

小麦 Rht3 矮秆系杂种 F₁ 粒重 优势表现及遗传分析

周文春 赵寅槐 王书文 邹明烈 王 苏

(江苏省农业科学院粮食作物研究所, 南京 210014)

摘 要 按 $p \times q$ 交配模式, 以 4 个 Rht3 矮秆系为母本, 10 个小麦品种(系)为父本配制了 40 个杂种 F₁, 研究其粒重优势表现。结果表明, 40 个杂种的平均优势平均为 11.95%, 变幅为 -6.49% ~ 28.83%。超亲优势平均为 0.12%, 变幅为 -18.95% ~ 17.57%。竞争优势平均为 -4.96%, 变幅为 -24.24% ~ 17.74%。选用粒重较高的 Rht3 矮秆系如 ND35 和 ND37 作母本, 粒重超过对照的品种(系)作父本, 较易获得粒重具正向竞争优势的杂种。14 个亲本的配合力分析, 针对选育高粒重的杂交组合育种目标, 矮秆系中 ND35 和 ND37 利用价值较高, 10 个品种(系)中邯分 86-13、鲁 895023 和鲁 896018 的利用价值较高。讨论了克服 Rht3 基因对粒重的不利效应, 选育高粒重半矮秆杂种小麦的途径。

关键词 千粒重 杂种优势 竞争优势 配合力

携 Rht3 矮秆基因的显性矮秆系, 以及由它们转育成的 T 型细胞质雄性不育系应用于杂种小麦育种, 配制的半矮秆杂种小麦具有抗倒伏能力强、抗穗发芽、面粉加工品质优良等特点^[1]。利用小麦品种及其 Rht3 近等基因系, 对 Rht3 基因遗传效应的研究表明, Rht3 基因具有增加每穗粒数的正效应, 但同时有降低千粒重的负效应^[2, 3]。随着常规品种产量水平的提高, 对杂种小麦的产量水平要求也越来越高。在半矮秆杂种小麦育种中如何克服 Rht3 基因对粒重的不利效应, 已是高产、半矮秆杂种小麦研究须重点解决的问题。本研究通过 4 个产量性状和农艺性状较好的 Rht3 矮秆系和 10 个不同类型的小麦品种和品系分别杂交, 研究了杂种 F₁ 粒重的优势表现, 并对 Rht3 基因在杂种小麦粒重中所表现的不利效应提出了解决途径。

1 材料和方法

材料: 以 Rht3 矮秆系 ND1、ND35、ND37 和 ND41 作为杂交母本。西风、扬麦 3 号、早穗 17、扬麦 5 号、扬麦 158、鲁 895023、鲁 896018、安 85 中 33、邯分 86-13 和 R16 等 10 个品种(系)为父本。按照 $p \times q$ 交配模式, 1993 年度配制了 40 个杂种 F₁。1994 年度, 田间比较了 40 个

杂种 F₁ 和 14 个亲本品种(系)。随机区组设计, 3 次重复, 每小区种植 2~3 行, 行长 1.3m, 行距 20 cm, 株距 6.7 cm。植株成熟后, 拔回分样, 每区取 10 株考种, 混合脱粒后随机取 1000 粒称取千粒重, 以扬麦 158 为对照品种。

杂种优势计算方法:

平均优势(AH)(%)= $\frac{\text{杂种 F}_1\text{—双亲平均值}}{\text{双亲平均值}} \times 100\%$;

超亲优势(HOHP)(%)= $\frac{\text{杂种 F}_1\text{—高亲值}}{\text{高亲值}} \times 100\%$;

