

ПРИЛОЖЕНИЕ

к статье «Генетический анализ архитектуры колоса пшеницы и его компьютерное фенотипирование у F_2 гибридов тетраплоидных пшениц *Triticum aestivicum* и *T. carthlicum*»

Ю.В. Кручинина, Е.Г. Комышев, М.А. Генаев, В.С. Коваль, Д.А. Афонников, Н.П. Гончаров

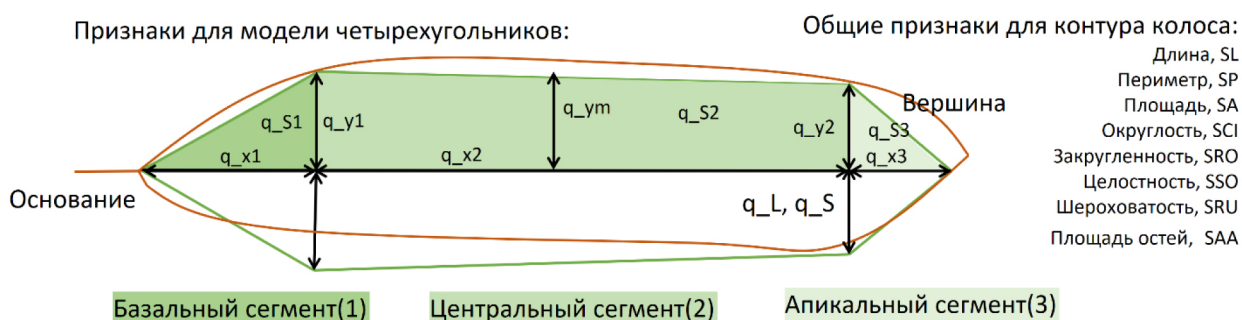


Рис. S1. Описание формы и размера колоса (Komyshev et al., 2024). В центральной части рисунка коричневой линией схематически показан контур колоса (центральная линия горизонтально, слева – основание, справа – вершина). Зеленым контуром показана модель четырехугольников, симметричных относительно оси колоса. Справа приведены характеристики контура колоса.

Список литературы / References

Komyshev E.G., Genaev M.A., Kruchinina Yu.V., Koval V.S., Goncharov N.P., Afonnikov D.A. Evaluation of the spike diversity of seven hexaploid wheat species and an artificial amphidiploid using a quadrangle model obtained from 2D images. *Plants*. 2024;13(19):2736. doi 10.3390/plants13192736

Таблица S1. Видоспецифические признаки колоса у растений гибридной популяции F₂ от скрещивания ♀*T. aestivum* (к-19301/2) × ♂*T. carthlicum* (к-32496)

Посевной номер	Тетраостость (+ есть; – нет; б/о, безостый)	Окраска колоса (+ чёрная; +т траурная; – норма; з, зеленая)	Тип остей (А типа <i>T. aestivum</i> ; С типа <i>T. carthlicum</i> ; б/о безостый)	Зубец (+ есть; +ф фурки; – нет)	Опушение (+ есть; – нет)	Плешка (+ есть; – нет)
114/1	–	+	А	+	+	+
114/2	–	+	А	–	+	+
114/3	–	+	А	+	+	+
114/4	–	+т	А	–	–	–
114/5	–	+т	С	–	–	–
114/6	–	+	С	+	+	+
114/7	+	+	С	+	+	–
114/8	–	+	А	+ф	+	–
114/9	–	+т	А	+	–	–
114/10	–	+	А	+	+	+
114/11	–	+т	С	+	+	+
114/12	–	+т	С	+ф	+	+
114/13	–	+т	А	+	+	+
114/14	–	+	С	+	+	+
114/15	+	+т	С	+	+	+
114/16	+	+	С	+	+	–
114/17	+	–	А	+	–	–
114/18	б/о	–	б/о	+ф	–	–
114/19	+	–	С	+	–	–
114/20	–	+	А	+	+	–
114/31	+	+т	А	+	+	+
114/32	+	+т	С	+	+	+
114/33	–	–	С	+	–	–
114/34	+	+	А	+	+	+
114/35	+	+т	С	+	+	–
114/36	–	–	С	+	–	–
114/37	+	+	С	+	+	+
114/38	+	+т	А	+	+	+
114/39	+	+	С	+	+	+
114/40	+	+	А	+	+	+
114/21	–	+т	С	+	+	+
114/22	–	+	С	+ф	+	+
114/23	–	+	А	+	+	+
114/24	+	+т	А	+	+	–
114/25	+	+т	С	+	–	–
114/26	–	+т	А	+	–	–
114/27	–	+т	А	+	+	–
114/28	+	+	С	+	–	–
114/29	–	+т	С	+	–	–
114/30	+	+	А	+	+	–
114/41	–	+т	С	+	+	+
114/42	–	+т	С	+	+	+
114/43	+	+т	С	+	–	–
114/44	–	+т	А	+	–	–
114/45	+	+т	А	+	+	–
114/46	–	+т	С	+	+	–
114/47	–	–	С	+	–	–
114/48	–	+т	С	+	+	–
114/49	+	+т	А	+	+	+
114/50	–	+	С	+	–	–
114/51	–	+т	С	+	–	–
114/52	–	–	С	+	–	–

