

УДК 631.527:633.16

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Н. И. ВАСЬКО, А. Г. НАУМОВ, П. Н. СОЛОНЕЧНЫЙ, О. Е. ВАЖЕНИНА,
О. В. СОЛОНЕЧНАЯ, А. В. ЗИМОГЛЯД

Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины
г. Харьков, Украина, 61060, e-mail: nvasko1964@gmail.com

(Поступила в редакцию 20.04.2018)

В Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН в 20015–2017 гг. проведено изучение морфологических признаков растений 12 сортов ярового голозерного ячменя различного эколого-географического происхождения. Целью исследования было изучение взаимовлияния элементов продуктивности, силы и направления этого взаимовлияния для прогнозирования эффективности отборов на продуктивность в селекционном процессе ярового ячменя.

Корреляционный и регрессионный анализ проводили по В. Г. Вольфу (1966 г.) и Б. А. Доспехову (1985 г.) с помощью программы STATISTICA 10.

В результате исследования установлено, что продуктивность сорта Richard формировалась за счет продуктивной кустистости, сортов Alamo и Millhouse – продуктивной кустистости, длины колоса, количества и массы зерна с основного колоса, а сорта Голозерный 1 – массы зерна с основного колоса. Определена существенная положительная корреляция продуктивности с продуктивной кустистостью, количеством и массой зерна с основного колоса ($r = 0,50, 0,39$ и $0,36$ соответственно). Выделены корреляционные кластеры продуктивности и ее структурных элементов. Регрессионным анализом определено существенное положительное влияние на уровень продуктивности продуктивной кустистости, количества и массы зерна с основного колоса, отрицательное – высоты растения.

Таким образом, при отборе на продуктивность в селекционном процессе голозерного ячменя следует ориентироваться на показатели продуктивной кустистости, количества и массы зерна с основного колоса.

Ключевые слова: ячмень, селекция, продуктивность, корреляция, регрессия.

At the Institute of Plant Growing named after V.Ia. Iurev of the National Academy of Agricultural Sciences in 20015-2017, the study of the morphological characteristics of plants of 12 varieties of spring naked-grain barley of different eco-geographical origin was carried out. The purpose of research was to study the mutual influence of the elements of productivity, strength and direction of this interference for predicting the effectiveness of selection for productivity in the breeding process of spring barley. Correlation and regression analyses were performed according to V.G. Wolf (1966) and B.A. Dospikhov (1985) with the help of the program STATISTICA 10. As a result of the research it was established that the productivity of the Richard variety was formed due to productive bushiness, Alamo and Millhouse varieties – productive bushiness, spike length, quantity and weight of grain from the main spike, and variety Golozernyi 1 – weight of grain from the main spike. A significant positive correlation of productivity with productive bushiness, quantity and weight of grain from the main ear was determined ($r = 0.50, 0.39$ and 0.36 , respectively). The correlation clusters of productivity and its structural elements are singled out. Regression analysis determines a significant positive effect on the productivity level of productive bushiness, the amount and weight of grain from the main ear, and the negative – the height of the plant. Thus, when selecting for productivity in the breeding process of naked-grain barley, one should focus on indicators of productive bushiness, quantity and weight of grain from the main ear.

Key words: barley, selection, productivity, correlation, regression.

Введение

Отбор на любой признак, даже незначительный, изменяет организм в целом, так как ни один признак нельзя изменить изолированно от остальных. Одним из показателей, характеризующих взаимосвязь признаков, является корреляция. Поэтому установление корреляции играет важнейшую роль в селекционных программах. Но так как результаты многих исследований указывают на зависимость коэффициентов корреляции от сорта и условий выращивания, то их использование в селекционном процессе может быть эффективным в случае, когда абсолютная величина коэффициента корреляции существенна и достаточно велика [1].

Так как от определения взаимовлияния признаков зависит эффективность отбора в селекционном процессе, то исследованиям корреляции и регрессии урожайности и продуктивности растения с их структурными элементами посвящены работы многих ученых.

