

СОПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ С ПРИЗНАКАМИ СТРУКТУРЫ СТЕБЛЯ У СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЯЧМЕНЯ

Л. Н. Ковригина, Г. Я. Степанюк

CORRELATION BETWEEN CROP PRODUCING POWER AND STALK STRUCTURE FEATURES IN BARLEY CULTIVARS AND HYBRIDS

L. N. Kovrigina, G. Ya. Stepanyuk

В статье приведены данные об изменчивости корреляций между признаками продуктивности и анатомического строения стебля у сортов и гибридов ярового ячменя.

The article provides the data on variability of correlations between crop producing power and anatomic stalk structure in summer barley cultivars and hybrids.

Ключевые слова: ячмень, продуктивность, строение стебля.

Keywords: barley, crop producing power, stalk structure.

Связь признаков структуры растения с его продуктивностью подтверждена многочисленными исследованиями как в России [4, с. 36 – 39; 7; 8; 5], так и за рубежом [9, с. 131 – 136; 10, с. 35 – 45; 11, с. 532 – 536]. Особое значение эти взаимосвязи имеют при работе с хозяйственно-ценными видами. Возможность выделения морфологических маркеров высокой продуктивности у зерновых культур объясняет интерес исследователей к изучению корреляций между признаками строения целого растения или отдельных его органов и элементами структуры урожая. Наличие таких маркеров позволяет значительно снизить объемы измерений в селекции.

В литературе достаточно сведений о взаимосвязях между отдельными показателями продуктивности или между элементами урожайности и морфологическими параметрами побега [1, с. 654 – 664; 7]. Имеются многочисленные публикации о корреляциях между признаками морфоанатомического строения стебля [3, с. 60 – 63; 6]. Однако данных о корреляциях между анатомическими признаками стебля и продуктивностью у злаков мало.

Цель нашей работы: изучить корреляции между элементами продуктивности и признаками структуры побега у ячменя в условиях Кемеровской области.

Объекты исследования – четыре сорта ячменя из мировой коллекции ГНУ ГНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова»: Баган (Новосибирская область), Неполегающий (Иркутская область), Эльф (Московская область), Brenda (Германия), а также гибриды второго поколения, полученные в результате скрещиваний по полной диаллельной схеме. Образцы выращивали в 1999 и 2000 гг. на опытном поле Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Уборка проведена в фазу полной спелости. Морфоанатомический анализ проведен на кафедре ботаники Кемеровского государственного университета.

Продуктивность растений оценивали по пяти признакам: число генеративных побегов (N_{pb}), масса зерна с растения (M_z), длина главного колоса (L_{kol}), число зерен в главном колосе (N_{Zkol}), масса зерен главного колоса (M_{Zkol}). При изучении определяли параметры структуры главного стебля: его длину

(L_{pb}), длину (L_M) и толщину (H_M) первого префлорального (второго от поверхности почвы) междоузлия, площадь полости (S_{pol}), выполненной части – стенки стебля (S_s), склеренхимы (S_c), паренхимы (S_{par}), проводящей ткани (S_{pp}) и число проводящих пучков (N_{pp}) в нем.

Математическую обработку проводили с помощью программы «Statistica 6.1». В ходе анализа вычисляли средние значения признаков, а затем, используя их, рассчитали коэффициенты парной корреляции ($r_{0,05}$) и детерминации ($R^2_{0,05}$). При обсуждении полученных результатов особое внимание уделяли сильным связям ($r_{0,05} > 0,7$), т. к. при этом степень детерминированности переменной влиянием другой переменной составляет более 50 %.

Продуктивная кустистость – один из важнейших показателей продуктивности ячменя.

В нашем опыте повышенной продуктивной кустистостью характеризовались относительно низкорослые сорта западно-европейского экотипа Эльф и Brenda ($r_{0,05} = -0,54 \dots -0,92$) (табл. 1). Сила связи между длиной стебля и числом генеративных побегов растения была ниже в 1999 г., когда складывались благоприятные для кущения условия и различия между сортами по этому показателю нивелировались. У гибридов (табл. 2) корреляция между этими признаками была слабее и изменялась по годам ($r_{0,05} = 0,30$ в 1999 г., $r_{0,05} = -0,11$ в 2000 г.).