Продолжение табл. S1

Посевной номер	Тетраостость (+ есть; – нет; б/о, безостый)	Окраска колоса (+ чёрная; +т траурная; – норма; з, зеленая)	Тип остей (А типа T. aeth.; С типа T. carthl; б/о безостый)	Зубец (+ есть; +ф фурки; – нет)	Опушение (+ есть; – нет)	Плешка (+ есть; – нет)
114/53	–	+	С	+	+	–
114/54	–	+	С	+	+	+
114/55	–	–	С	+	–	–
114/56	–	+т	С	+	–	–
114/57	+	+т	С	+	–	–
114/58	–	+т	С	+ф	–	–
114/59	–	+	С	+	–	–
114/60	–	+т	С	+	+	–
114/61	–	–	С	+	–	–
114/62	–	+	С	+ф	–	–
114/63	–	+	С	+	–	–
114/64	–	+	С	+	+	+
114/65	–	+т	С	+ф	+	–
114/66	–	з	С	+	–	–
114/67	–	+	С	+	–	–
114/68	+	з	С	+	–	–
114/69	+	+	С	+	+	+
114/70	+	з	С	+	–	–
114/71	+	+	С	+	+	+
114/72	–	+	С	+ф	+	+
114/73	–	з	С	+	–	–
114/74	+	+	С	+	–	–
114/75	–	з	А	+	+	+
113/1	–	+	С	+	+	–
113/2	–	–	С	+	–	–
113/3	+	+	С	+	+	–
113/4	–	+т	С	+	+	+
113/5	–	+т	С	+	+	–
113/6	–	+т	С	+	+	+
113/7	–	+	С	+	+	+
113/8	+	+т	С	+	+	–
113/9	б/о	+т	б/о	–	+	–
113/10	–	+т	С	+ф	+	–
113/11	–	+т	С	–	+	–
113/12	–	–	С	+	+	+
113/13	–	+	С	–	–	–
113/14	+	+	С	+	+	–
113/15	б/о	+	б/о	–	+	–
113/16	–	+	С	+	+	–
113/17	–	+	С	+	+	+
113/18	–	+	А	–	–	–
113/19	+	+	С	+	+	+
113/20	–	+т	А	+	+	–
113/21	–	+	С	+	+	–
113/22	+	+т	С	+	–	–
113/23	–	+	С	+	+	–
113/24	–	–	С	+	–	–
113/25	–	+т	С	+	+	–
113/26	–	+т	А	+	+	–
113/27	+	+	А	+	+	+
113/28	+	+т	А	+	+	–
113/29	+	+	С	+	+	–
113/30	–	–	С	+	–	–

