

小麦-冰草衍生系 3228 主要产量性状的遗传分析

王健胜^{1,2}, 刘伟华², 王 辉¹, 武 军¹, 杨欣明², 李秀全², 高爱农², 李立会²

(¹西北农林科技大学农学院, 杨凌 712100; ²中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京 100081)

摘要:为了探讨小麦-冰草(*Agropyron cristatum*)衍生系 3228 的多粒(66~82 粒/穗)特性在育种中的可利用性,本研究以 3228 与黄淮冬麦区 5 个主栽品种进行杂交,并将其杂种 F₁ 分别种植于北京、陕西和四川,采用 MINQUE(1) 统计方法及 AD 模型对主要产量性状进行了遗传分析。在研究的 6 个产量性状中,均存在极显著的加性方差比率,普通广义遗传率在产量性状的遗传中所占比例较大,所有性状的遗传均存在加性和环境的互作。特别值得指出的是,3228 在穗粒数方面具有极显著的加性和显性效应,在穗长、小穗数方面也具有极显著的加性效应,说明利用该种质对于提高小麦的穗粒数具有重要作用。

关键词:小麦-冰草衍生系 3228; 多粒; 产量性状; 遗传分析; 可利用性

The Genetic Analysis on Main Yield Traits of the Novel Wheat-*Agropyron cristatum* Derivatives 3228

WANG Jian-sheng^{1,2}, LIU Wei-hua², WANG Hui¹, WU Jun¹, YANG Xin-ming², LI Xiu-quan², GAO Ai-nong², LI Li-hui²

(¹ College of Agronomy, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100; ² National Key Facilities for Crop Genetic Resources and Improvement/Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: In order to explore the utility value of the much grains per spike of the wheat-*Agropyron cristatum* derivatives 3228 in wheat breeding, 3228 and its hybrids F₁ derived from the crossing between 3228 and one of the five main cultivars from Huanghuai winter wheat area were planted in Beijing, Shaanxi and Sichuan, respectively. The main yield traits of the parents and their F₁ were analyzed for their dominant and additive effects by MINQUE (1) approaches and AD models. The results indicated that the main yield traits had high significance in the additive variance ratio, and ordinary broad sense heritability accounted for the large proportion of the yield traits inheritance. Meanwhile, the additive effects of all the yield traits were interacted by environment. On the emphasis, Grains per spike of wheat-*Agropyron cristatum* derivatives 3228 had high significance in additive and dominant effects, the same as spike length and spikelets number in additive effect, which suggested 3228 would play an important role in increasing grains number per spike in the wheat yield traits improvement.

Key words: Wheat-*Agropyron cristatum* derivatives 3228; Much grains; Yield traits; Inheritance; Utility value

小麦的产量性状一直是小麦遗传育种研究的重点,长期以来,有关小麦产量性状的研究较多,但主要集中于育种、栽培等方面^[1-9],而有关小麦产量性状的遗传研究较少。杨武德等^[10]进行了冬小麦产量性状的遗传效应分析,结果表明,株高和主穗长主

要受加性效应控制,而单株穗数、主穗小穗数、千粒重和单株粒重主要受显性×环境互作效应影响。姚金保等^[11]研究了小麦穗粒数和粒重的遗传,结果表明,每穗粒数和粒重的遗传均符合加性-显性模型,基因作用方式以加性效应为主,显性程度为部分显

收稿日期:2009-05-20

修回日期:2009-08-03

基金项目:国家“863”计划项目(2006AA102174);国家科技支撑项目(2006BAD13B02)

作者简介:王健胜,在读博士,研究方向为小麦遗传育种。E-mail: wjsheng1998@yahoo.com.cn

通讯作者:李立会,研究员,主要从事植物遗传资源及麦类作物的系统演化研究

性至完全显性,两者的遗传率都较高,适合于早代选择。范绍强等^[12]对几个抗病材料的产量性状进行了遗传分析,结果认为,产量性状的遗传符合加性-显性遗传模型,以加性基因效应为主。曹亚萍等^[13]对冬小麦单株粒重、单穗粒重和千粒重3个性状的基因效应及遗传组成进行了研究,结果表明,这3种粒重性状的遗传同时受基因加性效应、非加性效应和母体效应的共同作用;前2个性状以基因加性效应为主,后1个性状基因加性、显性效应相当。国外对小麦的产量性状也进行了一些遗传分析,Walton^[14]利用5个春小麦品种间的双列杂交研究了春小麦产量性状的遗传,结果表明,春小麦产量性状的遗传主要受加性效应和显性效应控制。Sayed^[15]研究了小麦部分产量性状的遗传,结果表明,小穗数、穗粒数和有效穗数主要以加性效应为主。Nanda等^[16]通过品种间杂交研究了小麦主要性状的遗传,结果表明,小穗数的遗传主要以加性效应为主。