竞争优势(CH)(%)= $\frac{\text{杂种 F}_1\text{—对照品种}}{\text{对照品种}} \times 100\%$ 。

按照 p×q 交配模式的配合力分析方法^[4] 对试验数据进行遗传分析。

2 结果与分析

2.1 杂种 F₁ 的粒重优势表现

14 个亲本和 40 个杂种 F₁ 的千粒重及其平均优势、超亲优势和竞争优势分别列于表 1、2。40 个杂种 F₁ 的 AH 平均为 11.95%, 变幅为-6.49%~28.83%, 超过 20% 的有 8 个, 其中以 ND35 为母本的有 4 个。以邯分 86-13 为父本的 4 个杂种中有 3 个超过 20%。AH 为负值的杂种只有 4 个。40 个杂种的超亲优势平均仅为 0.12%, 即几乎不表现超亲优势, 反应了 Rht3 基因对粒重的不利效应。HOHP 变幅为-18.95%~17.57%。表现正向优势的有 22 个杂种, 以 ND35 和 ND37 为母本的分别有 7 个杂种表现正向优势。

表 1 4 个 Rht3 矮秆系与 10 个小麦品种(系)千粒重(g)

品种(系)	区组 I	区组 II	区组 III	平均
ND1	27.3	27.1	28.1	27.50
ND35	32.7	32.3	30.6	31.87
ND37	29.6	30.8	29.8	30.07
ND41	29.3	28.2	28.1	28.53
西风	26.5	26.2	27.9	26.87
R16	26.2	26.1	25.5	25.93
扬麦 3 号	36.8	36.6	36.4	36.60
早穗 17	35.6	35.8	35.4	35.60
鲁 896018	38.6	37.8	38.5	38.30
鲁 895023	42.8	43.8	41.7	42.77
扬麦 5 号	34.6	35.1	35.7	35.13
扬麦 158	38.6	38.4	39.7	38.90
安 85 中 33	43.6	42.6	41.8	42.67
邯分 86-13	43.6	42.2	44.4	43.40

40 个杂种的竞争优势平均为-4.70%, 变幅在-24.24%~17.74%。表明选育粒重具有竞争优势的半矮秆杂种小麦具有一定的难度。40 个杂种中有 14 个杂种仍表现正向优势, 选育粒重超过常规对照品种仍有可能。表现正向竞争优势的杂种中, 母本为 ND35 的有 6 个, ND37 有 4 个, ND1 和 ND41 分别有 2 个。父本为鲁 895023 和邯分 86-13 的 8 个杂种全部表现正向竞争优势。粒重表现正向竞争优势的杂种中, 其父本的粒重除早穗 17 外都超过或接近

对照品种扬麦 158 的粒重。以上结果表明,实现粒重超过对照品种的半矮秆杂种小麦育种目标,在选用亲本时,母本要选用粒重较高的 Rht3 矮秆系如 ND35 和 ND37,父本要选用粒重超过对照品种的品种或品系。