В исследованиях иранских ученых установлена тесная корреляция продуктивной кустистости с количеством колосьев, количеством колосков и зерен в колосе, продуктивностью ($r = 0,43-0,75$); количества колосьев – с количеством колосков и зерен в

колосе, продуктивностью ($r = 0,66-0,95$); количества колосков – с количеством зерен и продуктивностью ($r = 0,69-0,96$); количества зерен в колосе – с продуктивностью ($r = 0,69$) [2]. Результатом других исследований стало определение положительной генотипической и фенотипической корреляции урожайности с количеством колосьев на 1 м^2 , количеством колосков в колосе и массой 1000 зерен [3]. В регионе Табриз в опытах с 40 линиями ярового ячменя установлена положительная корреляция массы 1000 зерен с продуктивной кустистостью и длиной колоса; продуктивной кустистости с общей кустистостью и длиной колоса, длины колоса с количеством зерен в колосе. Отрицательной была корреляция массы 1000 зерен с количеством зерен на главном колосе, высоты растения с длиной колоса. Также определена отрицательная регрессия продуктивности с длиной колоса ($b = -0,310$), массой 1000 зерен ($b = -0,258$), положительная – с продуктивной кустистостью ($b = 0,243$) [4].

Турецкие ученые в опытах с 10 сортами ярового ячменя установили положительную существенную корреляцию между массой 1000 зерен и массой зерна с колоса; массой зерна с колоса и высотой растения, количеством зерна в колосе, длиной колоса; количеством зерен в колосе и высотой растения, длиной колоса; длиной колоса и высотой [5].

В Египте А. А. Abd El-Mohsen [6] в опытах с шестью сортами ячменя установил положительную корреляцию количества зерен в колосе с весом зерна с колоса и его длиной, отрицательную – высоты растения с массой 100 зерен и длиной колоса, массы 1000 зерен с длиной колоса и количеством зерен. Определена отрицательная регрессия урожайности и высоты растения, положительная – урожайности с количеством колосьев с 1 м^2 , количеством и весом зерна с колоса, длиной колоса и массой 1000 зерен. Самая существенная регрессия отмечена между урожайностью и весом зерна с колоса ($b = 0,55$).

Эфиопскими учеными проведены опыты с яровым ячменем в трех пунктах (Atsbi, Ofla, Quiha) установлена существенная отрицательная корреляция между массой 1000 зерен и количеством колосков или зерен в колосе. Корреляция между остальными структурными элементами изменялась в зависимости от пункта выращивания, посредством путевого анализа определены нелогичные зависимости. При этом коэффициент генотипической корреляции превышает коэффициент фенотипической корреляции. В результате исследования рекомендовано вести отбор на урожайность по массе 1000 зерен [7].

Влияние условий выращивания на взаимозависимость признаков ячменя ярового показано также и в исследованиях индийских ученых с ячменем при нормальном и недостаточном увлажнении. Общим для обоих вариантов была положительная корреляция продуктивности с продуктивной кустистостью, высотой растения, длиной колоса, количеством колосков в колосе, массой 1000 зерен; количества колосков в колосе с длиной колоса; массы 100 зерен с высотой растения [8].

В исследованиях с 86 генотипами ячменя была установлена существенная положительная корреляция между общей, продуктивной кустистостью и высотой растения; количества колосков в колосе с продуктивной кустистостью и высотой; массы 1000 зерен с общей кустистостью и высотой. Отрицательная корреляция установлена между количеством колосков в колосе и кустистостью, массой 1000 зерен и количеством колосков. Существенная регрессия при этом наблюдалась между урожайностью и продуктивной кустистостью ($b = 0,470$), а также с количеством колосков в колосе ($b = 0,0,50$) [9].