小麦的优异遗传资源是小麦育种取得突破的关键。冰草(*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.)作为小麦近缘种,具有许多可供改良小麦的优异基因^[17]。目前,李立会等^[18-22]、刘伟华等^[23]在普通小麦与冰草杂交方面已经取得了很大进展,通过小麦和冰草杂交成功选育出了具有多粒特性的小麦新种质4844-12;遗传学分析表明,控制多粒性的基因来自冰草^[24]。小麦-冰草新种质4844经过几代选择,得到了具有重要多粒特性且遗传上非常稳定的小麦-冰草基因渐渗系3228。本研究对小麦-冰草多粒衍生系3228的多粒特性等产量性状进行分析,以便为该种质在小麦育种中的有效利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

小麦-冰草多粒衍生系3228是小麦-冰草附加系4844-12经5代人工选择所获得的稳定基因渐渗系,具有重要的多花多粒特征,该材料由中国农业科学院作物科学研究所资源研究中心小麦室获得。本研究选用小麦-冰草多粒衍生系3228及来自不同主产区的小麦主推品种豫麦18(河南)、鲁麦14(山东)、藁城8901(河北)、小偃6号(陕西)、陕7859(陕西)为父母本,按不完全双列杂交配置组合。2007年分别种植不同组合的亲本及其后代于3个不同的环境,即北京、陕西和四川,田间种植采用随机区组设计,每个材料设3个重复,每个重复种3行,行长2m,株距8cm,行距25cm。

1.2 试验方法

1.2.1 性状的考察

2008年对不同种植区的亲本及其 F_1 单株进行产量性状的调查,选取每行中间的10个单株进行调查,调查的性状包括株高、有效穗数、穗长、小穗数、穗粒数和千粒重。

1.2.2 遗传分析方法

采用朱军^[25-29]提出的包括基因型 \times 环境互作的加性-显性遗传模型分析方法对数据进行计算,运用MINQUE(1)法估算方差分量,用Jackknife抽样方法计算各遗传参数的估计值及其标准误, t 测验法对遗传参数进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 亲本及其不同组合 F_1 各产量性状的平均值比较

从表1可以看出,不同亲本和 F_1 组合在不同环境下产量性状的变化差异十分显著。在不同亲本间,穗粒数的变化最大,其变异系数的变化范围在20.64%~53.83%之间,在北京地区的变异系数最高,达到53.83%;其次是株高,变化最小的是穗长。不同亲本组合 F_1 产量性状的变化趋势与亲本间产量性状的变化基本一致,其变化最大的是穗粒数,变化最小的是穗长,但与亲本间产量性状的变化相比, F_1 产量性状的变化幅度明显减小,这说明不同组合 F_1 产量性状表现比较稳定。从不同亲本间产量性状的比较可以看出,小麦-冰草多粒衍生系3228在不同环境下产量性状的表现都较好,其穗粒数、小穗数和穗长在所有研究材料中表现都最好,而且这些产量性状在不同环境下表现都比较稳定,因此,小麦-冰草多粒衍生系3228作为一个优异亲本可以用于未来小麦产量性状的改良。

2.2 F_1 各产量性状的遗传方差分量比例分析

从 F_1 产量性状遗传方差比例分析表(表2)可以看出,每个性状的遗传方差组分在总遗传方差中所占的比例相差很大,而且不同性状的同一遗传组分比例变异丰富。所有产量性状的加性方差比例都达到了显著水平,除有效穗数外,其余性状的加性方差比例均达到了极显著水平,加性方差比例最大的是千粒重,其次是小穗数和穗粒数,说明这3个性状的遗传以加性效应为主;除穗长和小穗数的显性方差比例为0外,其他性状的显性方差比例都达到了

表 1 不同亲本及不同组合 F₁ 各产量性状的平均值
Table 1 Average value of the yields traits phenotype of the different parents and their F₁