表 2 4 个 Rht3 矮秆系与 10 个小麦品种杂种 F₁ 千粒重表现与平均优势、超亲优势和竞争优势

组 合	千粒重(g)	平均优势(%)	超亲优势(%)	竞争优势(%)
ND1× 西风	29. 47	7. 09	7. 05	— 24. 24
ND1× 扬麦 3 号	34. 73	8. 36	— 5. 11	— 10. 72
ND1× 早穗 17	34. 93	10. 71	— 1. 88	— 10. 21
ND1× 鲁 895023	40. 60	15. 54	— 15. 07	4. 37
ND1× 鲁 896018	31. 87	— 3. 13	— 16. 79	— 18. 07
ND1× 安 85 中 33	36. 80	4. 87	— 13. 76	— 5. 40
ND1× 扬麦 5 号	31. 77	1. 44	— 9. 56	— 18. 33
ND1× 扬麦 158	32. 70	— 1. 51	— 15. 94	— 15. 94
ND1× R16	29. 30	9. 66	6. 55	— 24. 68
ND1× 邯分 86-13	45. 67	28. 83	5. 23	17. 40
ND35× 西风	31. 40	5. 72	— 1. 47	— 19. 28
ND35× 扬麦 3 号	37. 20	8. 64	1. 64	— 4. 37
ND35× 早穗 17	39. 27	16. 39	10. 31	0. 95
ND35× 鲁 895023	40. 03	7. 26	— 6. 41	3. 60
ND35× 鲁 896018	45. 03	28. 33	17. 57	16. 45
ND35× 安 85 中 33	42. 90	15. 11	0. 54	10. 28
ND35× 扬麦 5 号	37. 00	10. 45	5. 32	— 4. 88
ND35× 扬麦 158	41. 23	16. 50	5. 99	5. 99
ND35× R16	36. 97	27. 92	16. 00	— 4. 96
ND35× 邯分 86-13	45. 83	21. 76	5. 6	17. 74
ND37× 西风	35. 20	22. 22	17. 06	— 9. 01
ND37× 扬麦 3 号	34. 93	4. 77	— 4. 56	— 10. 21
ND37× 早穗 17	38. 07	15. 93	6. 94	— 2. 13
ND37× 鲁 895023	39. 87	9. 47	— 6. 78	2. 49
ND37× 鲁 896018	41. 07	20. 12	7. 23	5. 58
ND37× 安 85 中 33	43. 83	20. 51	2. 72	12. 67
ND37× 扬麦 5 号	36. 57	12. 18	4. 1	— 5. 99
ND37× 扬麦 158	32. 50	— 5. 77	— 16. 45	— 16. 45
ND37× R16	31. 13	11. 18	3. 53	— 19. 97
ND37× 邯分 86-13	44. 80	21. 94	3. 23	15. 17
ND41× 西风	33. 33	18. 91	16. 82	— 14. 32
ND41× 扬麦 3 号	36. 73	12. 77	0. 36	— 5. 58
ND41× 早穗 17	35. 73	11. 41	0. 37	— 8. 15
ND41× 鲁 895023	42. 60	19. 50	— 0. 40	9. 51
ND41× 鲁 896018	35. 93	7. 51	— 6. 19	— 7. 63
ND41× 安 85 中 33	37. 80	6. 18	— 11. 41	— 2. 83
ND41× 扬麦 5 号	35. 70	12. 16	1. 62	— 8. 23
ND41× 扬麦 158	31. 53	— 6. 49	— 18. 95	— 18. 95
ND41× R16	31. 23	14. 69	9. 46	— 19. 72
ND41× 邯分 86-13	39. 13	8. 79	— 9. 84	0. 59
平 均		11. 948	0. 1168	— 4. 7015

2.2 杂种 F₁ 千粒重的配合力分析

本试验的 4 个母本和 10 个父本都是经过挑选的, 目的是选择高配合力的亲本和杂交组合, 所以按固定模型进行分析。方差分析结果表明, 作为母本的 4 个 Rht3 矮秆系和作为父本的 10 个品种(系)以及母×父特殊配合力的 F 值都达到极显著水平。表 3 列出了各亲本一般配合力 g_i , g_j 和亲本之间的特殊配合力效应 s_{ij} , F 测验表明 g_i 间, g_j 间和 s_{ij} 间都存在极显著的差异。

表 3 4 个 Rht3 矮秆系和 10 个品种(系)千粒重一般配合力和组合特殊配合力

	西风	扬麦 3 号	早穗 17	鲁 895023	鲁 896018	安 85 中 33	扬麦 5 号	扬麦 158	R16	邯分 86-13	GCA
ND1	-6.033	1.1067	0.2067	2.1017	-4.3283	-1.2566	-2.27	1.5434	-0.5816	4.0884	-2.2767
ND35	-3.5767	-1.3267	-0.3567	-3.3517	3.9283	-0.06	-0.8867	4.1133	2.185	-0.665	2.6267
ND37	2.1133	-1.7067	0.3333	-1.6417	1.8583	1.76	-0.4834	-1.67	-1.765	0.205	0.7367
ND41	2.0667	1.9167	-0.1833	2.9117	-1.4583	-1.4466	0.47	-0.8166	0.1584	-3.6416	-1.0867
GCA	-4.71	-1.16	-0.06	3.715	1.415	3.2733	-1.8	-2.57	-4.9017	6.7983	

