го порядка» ($r = 0,66$) и «число ветвей 2-го порядка» ($r = 0,71$). Слабо коррелировали с массой семян с растения: «длина центральной ветви», «длина стручка», «число семян в стручке» и «масса 1000 семян». Невысокая взаимосвязь отмечена между высотой растения и получаемым количеством семян с растения - $r = 0,36$ (12 % случаев). Высота растения в большей степени была связана с количеством стручков на центральной кисти $r = 0,77$, так же отмечена положительная взаимосвязь с количеством стручков на ветвях 1-го порядка $r = 0,60$. Положительная корреляция средней силы присутствовала между признаками «высота



растения» и «число стручков на ветвях 2-го порядка» ($r = 0,42$), а также «длина стручка» ($r = 0,43$).

У гибрида Гамбит на урожайность семян с растения, как и у гибрида Дебют в большей степени влияли признаки: «число ветвей 1-го порядка» - $r = 0,70$; «число ветвей 2-го порядка» - $r = 0,89$; «число стручков на ветвях 1-го порядка» и «число стручков на ветвях 2-го порядка» - $r = 0,86$. Кроме того найдена положительная зависимость между «массой семян с растения» и «длиной центральной кисти» - $r = 0,65$.

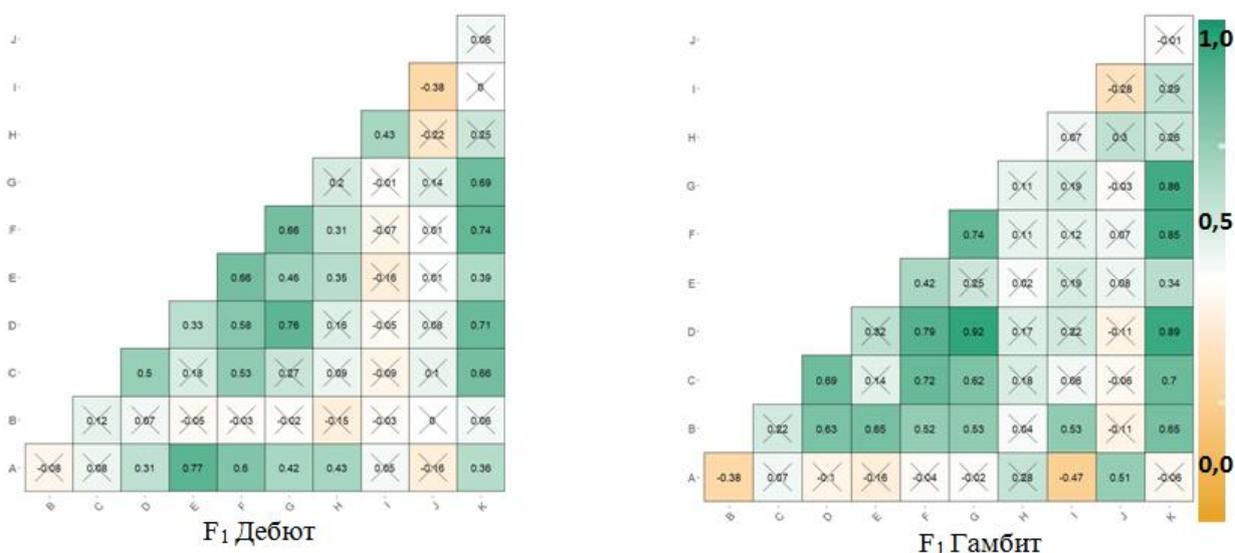


Рисунок 2 – Коэффициенты корреляции между элементами архитектуры и массой семян с растения у гибридов рапса озимого (2022–2024 гг.):