环境 E	材料 Material	性状 Trait					
		株高 (cm) PH	有效 穗数 (个) ESN	穗长 (cm) SL	小穗数 (个) SPN	穗粒数 (粒) GPS	千粒重 (g) KW
北京 E ₁	3228	107.80	7.95	11.07	23.06	82.23	29.20
	小偃 6 号	88.00	13.10	8.28	20.10	43.57	26.80
	鲁麦 14	83.67	8.00	8.73	18.23	42.10	34.55
	藁城 8901	87.40	10.43	8.80	20.63	46.40	27.20
	豫麦 18	79.99	12.36	10.44	19.13	44.28	30.45
	陕 7859	88.13	10.82	8.80	19.29	42.24	29.05
	变异系数(%) CV	27.81	5.15	2.79	5.04	53.83	31.90
	3228 × 小偃 6 号 F ₁	90.07	8.24	8.68	21.03	55.58	30.50
	3228 × 鲁麦 14 F ₁	93.12	9.20	9.69	21.22	51.28	29.90
	3228 × 藁城 8901 F ₁	86.98	8.54	9.29	22.00	72.86	29.85
	3228 × 豫麦 18 F ₁	90.07	8.84	9.37	21.22	53.03	31.85
	3228 × 陕 7859 F ₁	91.65	9.67	9.63	21.87	58.90	30.80
变异系数(%) CV	6.14	1.43	1.01	0.97	21.58	2.00	
陕西 E ₂	3228	105.87	11.13	10.84	20.53	66.17	33.20
	小偃 6 号	89.60	13.67	7.49	16.00	45.53	42.50
	鲁麦 14	79.93	10.40	9.11	17.80	48.07	44.90
	藁城 8901	86.07	11.60	8.33	16.67	46.40	39.10
	豫麦 18	75.73	11.53	7.89	15.60	49.33	44.30
	陕 7859	86.47	13.07	8.38	15.67	48.60	47.10
	变异系数(%) CV	30.14	3.27	3.35	4.93	20.64	13.90
	3228 × 小偃 6 号 F ₁	103.20	13.50	9.08	19.05	62.20	39.40
	3228 × 鲁麦 14 F ₁	99.50	8.70	9.90	17.40	57.40	41.30
	3228 × 藁城 8901 F ₁	102.80	13.30	9.90	20.80	60.20	33.90
	3228 × 豫麦 18 F ₁	100.30	13.10	9.47	17.90	59.50	40.90
	3228 × 陕 7859 F ₁	104.30	11.80	9.92	20.00	58.90	38.20
变异系数(%) CV	4.80	4.80	0.84	3.40	4.80	3.10	
四川 E ₃	3228	101.80	6.00	9.56	24.80	71.80	32.60
	小偃 6 号	82.00	5.60	6.90	19.20	45.60	41.80
	鲁麦 14	81.20	6.40	8.24	18.00	47.20	45.00
	藁城 8901	85.20	7.20	8.00	19.00	47.00	44.40
	豫麦 18	76.20	7.20	7.50	17.40	43.40	45.20
	陕 7859	81.80	5.80	8.52	19.80	51.40	45.60
	变异系数(%) CV	25.60	1.60	2.66	7.40	28.40	13.00
	3228 × 小偃 6 号 F ₁	98.60	6.20	7.74	22.80	64.60	40.00
	3228 × 鲁麦 14 F ₁	100.80	6.00	8.78	21.60	60.80	40.20
	3228 × 藁城 8901 F ₁	106.60	6.80	8.40	22.60	56.60	41.60
	3228 × 豫麦 18 F ₁	99.40	7.00	9.08	22.40	63.80	44.60
	3228 × 陕 7859 F ₁	97.00	5.60	8.34	22.60	61.00	38.20
变异系数(%) CV	3.80	1.40	1.34	1.20	8.00	6.40	

3228: 小麦-冰草多粒衍生系 3228; PH: 株高; ESN: 有效穗数; SL: 穗长; SNP: 小穗数; GPS: 穗粒数; KW: 千粒重。下同
3228; Refer to the Wheat-*A. cristatum* derivatives 3228; PH: Plant height; ESN: Effective spike number; SL: Spike length; SNP: Spikelet number per spike; GPS: Grains number per spike; KW: Kilo-kernels weight. The same as below

显著水平,但相对于加性方差比例,显性方差比例相对较小,这表明产量性状的遗传中显性效应的作用相对较小。所有性状都存在加性与环境的交互,除有效穗数外,其余性状的加性与环境互作方差比例都达到了极显著水平,而存在显性与环境互作的性状较少,只有株高、穗长和小穗数,可以看出,小麦产量性状的遗传都不同程度地受到环境条件的影响,但总的说来,性状遗传与环境互作效应方差比例都较小,这表明环境对小麦产量性状的影响不是决定小麦产量的主要因素。所有性状的普通遗传率和互作遗传率都达到了显著水平,除有效穗数的互作遗传率外,其余性状的普通遗传率和互作遗传率均达到了极显著水平,其中普通遗传率所占的比例较大,特别是千粒重和小穗数,普通遗传率都达到 30% 以上,有效穗数的普通遗传率最低,这说明对千粒重和小穗数适宜在早期世代进行选择,而有效穗数则适合于晚世代的选择。

表 2 不同组合 F₁ 产量性状的遗传方差分量比例的估计

Table 2 The estimation of the proportion of variance components and heritability for F₁ yield traits