В опытах с яровым ячменем М. Gocheva [10] определила положительную и отрицательную корреляцию между элементами структуры, а посредством путевого анализа установила прямое и не прямое взаимовлияние признаков. Так, прямое положительное влияние на продуктивность было отмечено у продуктивной кустистости, веса зерна с колоса, количества зерен в колосе и массы 1000 зерен; на длину колоса у количества колосков и зерен в колосе; на количество колосков – у количества зерен в колосе; на массу 1000 зерен – у веса зерна с колоса. Прямое отрицательное влияние на продуктивную кустистость было отмечено у количества и веса зерна с колоса; на массу 1000 зерен – у длины колоса, количества колосков и зерен в колосе. В результате этих исследований был сделан вывод о сильном прямом влиянии на продуктивность количества колосков, веса зерна с колоса и продуктивной

кустистости. Следовательно, отбор на продуктивность можно проводить с учетом любого из этих признаков.

В опытах с 15 сортами ярового ячменя различного эколого-географического происхождения установлена существенная корреляция продуктивности с продуктивной кустистостью ($r = 0,77$) и длиной основного колоса ($r = 0,74$) [11]. При изучении 20 образцов ярового ячменя 10 разновидностей определена существенная корреляция продуктивности с массой зерна с основного колоса ($r = 0,53-0,77$), массой 1000 зерен ($r = 0,53-0,67$), продуктивной кустистостью ($r = 0,73-0,76$) и отношением зерно/солома ($r = 0,71-0,83$) [12].

В Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева (г. Харьков) в 2014–2015 гг. в опыте с 11 сортами ярового ячменя была определена тесная корреляционная связь ($r = 0,72-0,96$) между продуктивностью растения и продуктивной кустистостью, продуктивностью и массой соломы, массой 1000 зерен и массой зерна с колоса, массой 1000 зерен и высотой растения, высотой растения и количеством колосков в колосе [13]. В других исследованиях этого коллектива в опытах с 16 сортами ярового ячменя в 2006–2016 гг. установлена слабая положительная корреляция между урожайностью и массой 1000 зерен. Это свидетельствует о том, что масса 1000 зерен не является определяющей для уровня урожайности [14].

Таким образом, результаты изучения взаимовлияния элементов продуктивности ярового ячменя различаются, а сила и направление этого взаимовлияния зависят как от генотипа, так и от условий местности проведения опытов. Поэтому исследования по данной тематике являются актуальными и ценными для прогноза отборов на продуктивность в селекционном процессе.

Основная часть

Исследования проведены в 20015–2017 гг. в Институте растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН (ИР им. В. Я. Юрьева), г. Харьков, восточная часть Лесостепи Украины. Климат умеренно-континентальный, с часто повторяющимися засухами.

Сорта ячменя выращивали в демонстрационных опытах сортоиспытания с площадью делянки 10 м^2 , без повторений. Для структурного анализа отбирали по 30 типичных растений каждого сорта. Существенность различий устанавливали дисперсионным анализом с помощью программы EXCEL (анализ данных, дисперсионный двухфакторный анализ без повторений).

Исходным материалом для исследования были 12 сортов голозерного ярового ячменя различного эколого-географического происхождения пищевого направления использования.

Корреляционный и регрессионный анализ проводили по В. Г. Вольфу [15] и Б. А. Доспехову [16] с помощью программы STATISTICA 10.

В результате структурного анализа растений ячменя был установлен размах изменчивости признаков в зависимости от генотипа и условий года выращивания. Наибольшая изменчивость высоты растения, продуктивной кустистости и количества зерен в колосе была в 2017 и 2016 гг., длины колоса – в 2016 г., массы зерна с колоса – в 2016 г., продуктивности – в 2017 г. При этом погодные условия в годы исследования различались несущественно, только в 2016 г. избыточное количество осадков вызвало полегание растений в посевах. Наиболее стабильным по годам признаком было количество зерен в колосе. В зависимости от генотипа также отмечено разнообразие показателей структурных элементов. Так, низкорослостью отличался сорт Merlin (58 см), высокая продуктивная кустистость отмечена у сортов Richard (3,1 шт.), Millhouse (2,9 шт.), Alamo и Омский голозерный 1 (2,8 шт.) (табл. 1).

