

3种新型化学杂交剂诱导小麦雄性不育效果比较^{*}

王振华, 刘宏伟, 张改生, 王军卫, 马守才

(西北农林科技大学 陕西省作物杂种优势研究与利用重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 以杂种小麦新品种西杂一号和 16 个小麦常规品种为供试材料, 应用混合线形模型研究了 3 种化学杂交剂 SQ-1, GENESIS 和 BAU 9403 诱导小麦雄性不育的效果及对种子性状的影响。结果表明, SQ-1 在 3 种化学杂交剂中的杀雄效果最好, 并对杂交种种子的千粒重有提高作用; GENESIS 和 BAU 9403 不同程度对杂交种种子千粒重有降低作用, 其中 BAU 9403 影响更大; SQ-1 和 GENESIS 对杂交种发芽率、发芽势和容重的影响与对照不喷药无显著差异, 但 BAU 9403 与对照有显著差异。

[关键词] 小麦; 化学杂交剂; 雄性不育; 混合线形模型

[中图分类号] S512.103.51

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0043-04

利用化学杂交剂 (Chemical Hybridizing Agents, 缩写 CHA) 诱导小麦生理型雄性不育以配制杂交种, 是小麦杂种优势利用的重要途径之一^[1]。自 1950 年 Moore 首先在玉米上利用马来酰肼 (MH) 成功诱导出雄性不育以来, 国外科学工作者在小麦等作物上也筛选出许多种化学杂交剂, 如乙烯利, DPX3778, LY195259, WL84811, RH0007, Sc2053 和 GENESIS, 用于诱导雄性不育研究, 其中以 Sc2053 和 GENESIS 应用最为广泛^[2~5]。我国自 1963 年开展小麦杂种优势利用研究以来, 在化学杂交剂合成和筛选方面亦做了大量工作, 先后成功研制出 BAU 1, BAU 2, XN8611 和 BAU 9403, 其中 BAU 9403 效果相对较好, 但是综合效果仍不如 GENESIS^[5~10]。目前, 我国又研制出新型化学杂交剂 SQ-1, 初步研究表明 SQ-1 诱导雄性不育彻底。本研究特就 SQ-1, BAU 9403 和 GENESIS 3 种化学杂交剂的使用效果进行综合比较, 旨在为 SQ-1 在小麦杂种优势中的利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 化学杂交剂

BAU 9403 由中国农业大学提供; GENESIS 由美国 MONSANTO 公司提供; SQ-1 由西北农林科技大学陕西省作物杂种优势研究与利用重点实验室提供。

1.2 试验设计

1.2.1 基因型评价 试验于 2000~2001 年在西北农林科技大学试验农场进行。16 种基因型分别为 89(25)、农大 3338、西农 332D、0004RD、W 768D、YM 21、西农 91128、西农 336、特矮 31、绵阳 26、97-31-矮、西农 976Q、E-5Q、西农 171、89L 257、西农 1718。随机设计, 3 次重复; 各化学杂交剂均使用最佳剂量 (BAU 9403, 1.0 kg/hm²; GENESIS, 3.0 kg/hm²; SQ-1, 3.0 kg/hm²) 和最适时期 (BAU 9403, 雌雄蕊原基分化期; GENESIS, Feekes 8.0~9.0; SQ-1, Feekes 7.0~9.0); 诱导雄性不育率以套袋自交结实率来考察。

1.2.2 3 种化学杂交剂对种子性状的影响 2001 年在宝鸡市农科所试验农场进行。对 3 种化学杂交剂处理后收获的西杂一号杂交种的千粒重、发芽率、发芽势和容重进行测定, 以西杂一号母本 1376 未处理为对照, 其中发芽率和发芽势数据进行反正弦转换。随机设计, 3 次重复。

1.3 统计方法

用混合线性模型方法, 利用 SAS 软件中的 PROC MIXED 模型进行计算^[11]。

2 结果与分析

2.1 3 种化学杂交剂的杀雄效果

不育率的高低是反映化学杂交剂诱导雄性不育

^{*} [收稿日期] 2002-12-18

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (39970454); 863 计划 (2001AA 241041); 陕西省“十五”杂种小麦攻关项目 (K01-G02-01); 杨陵生物技术育种中心专项基金资助项目 (1999-B9)