参数 Parameter	株高 PH	有效穗数 ESN	穗长 SL	小穗数 SNP	穗粒数 GPS	千粒重 KW
加性方差 比率 VA/VP	0.18**	0.01*	0.24**	0.36**	0.25**	0.41**
显性方差 比率 VD/VP	0.11**	0.01*	0.00	0.00	0.02**	0.04**
加性 × 环境 比率 VAE/VP	0.02**	0.01*	0.03**	0.02**	0.01**	0.08**
显性 × 环境 比率 VDE/VP	0.01*	0.01	0.09**	0.07**	0.00	0.00
机误方差 比率 V E/VP	0.67**	0.96**	0.63**	0.55**	0.71**	0.46**
普通广义 遗传率	0.29**	0.02**	0.24**	0.36**	0.27**	0.45**
交互广义 遗传率	0.04**	0.02*	0.12**	0.09**	0.01**	0.08**

*、** 分别表示达到 0.10、0.05、0.01 概率显著水平。下同

、、** denoted significance at 0.10, 0.05, 0.01 levels, respectively. The same as below

2.3 不同产量性状的遗传效应分析

小麦不同产量性状的遗传效应表现差异较大(表 3)。所有的产量性状都存在极显著水平加性效应,其中,穗粒数和株高的加性效应最大,特别是穗粒数,其加性效应达到了 72.19,表现极为突出,这表明小麦-冰草多粒新种质 3228 作为穗粒数表现最突出的材料在提高穗粒数方面效果十分显著,这也说明优异亲本的选择对提高小麦穗粒数尤为重要。除穗长和小穗数不存在显性效应外,其余性

状的显性效应表现较好,都达到了极显著水平,该结果与 F_1 遗传方差比率分析结果一致。与加性效应相同,株高和穗粒数的显性效应也最大,分别达到了 18.53 和 7.27,因此可以认为,对小麦穗粒数和株高的改善既可以通过选择对其加性效应加以固定,也可以有效的利用其后代的杂种优势。

表 3 不同产量性状的遗传效应估计值

Table 3 Estimation of genetic effects of the different yields traits

性状 Trait	加性效应 Additive effect	显性效应 Dominance effect	加性×环境 A×E	显性×环境 D×E	机误 System error
株高 PH	30.21**	18.53**	3.69**	2.20**	111.36**
穗数 ESN	0.21**	0.19**	0.17**	0.18**	17.17**
穗长 SL	0.32**	0.00	0.04**	0.11**	0.84**
小穗数 SNP	1.88**	0.00	0.13**	0.36**	2.88**
穗粒数 GPS	72.19**	7.27**	3.37**	0.00	207.90**
千粒重 KW	1.11**	0.11**	0.22**	0.00	1.25**

表 4 参试亲本产量性状的加性效应和显性效应估计值

Table 4 Estimation of additive and dominant effects of yield traits for parents

亲本 Parent	株高 PH		有效穗数 ESN		穗长 SL	小穗数 SNP	穗粒数 GPS		千粒重 KW	
	A	D	A	D	A	A	A	D	A	D
3228	8.11**	-7.09**	-0.55	-1.07*	0.76**	2.12**	12.79**	7.33**	-0.68**	-0.12*
鲁麦 14	-1.94**	-4.18**	-0.18	-0.36*	0.09*	-0.49**	-2.53**	0.16	-0.01	0.05
小偃 6 号	-0.77*	-1.40**	0.43	0.10	-0.61*	-0.22*	-2.03**	-1.09*	-0.34**	-0.20**
陕 7859	-0.56	-3.22**	0.15	-0.09	-0.002	-0.21*	-0.89	0.51	-0.12*	-0.04
豫麦 18	-4.44**	-4.68**	0.21	0.22	-0.08	-0.71**	-1.87**	0.33	-0.09*	-0.17**
莱城 8901	-0.62*	-2.63**	0.08	-0.03	-0.12**	0.09	0.67	-1.29*	-0.37**	-0.09*

A 和 D 分别表示加性效应和显性效应

A and D indicated additive and dominance effects, respectively

高、有效穗数、穗粒数和千粒重方面都存在加性效应和显性效应,而在穗长和小穗数方面只存在加性效应,该结果与方差分析结果表现一致。除陕 7859 外,所有亲本的株高都存在显著的遗传效应,而且株高的加性效应和显性效应基本都表现为负效应,这有利于在后代中选择出株高较低的单株。参试亲本的有效穗数遗传效应表现都较差,其加性效应都表现为不显著,因此对有效穗数的选择必须注重于杂种优势的利用。在穗长和小穗数方面,所有亲本只存在加性效应,其中,小麦-冰草多粒衍生系 3228 表现都最好,这表明其可以作为改善小麦穗长和小穗数的较好亲本。大部分亲本的穗粒数都表现为负向加性和显性效应,只有小麦-冰草多粒衍生系 3228