Взаимосвязи между длиной первого префлорального междоузлия и продуктивной кустистостью в группе сортов и гибридов – отрицательные и невысокие ($r_{0,05} < 0,7$), особенно в 1999 г.

Саранчиным Е. П. [7] в группе короткостебельных сортов ячменя отмечена положительная связь продуктивной кустистости с толщиной междоузлия. В нашем опыте корреляция между этими показателями у сортов была высокой, но ее знак изменялся по годам ($r_{0,05} = 0,85 \dots -0,94$), потому что у западно-европейских сортов число генеративных побегов в кусте было максимальным, независимо от относительных размеров поперечного сечения стебля. Повышенной продуктивной кустистостью отличались в 2000 г., в основном толстостебельные гибридные комбинации. В 1999 г. зависимость между этими показателями была ниже ($r_{0,05} = 0,37$).

Межсортовые корреляции между признаками продуктивности и структуры стебля у ячменя

Признак	L_{Pb}	L_M	H_M	S_{Pol}	S_S	S_C	S_{Par}	S_{PP}	N_{PP}	$R^2_{0,05}$
N_{Pb}	$\frac{-0,54}{-0,92}$	$\frac{-0,03}{-0,60}$	$\frac{0,85}{-0,94}$	$\frac{0,96}{-0,85}$	$\frac{0,83}{-0,96}$	$\frac{0,84}{-0,17}$	$\frac{0,81}{-0,97}$	$\frac{0,61}{-0,58}$	$\frac{0,56}{-0,40}$	$\frac{0,52}{0,58}$
M_Z	$\frac{-0,90}{-0,84}$	$\frac{-0,87}{-0,92}$	$\frac{0,70}{-0,67}$	$\frac{0,70}{-0,78}$	$\frac{0,88}{-0,67}$	$\frac{0,83}{-0,73}$	$\frac{0,89}{-0,70}$	$\frac{0,34}{-0,10}$	$\frac{0,69}{0,26}$	$\frac{0,60}{0,46}$
L_{Kol}	$\frac{0,74}{0,37}$	$\frac{0,65}{0,28}$	$\frac{-0,39}{-0,45}$	$\frac{-0,13}{0,53}$	$\frac{-0,40}{0,41}$	$\frac{-0,41}{-0,57}$	$\frac{-0,43}{0,37}$	$\frac{0,55}{0,81}$	$\frac{-0,70}{0,61}$	$\frac{0,27}{0,26}$
N_{ZKol}	$\frac{0,72}{0,19}$	$\frac{0,99}{-0,22}$	$\frac{-0,34}{0,42}$	$\frac{-0,30}{0,28}$	$\frac{-0,58}{0,41}$	$\frac{-0,50}{-0,91}$	$\frac{-0,60}{0,37}$	$\frac{-0,17}{0,89}$	$\frac{-0,44}{0,96}$	$\frac{0,32}{0,35}$
M_{ZKol}	$\frac{-0,23}{-0,50}$	$\frac{-0,88}{-0,73}$	$\frac{-0,17}{-0,28}$	$\frac{-0,08}{-0,41}$	$\frac{0,16}{-0,29}$	$\frac{0,05}{-0,96}$	$\frac{0,18}{-0,33}$	$\frac{0,35}{0,37}$	$\frac{-0,13}{0,64}$	$\frac{0,12}{0,30}$
$R^2_{0,05}$	$\frac{0,44}{0,40}$	$\frac{0,59}{0,37}$	$\frac{0,30}{0,36}$	$\frac{0,30}{0,37}$	$\frac{0,40}{0,36}$	$\frac{0,36}{0,52}$	$\frac{0,41}{0,36}$	$\frac{0,19}{0,38}$	$\frac{0,30}{0,39}$	$\frac{0,37}{0,39}$

Примечание:

1. Расшифровка признаков дана в тексте.
2. В числителе представлены данные за 1999 г., в знаменателе – за 2000 г.
3. $R^2_{0,05}$ – коэффициенты детерминации признаков.