Таблица 1. Морфологические признаки структурных элементов растений ярового ячменя, среднее, 2015–2017 гг.

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с основного колоса, г	Продуктивность, г
Голозерный 1	69	2,6	8,5	23	1,41 *	3,39*
Омский голозерный 1	69	2,8*	8,1**	24	1,40	3,05
Оскар	70	2,4	8,8	27*	1,36	2,50**
Майский	73	2,3	8,4	25	1,36	2,47**
Ахиллес	74*	2,3	8,2**	22**	1,25**	2,37**

Гатунок	74*	2,5	9,2*	25	1,42*	2,70
Mebere	67	2,6	8,3	25	1,32	2,64**
Candle	76*	2,3	8,4	25	1,26**	2,44**
Alamo	69	2,8*	9,5*	28*	1,45*	2,99*
Millhouse	73	2,9*	9,7*	30*	1,41*	3,14*
Merlin	58**	2,7	7,9	22**	1,12**	2,42**
Richard	72	3,1*	8,6	25	1,36	3,37*
Среднее	70	2,6	8,6	25	1,34	2,79
НСР ₀₅	3,0	0,2	0,3	1,8	0,06	0,09

* – существенно выше среднего значения, ** – существенно ниже среднего значения признака.

По длине колоса существенно превышали среднее значение сорта Millhouse, Alamo, Гатунок (9,7–9,2 см). Большим количеством зерен в колосе отличались Millhouse, Alamo, Оскар (30–27 шт.). При этом масса зерна с колоса была наибольшей у сортов Alamo (1,45 г), Гатунок (1,42 г), Millhouse и Голозерный 1 (1,41 г), а продуктивность растения – у сортов Голозерный 1 (3,39 г), Richard (3,37 г), Millhouse (3,14 г) и Alamo (2,99 г) (табл. 1). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что продуктивность сорта Голозерный 1 формировалась за счет высокой массы зерна с колоса, Richard – продуктивной кустистости, Millhouse и Alamo – продуктивной кустистости, длины колоса, количества и массы зерна с колоса.

Для корректного ведения селекционного процесса необходимо учитывать взаимовлияние структурных элементов растения, так как отбор по одному из них влечет за собой изменение остальных. Поэтому следует установить корреляцию между этими признаками и руководствоваться коэффициентами корреляции для достижения желаемого результата.

Так, в наших исследованиях установлена существенная положительная корреляция длины колоса с количеством ($r = 0,71$) и массой зерна с колоса ($r = 0,50$), количества зерен с их массой ($r = 0,55$) и продуктивностью ($r = 0,39$), массы зерна с колоса с продуктивностью ($r = 0,36$), продуктивной кустистости с высотой растения ($r = 0,39$) и продуктивностью ($r = 0,50$) (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между структурными элементами растения ярового ячменя, 2015–2017 гг.

Признак	Высота	Продуктивная кустистость	Длина колоса	Количество зерен с основного колоса	Масса зерна с основного колоса
Продуктивная кустистость	0,39*	–	–	–	–
Длина колоса	0,13	0,15	–	–	–
Количество зерен с основного колоса	0,07	0,20	0,71*	–	–
Масса зерна с основного колоса	0,25	0,31	0,50*	0,55*	–
Продуктивность	-0,11	0,50*	0,16	0,39*	0,36*

* – существенные значения, уровень значимости $p < 0,05$.

При схематическом изображении существенной положительной корреляции хорошо заметно образование двух корреляционных кластеров (рис.).

Первый кластер – длина колоса – количество зерен в колосе – масса зерна с колоса. Второй кластер – количество зерен в колосе – масса зерна с колоса – продуктивность. Таким образом, продуктивность голозерных сортов ячменя в наших условиях определяется количеством и массой зерна с колоса, опосредованно – длиной основного колоса. Кроме этого, продуктивность сильно зависит от продуктивной кустистости, особенно в благоприятные годы. Продуктивная кустистость не влияет на показатели основного колоса, но определяет количество колосьев в растении и в конечном итоге – продуктивность всего растения.