Продолжение табл. S1

Посевной номер	Тетраостость (+ есть; – нет; б/о, безостый)	Окраска колоса (+ чёрная; +т траурная; – норма; з, зеленая)	Тип остей (А типа T. aeth.; С типа T. carthl; б/о безостый)	Зубец (+ есть; +φ фурки; – нет)	Опушение (+ есть; – нет)	Плешка (+ есть; – нет)
113/31	–	+	A	+	+	+
113/32	–	+	C	+	+	+
113/33	+	+т	C	+	–	–
113/34	+	з	C	+	–	–
113/35	+	+	C	+	+	+
113/36	–	+	C	+	+	+
112/1	–	+	C	+	+	–
112/2	–	+	C	+	+	–
112/3	–	+т	C	+	+	–
112/4	–	–	C	+	–	–
112/5	–	+	A	+	+	+
112/6	+	+т	C	+	+	+
112/7	+	+т	C	+	+	+
112/8	–	+т	C	–	+	+
112/9	–	+т	C	+	+	+
112/10	–	+	C	+	+	+
112/11	–	+	C	+	+	–
112/12	–	–	C	+	–	–
112/13	–	+т	C	+	–	–
112/14	–	+	C	+φ	+	+
112/15	+	+т	C	+	+	+
112/16	+	+	C	+	+	+
112/17	–	+т	C	+φ	+	–
112/18	–	+	C	+	+	+
112/19	+	+	C	+	+	–
112/20	б/о	+т	б/о	+	+	+
112/21	–	+т	C	+	+	+
112/22	–	+т	C	+	+	–
112/23	–	+т	A	+	+	+
112/24	–	+	C	+	+	–
112/25	+	+т	C	+	+	–
112/26	–	+т	C	+	+	+
112/27	–	–	C	+	–	–
112/28	–	–	C	+	–	–
112/29	–	–	C	+	–	–
112/30	–	+	C	+	+	–
112/31	–	–	C	+	–	–
112/32	–	+	C	+φ	+	–
112/33	–	+	C	+	+	+
112/34	+	+	C	+φ	+	–
112/35	б/о	–	б/о	+	–	–
112/36	–	+	A	+	+	+
112/37	–	–	C	+	–	–
112/38	+	+т	A	+	+	–
112/39	+	+	C	+	+	+
112/40	–	+	C	+φ	–	–
112/41	–	+	C	+	+	+
112/42	–	+	A	+	+	–
112/43	–	+	C	+φ	+	+
112/44	–	–	A	+	–	–
112/45	–	+	A	+	+	+
112/46	–	–	C	+	–	–
112/47	–	+т	C	+φ	–	–

Окончание табл. S1

Посевной номер	Тетраостость (+ есть; – нет; б/о, безостый)	Окраска колоса (+ чёрная; +т траурная; – норма; з, зеленая)	Тип остей (А типа <i>T. aeth.</i> ; С типа <i>T. carthl.</i> ; б/о безостый)	Зубец (+ есть; +ф фурки; – нет)	Опушение (+ есть; – нет)	Плешка (+ есть; – нет)
112/48	–	+	С	+	+	–
112/49	–	+т	С	+	–	–
112/50	–	+	С	+	+	+
112/51	–	+т	С	+	+	+
112/52	–	–	А	+	–	–
112/53	–	+	А	+	+	+
112/54	–	+т	С	+	–	–
112/55	–	+т	С	+	+	–
112/56	+	+	С	+	+	–
112/57	–	+т	А	+	+	–
112/58	–	+т	А	+	–	–
112/59	–	з	С	+ф	–	–
112/60	–	+т	А	+	–	–
112/61	–	+	А	+	+	–
112/62	–	+	А	+	+	+
112/63	+	+	С	+	+	–
112/64	+	–	С	+	–	–
112/65	–	+	С	+ф	+	–
112/66	–	+	А	+	–	–
112/67	–	+	А	–	+	–
112/68	–	–	С	+	–	–
112/69	+	з	С	+	–	–
112/70	+	–	С	+	–	–
112/71	б/о	–	б/о	+ф	–	–
112/72	+	з	С	+	–	–
112/73	+	з	С	+	–	–
112/74	–	з	С	+	–	–
112/75	–	з	А	+	+	+
112/76	+	з	С	+	–	–

Таблица S2. Список морфометрических параметров колоса, рассчитанных на основе изображения (см. рис. S1). Для характеристик приведены порядковый номер, обозначение, название, единицы измерения (в случае безразмерной указано б/р)

№ п/п	Обозначение признака	Признак	Единица измерения
Признак, основанный на модели четырехугольников			
1	q_x1	Длина базального сегмента	мм
2	q_x2	Длина центрального сегмента	«-»
3	q_x3	Длина апикального сегмента	«-»
4	q_y1	Полуширина базального сегмента	«-»
5	q_y2	Полуширина апикального сегмента	«-»
6	q_ym	Полуширина колоса (q_y1 + q_y2)/2	«-»
7	q_L	Длина модели колоса (q_x1 + q_x2 + q_x3)	«-»
8	q_S1	Половина площади базального сегмента	мм ²
9	q_S2	Половина площади центрального сегмента	«-»
10	q_S3	Половина площади апикального сегмента	«-»
11	q_S	Половина площади модели четырехугольников	«-»
Характеристика контура и остей			
12	SL	Длина	мм
13	SP	Периметр	«-»
14	SA	Площадь	мм ²
15	SAA	Площадь остей	«-»
16	SCI	Округлость	б/р
17	SRO	Закругленность	«-»
18	SSO	Целостность	«-»
19	SRU	Шероховатость	«-»