Таблица 2

Межгибридные корреляции между признаками продуктивности и структуры стебля у ячменя

Признак	L_{Pb}	L_M	H_M	S_{Pol}	S_S	S_C	S_{Par}	S_{PP}	N_{PP}	$R^2_{0,05}$
N_{Pb}	$\frac{0,30}{-0,11}$	$\frac{-0,03}{-0,23}$	$\frac{0,37}{0,51}$	$\frac{0,35}{0,52}$	$\frac{0,14}{0,51}$	$\frac{0,29}{0,44}$	$\frac{0,31}{0,47}$	$\frac{0,33}{0,68}$	$\frac{0,28}{0,47}$	$\frac{0,08}{0,22}$
M_Z	$\frac{0,07}{0,61}$	$\frac{-0,32}{0,39}$	$\frac{0,08}{0,89}$	$\frac{0,04}{0,83}$	$\frac{0,27}{0,59}$	$\frac{0,01}{0,88}$	$\frac{0,34}{0,60}$	$\frac{-0,06}{0,60}$	$\frac{-0,10}{0,77}$	$\frac{0,05}{0,57}$
L_{Kol}	$\frac{0,04}{0,54}$	$\frac{-0,25}{0,27}$	$\frac{0,17}{0,89}$	$\frac{0,12}{0,80}$	$\frac{0,33}{0,64}$	$\frac{0,13}{0,93}$	$\frac{0,44}{0,66}$	$\frac{0,02}{0,60}$	$\frac{0,05}{0,70}$	$\frac{0,05}{0,48}$
N_{ZKol}	$\frac{0,08}{0,50}$	$\frac{-0,28}{0,26}$	$\frac{0,10}{0,94}$	$\frac{0,05}{0,84}$	$\frac{0,29}{0,66}$	$\frac{0,05}{0,93}$	$\frac{0,39}{0,67}$	$\frac{-0,05}{0,68}$	$\frac{-0,04}{0,81}$	$\frac{0,04}{0,53}$
M_{ZKol}	$\frac{0,12}{0,50}$	$\frac{-0,31}{0,27}$	$\frac{0,18}{0,92}$	$\frac{0,13}{0,88}$	$\frac{0,27}{0,73}$	$\frac{0,11}{0,91}$	$\frac{0,38}{0,72}$	$\frac{0,12}{0,76}$	$\frac{0,04}{0,83}$	$\frac{0,04}{0,49}$
$R^2_{0,05}$	$\frac{0,02}{0,24}$	$\frac{0,07}{0,08}$	$\frac{0,04}{0,71}$	$\frac{0,03}{0,62}$	$\frac{0,07}{0,40}$	$\frac{0,02}{0,71}$	$\frac{0,14}{0,40}$	$\frac{0,03}{0,44}$	$\frac{0,02}{0,53}$	$\frac{0,05}{0,46}$

Примечание:

1. Расшифровка признаков дана в тексте.
2. В числителе представлены данные за 1999 г., в знаменателе – за 2000 г.
3. $R^2_{0,05}$ – коэффициенты детерминации признаков.

У сортов нами выявлены тесные (прямые – в 1999 г., обратные – в 2000 г.) корреляции между числом генеративных побегов в кусте ячменя, размерами полости и тканей выполненной части стебля (кроме проводящей). В 1999 г. у образцов с высокой продуктивной кустистостью (Эльф и Brenda) сформировалось более толстое второе нижнее междоузлие (3,1 – 3,2 мм) с крупной полостью (4,0 – 4,6 мм²), большой площадью стенки стебля (3,6 – 3,7 мм²), склеренхимы (0,68 мм²) и паренхимы (2,5 мм²). В 2000 г. уровень развития анатомических признаков оказался выше у сортов с небольшим числом продуктивных побегов (Баган, Неполегающий). Между числом генеративных побегов и характеристиками проводящей ткани (об-

щая площадь и число пучков) наблюдалась связь средней силы, прямая в 1999 г. ($r_{0,05} = 0,56...0,61$), обратная – в 2000 г. ($r_{0,05} = -0,40... 0,58$).

Между числом колосьев и признаками структуры главного стебля у гибридов выявлена положительная зависимость средней силы. В 2000 г. отмечено повышение уровня связи данного показателя продуктивности с анатомическими признаками стебля ($R^2_{0,05} = 0,22$) в сравнении с 1999 г. ($R^2_{0,05} = 0,08$).