有性状都存在极显著的加性与环境互作效应,这说明同一品种或组合产量性状的表现受环境条件的影响较大,其选择效果只适用于特定的环境。除穗粒数和千粒重外,其余性状也都存在极显著的显性与环境的互作效应,这种分析结果与 F_1 遗传方差比率分析结果也相同,这表明环境条件对小麦的产量性状的遗传表达影响较大,不同环境条件下对这些产量性状的选择效果不同。同时可以看出,所有性状的机误也都达到了极显著水平,这说明小麦的产量性状也受到外界栽培条件等其他因素的影响,改善栽培等外部条件对小麦产量的提高也十分重要。

2.4 参试亲本产量性状的遗传效应分析

亲本产量性状的遗传效应分析可以明确不同亲本产量性状的利用价值,为其在遗传育种有效利用提供重要的科学依据。从表 4 可以看出,不同亲本其产量性状的遗传效应差异较大,而且同一亲本的不同性状的遗传效应差别也很大。所有亲本在株

表现为正效应,而且都达到了极显著水平,因此选用其作亲本可以显著提高后代的穗粒数。

2.5 对小麦-冰草多粒新种质 3228 的综合评价

对小麦-冰草多粒衍生系 3228 的评价可以从产量性状的田间表现和产量性状的遗传分析两方面进行。从表 1 可以看出,3228 的综合性状表现较好,其在穗粒数、小穗数和穗长表现都最好,特别是穗粒数,表现最为突出。亲本产量性状的遗传效应分析结果表明,3228 的产量性状遗传分析表现都较好,其穗粒数、小穗数和穗长的遗传效应在所有亲本中表现最好,特别是穗粒数,其加性和显性效应表现都特别突出,这与田间性状表现结果完全一致。可以认为,选用小麦-冰草多粒衍生系 3228 作亲本,既可

以通过选择固定其加性效应来提高后代的穗长和小穗数,也可以采取选择并结合杂交优势的利用来显著提高后代的穗粒数。虽然 3228 株高的加性效应表现较差,但其显性效应表现却较好,因此可以利用其株高的负向显性效应对其后代的株高进行有效的控制。总的分析结果可以看出,3228 综合表现都较好,该研究结果将为小麦-冰草多粒新种质 3228 在小麦遗传育种中的有效利用提供重要的理论依据。

3 讨论

不同产量性状遗传方差分析表明,小麦的产量性状同时受到加性效应和显性效应的控制,其主要以加性效应为主,这与 Walton^[14]、Sayed^[15]、Nanda 等^[16]、姚金保等^[11]的研究结果基本一致。穗粒数、株高和穗数的加性和显性效应都达到了极显著水平,说明这些性状同时受到加性和显性基因控制,特别是穗粒数,表现最为突出,因此,对这些性状的遗传改良不仅要重视亲本的选择,同时也要重视杂交组合的筛选;小穗数、穗长和千粒重的加性效应大于显性效应,对这 3 个性状的改良应该注重亲本的选择。除穗粒数和千粒重外,其余性状的加性效应和显性效应与环境之间存在互作,说明小麦产量性状的遗传不同程度受到环境条件的影响,产量性状的遗传改良在一定的环境条件下进行效果会更好;但总的说来,产量性状的加性效应都大于显性效应,范绍强等^[12]的研究结果也印证了这一点,虽然环境对不同产量性状都有影响,但其效应相对于性状的遗传效应较小,这与杨武德等^[10]的研究结果不同。从 F_1 产量性状遗传方差分量比率分析可以看出,小麦产量性状的改良主要应以遗传改良为主,相对于产量性状的普通遗传率,性状与环境互作的遗传率比例很小,这说明环境对产量性状的遗传影响有限。

亲本产量性状的遗传效应分析对亲本在遗传育种中进行有效选择利用十分重要,根据亲本不同性状的表现,可以对其后代采用不同的选择方法,同时也可以对亲本进行综合评价,为其以后在育种中的有效利用提供重要依据。本研究的所有亲本在株高方面表现都较好,都表现出了株高的负向加性和显性效应,因此,都比较适合作为改良株高的亲本;小偃 6 号和豫麦 18 的有效穗数遗传效应表现较好,可以作为小麦有效穗数改良的较好亲本;在穗长、小穗数和穗粒数改良方面,小麦-冰草多粒衍生系 3228 无疑是最好的亲本,特别是穗粒数,其遗传效应表现最为突出,因此其可作为提高小麦穗粒数的最