4 个 Rht3 矮秆系中以 ND35 的一般配合力效应($g_2=2.6267$)为最高, 与其他三个矮秆系均有极显著的差异。ND37 的一般配合力效应($g_3=0.7367$)其次, 与为负值的 ND1 和 ND41 也有显著差异。10 个品种(系)粒重的一般配合力效应显著大于 0 的有 4 个, 以邯分 86-13 为最高($g_{10}=6.7983$), 与其他 9 个品种(系)均有显著差异。鲁 895023 其次($g_4=3.7150$), 但与排列第三的安 85 中 33($g_6=3.2733$)之间无显著差异。

特殊配合力效应: 从 4 个矮秆系分别来看, ND1 与邯分 86-13 的特殊配合力效应最高($s_{110}=4.0884$), 其次为与鲁 895023($s_{14}=2.1017$), 两者间并无显著差异。ND35 与扬麦 158 的特殊配合力效应最高($s_{28}=4.1133$), 其次为鲁 896018 ($s_{25}=3.9283$)和 R16 ($s_{29}=2.1855$), 相互间均未达到显著差异。ND37 与西风和鲁 896018 的特殊配合力效应较高, 分别为 $s_{31}=2.1133$ 和 $s_{35}=1.8583$ 。ND41 与鲁 895023 和西风的特殊配合力效应较高, 分别为 $s_{44}=7.9117$ 和 $s_{41}=2.0667$, 相互间也未达到显著差异。

根据上述结果, 选育粒重较高的杂交组合应在以 ND35 和 ND37 为母本, 邯分 86-13、鲁 895023、鲁 896018、安 85 中 33 为父本的组合中选择。由于 ND1 和 ND41 的一般配合力效应为负值, 只能利用其特殊配合力效应, 以它们为杂交亲本选育粒重较高的杂交组合的机会较小。

2.3 亲本利用价值评定

表 4 列出了 14 个亲本的一般配合力效应和特殊配合力方差。从亲本的一般配合力来看, 4 个 Rht3 矮秆系中 ND35 和 ND37 的一般配合力显著大于 0。以 ND35 为最优, 它既有较高的一般配合力又有较高的特殊配合力方差, 但其特殊配合力方差并没有显著大于特殊配合力平均方差($F=6.6446/6.0621=1.0961$; $v_1=9$, $v_2=27$, $F_{0.05}=2.25$)。所以用他和 ND37 作杂交亲本, 都只能利用其一般配合力。由于一般配合力有较广泛的适应性, 他们仍可作为较好的矮秆亲本。ND1 和 ND41 则因一般配合力和特殊配合力效应均低, 以他们作杂交亲本, 较难选育到粒重突出的杂交组合; 但也不排除他们与特殊配合力和一般配合力都突出的亲本配组, 有出现个别较高粒重杂种的可能。对作为杂交父本的 10 个品种(系)说, 邯分 86-13、鲁 895023 和鲁

896018 既有较高的一般配合力又有较高的特殊配合力方差;但特殊配合力方差均未显著大于特殊配合力平均方差。所以他们及安 85 中 33 与 ND35 和 ND37 一样同属仅可利用其一般配合力的类型。西风、扬麦 158、扬麦 3 号、早穗 17、扬麦 5 号和 R16 对选育高粒重的育种目标利用价值较小。只能期望与较好的亲本配组,选育个别优良组合。因此,在这些亲本系中以 ND35 和 ND37 为母本、以邯分 86-13、鲁 895023、鲁 896018 和安 85 中 33 为父本的组合较易选育到高粒重的杂种。

3 讨论

在本研究中,ND35 对粒重这一单一性状表现了较好的配合力和利用价值。在育种实践中,以它与扬麦 158 配组的麦优 4 号也具有较好的产量水平。1995 年新洋农场示范 10.7 hm²,其中 4.6 hm² 单产 7017 kg,比相邻条田的扬麦 158 增产 28.3%。