Таблица S3. Средние, дисперсии для распределений двух классов колосьев, оцененных на основе смеси двух распределений для признаков, полученных на основе анализа изображений. Приведены количество колосьев в классах, их отношение, значение статистики χ^2 и p -value для проверки соответствия количества колосьев в классах отношению 3:1. Строки, для которых соотношение достоверно не отличается от 3:1, показаны серым фоном. Данные приведены для четырех проекций колоса

Projection 1									
Trait	mean1	var1	mean2	var2	num1	num2	numratio_1vs2	chisq	chisq_p
q_x1	11.7	61.6	32.3	182.9	92	95	0.97	60.46	0.0000
q_x2	74.7	167.1	59.4	163.3	61	126	0.48	6.29	0.0121
q_x3	18.6	113.3	6.8	14.6	10	177	0.06	37.95	0.0000
q_L	110.7	218.1	83.8	120.9	79	108	0.73	30.99	0.0000
q_y1	6.4	0.7	5.1	0.5	73	114	0.64	20.68	0.0000
q_y2	37.3	0.0	5.1	1.1	1	186	0.01	59.14	0.0000
q_ym	5.1	0.2	4.2	0.2	86	101	0.85	45.65	0.0000
q_S1	115.4	2682.1	41.0	753.9	64	123	0.52	9.11	0.0025
q_S2	423.6	6312.5	302.5	5044.2	71	116	0.61	17.70	0.0000
q_S3	73.8	1715.2	18.2	126.5	12	175	0.07	33.88	0.0000
q_S	542.5	9135.2	383.8	5568.1	64	123	0.52	9.11	0.0025
SL	110.7	218.1	83.8	120.9	79	108	0.73	30.99	0.0000
SP	330.3	1565.5	257.9	1077.6	63	124	0.51	8.11	0.0044
SA	1082.6	50635.4	812.3	25012.6	60	127	0.47	5.47	0.0194
SAA	792.3	151092.6	244.6	32393.1	41	146	0.28	0.80	0.3709
SCI	0.1	0.0	0.2	0.0	84	103	0.82	41.17	0.0000
SRO	0.1	0.0	0.1	0.0	26	161	0.16	11.85	0.0006
SSO	0.8	0.0	0.8	0.0	39	148	0.26	1.52	0.2173
SRU	5.0	0.0	1.3	0.0	1	186	0.01	59.14	0.0000
Projection 2									
Trait	mean1	var1	mean2	var2	num1	num2	numratio_1vs2	chisq	chisq_p
q_x1	9.8	42.3	27.0	137.3	78	109	0.72	29.13	0.0000
q_x2	77.7	155.1	59.0	114.7	78	109	0.72	29.13	0.0000
q_x3	17.2	86.7	5.2	9.7	28	159	0.18	9.62	0.0019
q_L	115.8	190.7	84.0	121.6	62	125	0.50	7.17	0.0074
q_y1	4.3	0.4	5.5	0.3	89	98	0.91	52.80	0.0000
q_y2	5.5	0.9	3.9	0.4	30	157	0.19	7.63	0.0057
q_ym	4.5	0.2	3.8	0.2	49	138	0.36	0.22	0.6358
q_S1	25.6	306.0	74.4	1359.3	87	100	0.87	47.97	0.0000
q_S2	366.4	6656.2	265.3	3004.0	67	120	0.56	12.44	0.0004
q_S3	45.4	912.3	10.8	49.6	33	154	0.21	5.07	0.0243
q_S	473.5	10736.0	332.4	4123.0	53	134	0.40	1.32	0.2502
SL	115.8	190.7	84.0	121.6	62	125	0.50	7.17	0.0074
SP	311.4	1419.7	249.2	1172.8	52	135	0.39	0.96	0.3269
SA	974.7	44724.9	718.2	18524.8	43	144	0.30	0.31	0.5777
SAA	574.1	119803.5	147.5	12517.7	42	145	0.29	0.53	0.4681
SCI	0.2	0.0	0.1	0.0	88	99	0.89	50.35	0.0000
SRO	0.1	0.0	0.1	0.0	40	147	0.27	1.13	0.2872
SSO	0.8	0.0	0.9	0.0	59	128	0.46	4.70	0.0301
SRU	1.4	0.0	1.2	0.0	68	119	0.57	13.67	0.0002