优亲本。

小麦-冰草多粒衍生系 3228 是小麦与冰草的基因渐渗系,以前的研究表明,该材料产量性状表现比较突出,特别是穗部性状,表现尤为突出,本研究结果在一定程度上印证了以前的研究结果,并且在理论上对其产量性状进行了较为深入的研究。本研究结果表明,小麦-冰草多粒衍生系 3228 产量性状的田间表现良好,其在穗粒数、小穗数和穗长方面表现突出,穗粒数表现最好,在 3 个不同生态区种植,其穗粒数均在 70 粒左右。产量性状的遗传分析表明,小麦-冰草多粒衍生系 3228 的 6 个产量性状表现都较好,尤其是在穗粒数、小穗数和穗长方面,其遗传效应都最好,其穗粒数的加性效应和显性效应特别突出,该结果与田间表型完全一致,从理论上验证了田间表型结果。因此,小麦-冰草多粒衍生系 3228 可以作为改良小麦穗粒数、小穗数和穗长等穗部性状的优异亲本,如果在利用其突出加性效应的同时结合利用其良好的杂交优势,那么实现小麦穗部性状的改良进而显著提高小麦产量将不再是科研难题。当然,关于小麦-冰草多粒衍生系 3228 产量性状的遗传分析只是对其产量性状做了一些初步的探讨,还有待于以后对其进行更为深入的研究。

参考文献

- [1] 李淑文,周彦珍,文宏达,等. 不同小麦品种氮效率和产量性状的研究[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(2):204-208
- [2] 赵虹,杨兆生,同家红,等. 播种方式对不同类型小麦品种产量性状的影响[J]. 华北农学报,2000,15(2):100-105
- [3] 桑伟,田笑明,魏亦农,等. 冬小麦主要品质性状和产量性状的遗传特性及 F_2 代杂种优势研究进展[J]. 麦类作物学报,2005,25(5):133-136
- [4] 李跃进. 四川小麦产量性状的改良和超高产育种策略[J]. 西南农业学报,1998,11(育种和栽培专辑):19-25
- [5] 张其鲁,张立全,张连晓. 小麦的高产育种途径及其发展趋势[J]. 麦类作物学报,2007,27(1):176-178
- [6] 胡廷吉,赵擅方. 小麦高产育种中产量性状的相关及其改良[J]. 华北农学报,1997,12(3):17-21
- [7] 胡廷吉,赵擅方. 小麦高产育种中粒重作用的研究[J]. 作物学报,1995,21(6):671-678
- [8] 李斯深,李安飞,李宪彬,等. 小麦杂种二代产量性状选择的研究[J]. 山东农业大学学报,1998,29(2):239-242
- [9] 宋哲民,李维平,闵东红,等. 小麦性状的遗传参数与综合选择[J]. 西北农业大学学报,1996,24(1):23-27
- [10] 杨武德,郝晓玲,张云亭. 冬小麦产量性状的遗传效应分析[J]. 生物数学学报,1998,13(4):527-530
- [11] 姚金保,王书文,姚国才,等. 小麦产量构成因素的遗传分析[J]. 上海农业学报,2004,20(1):45-48
- [12] 范绍强,郑王义,谢咸升,等. 小麦抗黄矮病材料产量性状遗传分析[J]. 华北农学报,2005,20(2):89-92
- [13] 曹亚萍,张娟,宁东贤. 冬小麦三种粒重性状的遗传研究[J]. 植物遗传资源学报,2001,2(3):9-13

(下转第 156 页)