Сопряженность продуктивной кустистости с комплексом структурных признаков у сортов ($R^2_{0,05} = 0,52...0,58$) выше, чем у гибридов второго поколения ($R^2_{0,05} = 0,08...0,22$).

Масса зерна с растения – важный показатель урожайности. Между этим признаком и длиной стебля в литературе отмечается положительная связь различной силы [7]. Максимальной продуктивностью растения в наших исследованиях характеризовались низкорослые сорта (Эльф, Brenda) с коротким первым префлоральным междоузлем ($r_{0,05} = -0,84...-0,92$). Среди гибридных комбинаций наиболее высокая продуктивность растений была характерна в 2000 г. для более высокорослых образцов ($r_{0,05} = 0,61$) с удлинённым первым префлоральным междоузлем ($r_{0,05} = 0,39$), в 1999 г. связь между этими показателями была низкой.

В 1999 г. были отмечены прямые, а в 2000 г. – обратные, в большинстве случаев высокие ($r_{0,05} > 0,70$), межсортовые корреляции между массой зерна с растения и анатомическими признаками (кроме проводящих тканей). Независимо от уровня выраженности структуры стебля, более высокая продуктивность растений была характерна для сортов европейского происхождения. Зависимость между продуктивностью растения и развитием проводящих тканей у сортов была невысокой и варьировала по годам исследований.

Степень сопряженности массы зерна с растения с признаками структуры стебля у сортов высока в оба года ($R^2_{0,05} = 0,46...0,60$), тогда как у гибридов F_2 она зависит от погодных условий ($R^2 = 0,05...0,57$).

Показатели продуктивности главного колоса у рекомбинантов в основном были слабо скоррелированы с признаками анатомического строения стебля в 1999 г. ($r_{0,05} = -0,10...0,44$). В 2000 г. с более жесткими условиями уровень связи заметно повышался ($r_{0,05} = 0,59...0,94$).

Исследованиями Л. В. Козленко [4, с. 36 – 39] была показана положительная корреляция между признаками продуктивности метелки и длиной побега у овса, которая наблюдалась в течение двух лет.

По нашим данным корреляционная зависимость между показателями, характеризующими продуктивность главного колоса, и длиной стебля изменялась по годам. В 1999 г. наиболее длинным, высоко озерненным колосом характеризовались относительно высокорослые сорта с удлинённым нижним междоузлем ($r_{0,05} = 0,65...0,99$). В 2000 г. степень и направление корреляций изменялись. Тесная связь между этими признаками обнаруживалась только у сортов в 1999 г.

Уровень взаимосвязи признаков продуктивность главного колоса и структуры стебля у сортов в основном был низким и нестабильным. При этом масса зерна в главном колосе, независимо от года исследований, была выше ($r_{0,05} = -0,88...-0,73$) у образцов с укороченными нижними междоузлиями: Багана и Brenda в 1999 г., Эльфа и Неполегающего – в 2000 г.

У сортов сопряженность структуры стебля с показателями продуктивности колоса была намного ниже,

Литература

1. Гужов, Ю. Л. Закономерности корреляционных связей между хозяйственно-важными количественными признаками у яровой пшеницы при их генотипической и модификационной изменчивости / Ю. Л. Гужов, М. А. Шуман // Изв. АН СССР. Серия: Биология. – М., 1981. – № 5.
2. Заушинцева, А. В. Обоснование параметров модели сортов ячменя и способы ее реализации в процессе селекции / А. В. Заушинцева // Селекция, семеноводство и технология возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. КемНИИСХ РАСХН. – Кемерово, 2001. – С. 11 – 17.

чем с показателями продуктивности всего растения, а у гибридов почти не отличалась.

В отдельные годы у сортов отмечены корреляции, негативные с точки зрения устойчивости к полеганию. Например, в 2000 г. колос был тяжелее у сортов с меньшей площадью склеренхимы ($r_{0,05} = -0,96$). В гибридном потомстве таких зависимостей не обнаружено.

В отдельные годы судить об уровне продуктивности у сортов можно было по длине междоузлия (в 1999 г. степень его сопряженности с элементами продуктивности составила 59 %), по числу проводящих пучков, толщине междоузлия, площади полости, площади склеренхимы ($R^2 \geq 0,52$ – в 2000 г.).