А - «высота растений»; В - «длина центральной ветви»; С - «число ветвей 1-го порядка»; Д - «число ветвей 2-го порядка»; Е - «число стручков на центральной кисти»; F - «число стручков на ветвях 1-го порядка»; G - «число стручков на ветвях 2-го порядка»; H - «длина стручка»; I - «число семян в стручке»; J - «масса 1000 семян»; К - «масса семян с растения».
× - несущественная взаимосвязь, ($p < 0,05$)

В меньшей степени у гибрида Гамбит на урожайность семян с растения оказало влияние «число стручков на центральной кисти» - $r = 0,34$. Также как и у гибрида Дебют с массой семян с растения слабо коррелировали признаки: «длина стручка», «число семян в стручке» и «масса 1000 семян». В отличие от других генотипов у гибрида Гамбит найдена положительная взаимосвязь между «высотой растения» и «массой 1000 семян» - $r = 0,51$, в 26 % случаев.

Общая корреляционная таблица по данным снопового анализа всех вышеперечисленных генотипов представлена на рисунке 3, выборка составила 600 растений. Полученные данные показывают, что независимо от генотипа в большей степени на урожайность влияет «число стручков на ветвях 1-го порядка» - $r = 0,78$, «число ветвей 1-го порядка» - $r = 0,67$ и «число ветвей 2-го порядка» - $r = 0,70$. Средняя положительная взаимосвязь отмечена между признаками: «число стручков на ветвях 2-го порядка» и «число стручков на центральной кисти» с массой семян с растения.

Корреляционная зависимость отсутствовала между признаками: «длина стручка», «число семян в стручке», и «масса 1000 семян» с массой семян с растения у всех изучаемых генотипов. Так как масса 1000 семян показывает выполненность и крупность семян. А количество семян в стручке и их размер влияют на длину стручка.



3. Dilek Baalma. The Correlation and Path Analysis of Yield and Yield Components of Different Winter Rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.). Cultivars Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. – 2008. – No. 4 (2). – PP. 120–125.

4. Sabaghnia N., et al. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. Spanish Journal of Agricultural Research. – 2010. – No. 2. – PP. 356–370.

5. Lu G., Zhang F., Zhang P., Cheng Y., Liu F.-I., Fu G. et al. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in early rapeseed (*Brassica napus* L.). Agric. Sci. China. – 2011. – No. 10. – PP. 997–1003.

6. Li N., Song D., Peng W., Zhan J., Shi J., Wang X. et al. Maternal control of seed weight in rapeseed (*Brassica napus* L.): the causal link between the size of pod (mother, source) and seed (offspring, sink). Plant Biotechnol. J. – 2019. – No 17. – PP. 736–749.

7. Tariq H. et al. Correlation and path analysis of *Brassica napus* genotypes for yield related traits. Life Science Journal. – 2020. – No. 8. – PP. 22–34.

8. Siles L., Hassall K.L., Sanchis Gritsch C., Eastmond P.J., Kurup S. Uncovering Trait Associations Resulting in Maximal Seed Yield in Winter and Spring Oilseed Rape. Front. Plant Sci. – 2021. – No. 6. – Vol. 12. – PP. 1–16.

CORRELATION OF ARCHITECTONICS TRAITS AND ELEMENTS OF YIELD STRUCTURE IN DIFFERENT GENOTYPES OF WINTER RAPESEED Syrova Yu.D.

Morphometric parameters of winter rapeseed plants are one of the parameters influencing the number of seeds obtained per plant. Correlation analysis between elements of architectonics and yield structure and productivity of plants was carried out. The study was conducted in 2022–2024 at the Central Experimental Base of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, vil. Oktyabrsky (central zone of Krasnodar region) on varieties Loris, Sarmat and hybrids Debut, Gambit bred at V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops. According to the results of sheaf analysis, strong positive correlations were found between the traits "seed weight per plant" and "number of branches of 1st order", "number of branches of 2nd order", "number of pods on branches of 1st order", "number of pods on branches of 2nd order" for all studied genotypes.

Key words: winter rapeseed, yield, architectonics, yield structure elements, variety, hybrid, correlation