Окончание табл. S3

Projection 3									
Trait	mean1	var1	mean2	var2	num1	num2	numratio_1vs2	chisq	chisq_p
q_x1	10.2	31.3	30.0	137.5	72	115	0.63	19.16	0.0000
q_x2	74.1	152.8	58.3	155.7	76	111	0.68	25.57	0.0000
q_x3	19.1	172.7	7.2	15.8	6	181	0.03	46.79	0.0000
q_L	113.6	284.7	88.0	194.8	55	132	0.42	2.22	0.1364
q_y1	5.3	0.8	6.0	1.5	80	107	0.75	32.91	0.0000
q_y2	35.5	0.0	5.1	1.2	1	186	0.01	59.14	0.0000
q_ym	5.1	1.7	4.5	0.3	12	175	0.07	33.88	0.0000
q_S1	29.1	265.6	94.6	1884.8	71	116	0.61	17.70	0.0000
q_S2	408.3	8894.2	302.2	4968.8	78	109	0.72	29.13	0.0000
q_S3	145.3	827.6	21.0	207.3	3	184	0.02	54.02	0.0000
q_S	545.4	9255.3	388.4	5651.9	60	127	0.47	5.47	0.0194
SL	113.6	284.7	88.0	194.8	55	132	0.42	2.22	0.1364
SP	328.8	2975.4	270.9	1556.0	36	151	0.24	3.04	0.0813
SA	1099.5	43055.3	810.7	24266.5	56	131	0.43	2.75	0.0971
SAA	759.0	136893.6	229.9	30079.3	48	139	0.35	0.09	0.7590
SCI	0.2	0.0	0.2	0.0	42	145	0.29	0.53	0.4681
SRO	0.5	0.0	0.1	0.0	1	186	0.01	59.14	0.0000
SSO	0.8	0.0	0.8	0.0	27	160	0.17	10.70	0.0011
SRU	2.1	0.6	1.3	0.0	8	179	0.04	42.26	0.0000
Projection 4									
Trait	mean1	var1	mean2	var2	num1	num2	numratio_1vs2	chisq	chisq_p
q_x1	32.5	126.3	13.5	56.4	41	146	0.28	0.80	0.3709
q_x2	80.0	229.0	58.5	135.6	72	115	0.63	19.16	0.0000
q_x3	91.0	0.0	6.3	23.8	1	186	0.01	59.14	0.0000
q_L	111.5	225.1	83.5	135.5	54	133	0.41	1.74	0.1870
q_y1	4.4	0.9	5.3	0.5	70	117	0.60	16.30	0.0001
q_y2	5.1	1.1	4.0	0.3	34	153	0.22	4.34	0.0373
q_ym	4.3	0.6	3.9	0.2	31	156	0.20	6.72	0.0095
q_S1	95.9	1204.4	33.6	397.5	37	150	0.25	2.48	0.1157
q_S2	381.7	8545.9	269.2	3414.0	57	130	0.44	3.34	0.0674
q_S3	145.2	77.6	14.6	141.4	2	185	0.01	56.55	0.0000
q_S	460.4	13888.6	335.6	4196.3	37	150	0.25	2.48	0.1157
SL	111.5	225.1	83.5	135.5	54	133	0.41	1.74	0.1870
SP	303.7	1968.5	239.4	1134.0	75	112	0.67	23.88	0.0000
SA	953.8	49118.4	704.3	17344.2	47	140	0.34	0.02	0.8828
SAA	578.4	127534.0	133.5	11256.2	51	136	0.38	0.66	0.4174
SCI	0.2	0.0	0.1	0.0	88	99	0.89	50.35	0.0000
SRO	0.1	0.0	0.1	0.0	29	158	0.18	8.60	0.0034
SSO	0.8	0.0	0.9	0.0	81	106	0.76	34.89	0.0000
SRU	1.6	0.2	1.2	0.0	15	172	0.09	28.21	0.0000