- 科学出版社,2003:224-260
- [10] Gai J Y, Wang J K. Identification and estimation of a QTL model and its effects[J]. *Theor Appl Genet*,1998,97:1162-1168
- [11] 张素勤,顾兴芳,张圣平,等. 黄瓜白粉病抗性遗传机制的研究[J]. *园艺学报*,2005,32(5):899-901
- [12] 高军,徐海,苏小俊,等. 普通丝瓜果长遗传规律分析[J]. *江苏农业科学*,2007(5):123-125
- [13] Suh S K, Green S K, Park H G. Genetics of resistance to five strains of turnip mosaic virus in Chinese cabbage[J]. *Euphytica*, 1995,81:71-77
- [14] Walsh J A, Rusholme R L, Hughes S L, et al. Different classes of resistance to turnip mosaic virus in *Brassica rapa* [J]. *European Journal of Plant Pathology*,2002,108:15-20
- [15] Hughes S L, Hunter P J, Sharpe A G, et al. Genetic mapping of the novel Turnip mosaic virus resistance gene TuRB03 in *Brassica napus* [J]. *Theor Appl Genet*,2003,107:1169-1173
- [16] Robbins M A, Witsenboer H, Michelmore R W, et al. Genetic mapping of Turnip mosaic virus resistance in *Lactuca sativa* [J]. *Theor Appl Genet*,1994,89:583-589
- [17] 李广军,程利国,张国政,等. 大豆对豆卷叶螟抗性的主基因+多基因混合遗传[J]. *大豆科学*,2008,27(1):33-37
- [18] 禹山林,杨庆利,潘丽娟,等. 花生种子含油量的遗传分析[J]. *植物遗传资源学报*,2009,10(3):453-456
- [19] 张浩夫,戚存扣,浦惠明,等. 甘蓝型油菜花瓣缺失性状基因的主基因+多基因遗传分析[J]. *中国油料作物学报*,2007,29(3):227-232
- [20] 马雪霞,丁业掌,蒋峰,等. 亚洲棉纤维品质和产量性状的主基因与多基因遗传分析[J]. *植物遗传资源学报*,2008,9(2):212-217
- [21] 陈学军,陈劲枫,方荣,等. 辣椒始花节位遗传研究[J]. *园艺学报*,2006,33(1):152-154
- [14] Walton P D. Quantitative inheritance of yield and associated factors in spring wheat [J]. *Euphytica*,1972,21:553-556
- [15] Sayed H I. Inheritance of five quantitative characters of bread wheat [J]. *Theor Appl Genet*,1978,52:73-76
- [16] Nanda G S, Hazarika G N, Gill K S. Inheritance of heading date, ear length and spikelets per spike in an intervarietal cross of wheat [J]. *Theor Appl Genet*,1981,60:167-171
- [17] 李立会,杨欣明,李秀全,等. 通过属间杂交向小麦转移冰草优异基因的研究[J]. *中国农业科学*,1998,31(6):1-5
- [18] Li L H, Dong Y C. Hybridization between *Triticum aestivum* L. and *Agropyron michnoi* Roshev: I. Production and cytogenetic study of F1 hybrids [J]. *Theor Appl Genet*,1991,81:312-316
- [19] Li L H, Dong Y C. A self-fertile trigeneric hybrid, *Triticum aestivum* × *Agropyron michnoi* × *Secale cereale* [J]. *Theor Appl Genet*,1993,87:360-368
- [20] Li L H, Dong Y C, Zhou R H, et al. Cytogenetics and self-fertility of intergeneric hybrids between *Triticum aestivum* and *Agropyron cristatum* [J]. *Chin J Genet*,1995,22:105-112
- [21] 李立会,李秀全,李培,等. 小麦-冰草异源附加系的创建 I. F₃、F₂BC₁、BC₄和 BC₃F₁世代的细胞学[J]. *遗传学报*,1997,24(2):154-159
- [22] 李立会,杨欣明,周荣华,等. 小麦-冰草异源附加系的创建 II. 异源染色质的检测与培育途径分析[J]. *遗传学报*,1998,25(6):538-544
- [23] 刘伟华,郭勇,武军,等. 小麦-冰草附加系与小麦-杀配子染色体附加系杂交 F₁ 的细胞学特性[J]. *作物学报*,2007,33(6):898-902
- [24] Wu J, Yang X M, Wang H, et al. The introgression of chromosome 6P specifying for increased numbers of florets and kernels from *Agropyron cristatum* into wheat [J]. *Theor Appl Genet*,2006,114:13-20
- [25] 朱军. 估算遗传方差和协方差的混合模型方法[J]. *生物数学学报*,1992,7(1):1-11
- [26] 朱军. 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法[J]. *生物数学学报*,1993,8(1):32-44
- [27] 朱军,李道藩,许毓华. 作物品种间杂种优势遗传分析的新方法[J]. *遗传学报*,1993,20(3):262-271
- [28] 朱军. 广义遗传模型与数量遗传分析新方法[J]. *浙江农业大学学报*,1994,20(6):551-559
- [29] Zhu J, Weir B S. Diallel analysis for sex-linked and maternal effects [J]. *Theor Appl Genet*,1996,92(1):1-9

(上接第151页)

小麦-冰草衍生系3228主要产量性状的遗传分析

作者: [王健胜](#), [刘伟华](#), [王辉](#), [武军](#), [杨欣明](#), [李秀全](#), [高爱农](#), [李立会](#), [WANG Jian-sheng](#), [LIU Wei-hua](#), [WANG Hui](#), [WU Jun](#), [YANG Xin-ming](#), [LI Xiu-quan](#), [GAO Ai-nong](#), [LI Li-hui](#)