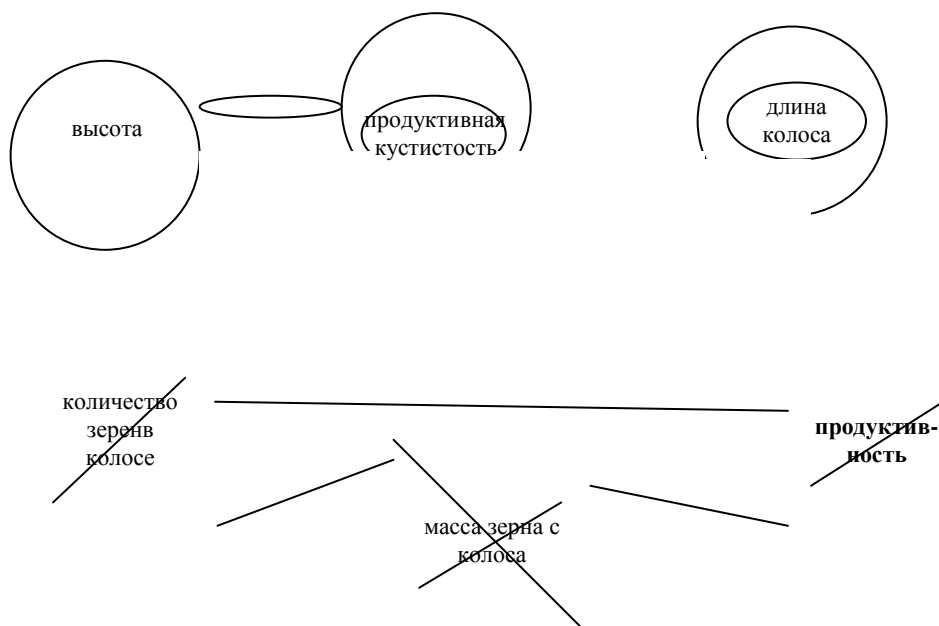


Рис. 1. Существенная положительная корреляция между продуктивностью и ее структурными элементами, 2015–2017 гг.

Величина коэффициента корреляции позволяет выяснить силу и направление связи между признаками, но этим не исчерпываются возможности изучения их сопряженности. Во многих исследованиях возникает необходимость изучения не столько силы связи, сколько характера изменения одного признака от изменения другого, для чего применяют регрессионный анализ. Учитывая рациональность и существенность значения коэффициентов регрессии, было установлено, что при увеличении продуктивной кустистости на один побег продуктивность повышается на 0,48 г, при увеличении количества зерен в колосе – на 0,32 г, массы зерна с основного колоса на 1 г – на 0,36 г. Кроме этого, при увеличении длины колоса на 1 см количество зерен в колосе возрастает на 0,67 шт. При изменении высоты растения на 1 см продуктивность снижается на 0,47 г (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты регрессии между структурными элементами продуктивности растения ярового ячменя, 2015–2017гг.

Зависимая переменная	Факториальный признак				
	Высота	Продуктивная кустистость	Длина колоса	Количество зерен с основного колоса	Масса зерна с основного колоса
Длина колоса	0,01	0,10	–	н/о	н/о
Количество зерен с основного колоса	н/о	н/о	0,67*	–	н/о
Масса зерна с основного колоса	н/о	н/о	0,39*	0,48*	–
Продуктивность	-0,47*	0,48*	0,17	0,32*	0,36*

* – существенные значения, уровень значимости $p < 0,05$, н/о – коэффициент регрессии не определялся ввиду алогичности связи.

Таким образом, результаты регрессионного анализа подтвердили, что при отборе на продуктивность растения следует ориентироваться на продуктивную кустистость, количество и массу зерна с основного колоса.