В 2000 г. более высокопродуктивные гибридные комбинации отличались высокой выраженностью анатомического строения на поперечном срезе первого префлорального междоузлия, а также варьированием по длине междоузлия и длине побега. В 1999 г. выявлено большое разнообразие гибридов по сочетанию продуктивности, размеров стебля и структуры первого префлорального междоузлия. В связи с изменчивостью связей по годам успешность отбора может быть различной.

Таким образом, у сортов во взаимосвязях признаков, характеризующих продуктивность растения и строение главного стебля, отражаются особенности разных агроэкологических групп, к которым они относятся. Преимущества европейских образцов по продуктивной кустистости и связанной с ней урожайности растения реализуются независимо от условий года, размеров междоузлия и тканей, входящих в его состав.

Признаки структуры стебля и показатели продуктивности растения и главного колоса варьируются относительно независимо друг от друга. Для селекционной практики этот факт может быть использован при выведении высокопродуктивных сортов с оптимальной структурой стебля, обеспечив надежную основу для продуктивного колоса.

Выявлены различия в характере корреляционных связей между признаками стебля и показателями продуктивности и степени их сопряженности у сортов и гибридов ячменя в зависимости от сложившихся условий вегетации.

Сопряженность структуры стебля с элементами структуры урожая в 1999 г. была меньше, а в 2000 г. – больше в гибридном потомстве, по сравнению с родительскими сортами почти по всем показателям продуктивности.

Изменчивость коэффициентов корреляции и детерминации по годам не позволила выделить надежных маркеров высокой продуктивности среди признаков анатомического строения стебля.

3. Ковригина, Л. Н. Корреляционный анализ структуры стебля *Hordeum Vulgare* L. / Л. Н. Ковригина, Г. Я. Степанюк // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по мат. X Междунар. науч.-пр. конф. – Барнаул, 2011.
4. Козленко, Л. В. Характер корреляционных связей у образцов овса США и Канады / Л. В. Козленко // Бюллетень ВНИИР им. Н. И. Вавилова. – Л., 1973. – № 36.
5. Комарова, Е. А. Особенности анатомического строения стебля и колосового стержня сортов тритикале в связи с продуктивностью колоса и устойчивости к полеганию: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. А. Комарова. – М., 2007. – 20 с.
6. Лазаревич, С. В. Эволюция анатомического строения стебля пшеницы / С. В. Лазаревич. – Минск: Хата, 1999. – 296 с.
7. Саранчин, Е. П. Морфологические особенности побега, характер изменчивости и наследования признаков у короткостебельных сортов ячменя в связи с устойчивостью к полеганию: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. П. Саранчин. – СПб., 2005. – 21 с.
8. Цильке, Р. А. Генетические основы селекции мягкой яровой пшеницы на продуктивность в Западной Сибири / Р. А. Цильке // НГАУ. – Новосибирск, 2005. – 321 с.
9. Iyamabo, O. E. Effects of selection and opportunities for recombination in doubled – haploid populations of barley (*hordeum vulgare* L.) / O. E. Iyamabo, P. M. Hayes // Plant Breeding 114. – 1994.
10. Kudła, M. M. Genetyczne możliwości wzrostu plonowania jęczmienia yarego / M. M. Kudła, M. Kudła // Biul. Inse. Hodowli i aklimatyzacji Roslin. – 1985. – Nr 193.
11. Vazquez, J. F. Correlations, epistasis and heterosis of plant height and internode length in barley / J. F. Vazquez, E. Sanchez-Mange // Genome. – 1987. – Vol. 29. – N 4.

Информация об авторах:

Ковригина Любовь Никифоровна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники КемГУ, 8(3842)580166, lnkovrigina@mail.ru.

Lyubov N. Kovrigina – Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department of Botany, Kemerovo State University.

Степанюк Галина Ямгудиновна – кандидат биологических наук, ассистент кафедры ботаники КемГУ, (83842)580166, gstepanjuk@ngs.ru.

Galina Ya. Stepanyuk – Candidate of Biology, Lecturer at the Department of Botany, Kemerovo State University.