作者单位: [王健胜, WANG Jian-sheng \(西北农林科技大学农学院, 杨凌, 712100; 中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京, 100081\)](#), [刘伟华, 杨欣明, 李秀全, 高爱农, 李立会, LIU Wei-hua, YANG Xin-ming, LI Xiu-quan, GAO Ai-nong, LI Li-hui \(中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京, 100081\)](#), [王辉, 武军, WANG Hui, WU Jun \(西北农林科技大学农学院, 杨凌, 712100\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年, 卷(期): 2010, 11(2)

参考文献(29条)

1. [桑伟;田笑明;魏亦农](#) 冬小麦主要品质性状和产量性状的遗传特性及F₂代杂种优势研究进展[期刊论文]-[麦类作物学报](#) 2005(05)
2. [Walton P D](#) Quantitative inheritance of yield and associated factors in spring wheat[外文期刊] 1972
3. [曹亚萍;张娟;宁东贤](#) 冬小麦三种粒重性状的遗传研究[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2001(03)
4. [范绍强;郑王义;谢咸升](#) 小麦抗黄矮病材料产量性状遗传分析[期刊论文]-[华北农学报](#) 2005(02)
5. [Zhu J;Weir B S](#) Diallel analysis for sex-linked and maternal effects[外文期刊] 1996(01)
6. [朱军](#) 广义遗传模型与数量遗传分析新方法[期刊论文]-[浙江农业大学学报](#) 1994(06)
7. [宋哲民;李维平;闵东红](#) 小麦性状的遗传参数与综合选择[期刊论文]-[西北农业大学学报](#) 1996(01)
8. [李斯深;李安飞;李宪彬](#) 小麦杂种二代产量性状选择的研究 1998(02)
9. [胡延吉;赵擅方](#) 小麦高产育种中粒重作用的研究[期刊论文]-[作物学报](#) 1995(06)
10. [胡延吉;赵擅方](#) 小麦高产育种中产量性状的相关及其改良 1997(03)
11. [张其鲁;张立全;张连晓](#) 小麦的高产育种途径及其发展趋势[期刊论文]-[麦类作物学报](#) 2007(01)
12. [李跃建](#) 四川小麦产量性状的改良和超高产育种策略[期刊论文]-[西南农业学报](#) 1998(z)
13. [赵虹;杨兆生;闫素红](#) 播种方式对不同类型小麦品种产量性状的影响[期刊论文]-[华北农学报](#) 2000(02)
14. [朱军;季道藩;许馥华](#) 作物品种间杂种优势遗传分析的新方法[期刊论文]-[遗传学报](#) 1993(03)
15. [朱军](#) 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法 1993(01)
16. [朱军](#) 估算遗传方差和协方差的混合模型方法 1992(01)
17. [Wu J;Yang X M;Wang H](#) The introgression of chromosome 6P specifying for increased numbers of florets and kernels from *Agropyron cristatum* into wheat[外文期刊] 2006(1)
18. [刘伟华;郭勇;武军](#) 小麦-冰草附加系与小麦-杀配子染色体附加系杂交F₁的细胞学特性[期刊论文]-[作物学报](#) 2007(06)
19. [李立会;杨欣明;周荣华](#) 小麦-冰草异源附加系的创建 II. 异源染色体的检测与培育途径分析[期刊论文]-[遗传学报](#) 1998(06)
20. [李立会;李秀全;李培](#) 小麦-冰草异源附加系的创建 I. F₃、F₂BC₁、BC₄和BC₃F₁世代的细胞学[期刊论文]-[遗传学报](#) 1997(02)
21. [Li L H;Dong Y C;Zhou R H](#) Cytogenetics and self-fertility of intergeneric hybrids between *Triticum aestivum* and *Agropyron cristatum* 1995
22. [Li L H;Dong Y C](#) A self-fertile trigeneric hybrid, *Triticum aestivum*×*Agropyron michnoi*×*Secale*

cereale 1993

23. Li L H;Dong Y C Hybridization between Triticum aestivum L. and Agropyron michnoi

Roshev:I. Production and cytogenetic study of Flhybrids 1991

24. 李立会;杨欣明;李秀全 通过属间杂交向小麦转移冰草优异基因的研究[期刊论文]-中国农业科学 1998(06)

25. Nanda G S;Hazarika G N;Gill K S Inheritance of heading date, ear length and spikelets per spike in an intervarietal cross of wheat 1981

26. Sayed H I Inheritance of five quantitative characters of bread wheat 1978

27. 姚金保;王书文;姚国才 小麦产量构成因素的遗传分析[期刊论文]-上海农业学报 2004(01)

28. 杨武德;郝晓玲;张云亭 冬小麦产量性状的遗传效应分析[期刊论文]-生物数学学报 1998(04)

29. 李淑文;周彦珍;文宏达 不同小麦品种氮效率和产量性状的研究[期刊论文]-植物遗传资源学报 2006(02)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201002005.aspx