Заключение

В результате трехлетних исследований 12 голозерных сортов ярового ячменя установлена сильная положительная корреляция продуктивности с продуктивной кустистостью ($r=0,50$), количеством ($r=0,39$) и массой зерна с основного колоса ($r=0,36$). Результаты регрессионного анализа подтвердили, что при отборе на продуктивность растения следует ориентироваться на продуктивную кустистость, количество и массу зерна с основного колоса, при этом увеличение высоты растения оказывает существенное отрицательное влияние на уровень продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 154–160.

2. Rahimi-Baladezaie, R. Effects of sowing dates and CCC application on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in the North of Iran / R. Rahimi-Baladezaie, N.A. Nemati, H.R. Mobasser, A. Ghanbari-Malidarreh, S. Dastan // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. – 2011. – № 11(1). – P. 49–54.
3. Mohtashami, R. The correlation study of important barley agronomic traits and grain yield by path analysis / R. Mohtashami // International Journal. – 2015. – № 7(1). – P. 111–1219.
4. Hosinbabaiy, A. Survey, correlation of yield and yield components in 40 lines barley (*Hordeum vulgare* L.) in region Tabriz / A. Hosinbabaiy, S. Aharizad, A. Mohammadi, M. Yarnia // Middle-East Journal of Scientific Research. – 2011. – № 10(2). – P. 149–152.
5. Budakli Caprici, E. Correlation and Path coefficient analyses of grain yield and yield-components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* L. convar. *distihon*) varieties / E. Budakli Caprici, N. Celik // Notulae Scientia Biologicae. – 2012. – № 4(2). – P. 128–131.
6. Abd El-Mohsen, A. A. Correlation and regression analysis in barley / A.A. Abd El-Mohsen // Scientific Research and Review Journal. – 2013. – № 1(3). – P. 88–100.
7. Hailu, A. Correlation and path analysis of yield and yield associated traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm / A. Hailu, S. Alamarew, M. Nigussie, E. Assefa // Advances in crop science and technology. – 2016) – Available at: www.omicsonline.org.
8. Shrimali, J. Correlation and path analysis studies in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under normal and limited moisture conditions / J. Shrimali, A.S. Shekhawat, S. Kumari // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2017. – № 6(8). – P. 1850–1856. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.608.218
9. Al-Tabbal, J. A. Genetic variation, heritability, phenotypic and genotypic correlation studies for yield and yield components in promising barley genotypes / J.A. Al-Tabbal, A.H. Al-Fraihat // Journal of Agriculture Science. – 2012. – № 4(3). – P. 193–210. DOI: 10.5539/jas.v4n3p193.
10. Gocheva, M. Study of the productivity elements of spring barley using correlation and path-coefficients analysis / M. Gocheva // Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. – 2014. – № 2. – P.1638–1641.
11. Козаченко, М. Р. Закономірності прояву цінних селекційних ознак в системі діалельних схрещувань і топкросів сучасних сортів ячменю ярого / М. Р. Козаченко, О. В. Солонечна // Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого. Під ред. М. Р. Козаченка – Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2012. – С. 68–75.
12. Козаченко, М. Р. Селекційно-генетичні особливості та ефективність розширення генетичного різноманіття і створення різновидісних форм ячменю ярого / М. Р. Козаченко, П. М. Солонечний // Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого. Під ред. М. Р. Козаченка – Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2012. – С. 180–188.
13. Компанець, К. В. Кореляція між кількісними ознаками сортів ячменю ярого / К. В. Компанець, М. Р. Козаченко, Н. І. Васько, О. Г. Наумов, П. М. Солонечний, С. І. Святченко // Селекція і насінництво. – 2016. – Вип. 109. – С. 40–46.
14. Васько, Н. І. Урожайність та маса 1000 зерен сортів ячменю ярого і кореляція між ними / Н. І. Васько // Селекція і насінництво. – 2017. – Вип. 111. – С. 28–39.
15. Вольф, В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 255 с.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.