粒重是构成产量的三个组成因子之一,半矮秆杂种小麦矮秆大穗,穗粒数具明显的竞争优势,加之具有良好的抗倒能力,加强粒重具竞争优势的杂交组合的选育,对选育产量具竞争优势的杂种小麦有重要的实践意义。研究表明,在 Rht3 基因对粒重有不利效应的情况下,用具较高粒重的 Rht3 矮秆系和粒重超过对照品种的父本配组较易获得粒重具竞争优势的杂种。因此,可通过两个途径克服 Rht3 基因对粒重的不利效应:一方面进一步改良现有的 Rht3 矮秆系,提高它们的粒重,缩小它们与对照品种的粒重差距;现有 Rht3 矮秆系在粒重上具有较大的潜力可以提高。另一方面,杂交父本也应选用粒重较高的品种(系)。对化学杀雄制种来说较易选择到理想的亲本;对三系制种来说要注意高粒重恢复系的选育。

表 4 4 个 Rht3 矮秆系和 10 个品种(系)千粒重的一般配合力效应和特殊配合力方差

亲本	一般配合力	特殊配合力方差
ND1	-2.2767	5.1660
ND35	2.6267	6.6446
ND37	0.7367	2.051
ND41	-1.0867	3.3771
西风	-4.71	6.7039
扬麦 3 号	-1.16	0.6304
早穗 17	-0.06	-0.4893 *
鲁 895023	3.715	8.3473
鲁 896018	1.415	8.82
安 85 中 33	3.2733	1.6635
扬麦 5 号	-1.8	1.5371
扬麦 158	-2.57	6.9915
R16	-4.9017	2.1568
邯分 86-13	6.7983	9.5550

* 负值由随机误差引起,可视作零。
注:特殊配合力平均方差 $K_{\text{m}}^2=6.0621$, $v=27$ 。

参 考 文 献

- 1 赵寅槐 等. 大拇指矮 Rht3 基因在杂种小麦选育中的应用. 见: 黄铁城等主编. 杂种小麦研究进展. 北京: 农业出版社, 1993. 1~9
- 2 周文春 等. 小麦 Rht3 基因遗传效应的研究. 江苏农业学报, 1993, 9(4): 1~7
- 3 Allan RE. Agronomic comparisons among wheat lines nearly isogenic for three reduced-height genes. Crop Sciences 1986, 1(26): 707~710
- 4 莫惠栋. p×q 交配模式的配合力分析. 江苏农学院学报, 1982, 3(3): 51~57

Expression and Genetic Analysis of Grain Weight Heterosis in F₁ of Dwarfing Lines with Rht3 Gene in Wheat

Zhou Wenchun Wang Shuwen Zhao Yinhuai Zou Minglie Wang Su

(Institute of Food Crops Jiangsu Academy of Agricultural Sciences Nanjing 210014)

Abstract According to $p \times q$ mating pattern, 40 hybrid F₁s were made with 4 Rht3 dwarfing lines as female parents and 10 varieties(lines) as male parents. Studies on the expression of grain weight heterosis were made among the hybrids. Results showed that average heterosis changed from -6.49% to 28.83% and its average was 11.95% . Heterosis over higher parents changed from -18.95 to 11.57% and its average was 0.12% . Average of competitive heterosis was -4.96 which changed from -24.24% to 17.74% . It is easier to obtain hybrids with positive competitive heterosis when Rht3 dwarfing lines with relative high 1000-grain-weight such as ND35 and ND37 were chosen as female parents and varieties(lines) with the 1000-grain-weight higher than that of check varieties were used as male parents. Results of the analysis of combining ability showed that ND35 and ND37 among 4 dwarfing lines and Hanfen 86-13, Lu 895023 and Lu 896018 among 10 varieties(lines) were much more valuable than other parents for breeding hybrids with high 1000-grain-weight. Discussions were made on the methods for breeding semi-dwarfing hybrids with high grain weight in the case of overcoming disadvantageous effects of Rht3 gene on grain weight.

Key word: 1000-grain-weight; Heterosis; Competitive heterosis; Combining ability