[作者简介] 王振华 (1979-), 男, 山西大同人, 在读硕士, 主要从事小麦杂种优势利用研究。

[通讯作者] 刘宏伟 (1967-), 男, 陕西扶风人, 副教授, 博士, 主要从事小麦杂种优势利用研究。

效果好坏的指标,从杂种小麦生产要求分析,当化学杂交剂诱导小麦产生不小于 95%的雄性不育率时,则认为该化学杂交剂诱导小麦雄性不育彻底,达到杂种小麦制种的要求。

从表 1 可以看出,16 种基因型在不同化学杂交剂处理下的不育率有较大差异,其中BAU 9403 的变异系数为 20.25%,SQ-1 和 GENESIS 分别为 1.30%和 1.09%。说明BAU 9403 对不同品种的杀

雄效果存在较大差异,BAU 9403 与基因型有明显的互作,而 GENESIS 和 SQ-1 对品种的专一性不强,如 YM 21、E-50、西农 336、农大 3338 和西农 9766 经 BAU 9403 处理后的不育率分别为 40.8%,55.8%,68.9%,76.6%,89.5%,而经 SQ-1 和 GENESIS 处理后则分别达到 97.9%,99.6%,100%,100%,100%和 97.6%,100%,99.6%,99.2%,100%,SQ-1 和 GENESIS 具有较好的杀雄广谱性。

表 1 16 种不同品种(系)基因型经 3 种化学杂交剂(CHA)处理后的雄性不育率

基因型 Genotype	BAU 9403		SQ-1		GENESIS	
	不育率/%	反正弦值	不育率/%	反正弦值	不育率/%	反正弦值
	M SR	$Arc^{-1} \sin \text{ value}$	M SR	$Arc^{-1} \sin \text{ value}$	M SR	$Arc^{-1} \sin \text{ value}$
89(25)	97.3	80.54	99.5	85.95	97.2	80.37
农大 3338 Nongda 3338	76.6	61.07	100	90.00	99.2	84.87
西农 332D Xinong 332D	99.5	85.95	100	90.00	100	90.00
0004RD	94.9	76.95	100	90.00	99.0	84.26
W 768D	96.6	79.37	100	90.00	98.4	82.73
YM 21	40.8	39.70	97.9	81.63	97.6	81.09
西农 91128 Xinong 91128	100.0	90.00	100	90.00	99.5	85.95
西农 336 Xinong 336	68.9	56.11	100	90.00	99.6	86.37
特矮 31 Teai 31	94.9	76.95	95.5	77.75	98.1	82.08
绵阳 26M ianyang 26	97.8	81.47	97.7	81.28	100	90.00
97-31-矮 97-31-ai	94.4	76.31	100	90.00	99.3	85.50
西农 9766 Xinong 9776	89.5	71.09	100	90.00	100	90.00
E-50	55.8	48.33	99.6	86.37	100	90.00
西农 171 Xinong 171	96.6	79.37	98.7	83.45	97.6	81.09
89L 257	100.0	90.00	100.0	90.00	97.5	80.90
西农 1718 Xinong 1718	96.00	79.69	98.1	82.08	97.3	80.54
变异系数/% CV	20.25	19.89	1.30	4.85	1.09	4.36

对 3 种化学杂交剂杀雄效果进行方差分析,差异达到极显著水平。采用混合线形模型比较 3 种化学杂交剂杀雄效应的结果(表 2)表明,3 种化学杂交剂的杀雄效应分别为 SQ-1 (99.8%)> GENESIS (99.2%)> BAU 9403(88.3%)。从表 2 可以看出,GENESIS 和 SQ-1 的杀雄效果差别不大,均与 BAU 9403 差异显著,BAU 9403 杀雄率低是因为其

与不同品种基因型存在互作效应造成的。在 95%的置信区间内,SQ-1 与 GENESIS 诱导雄性不育率均超过 95%,最低达到 97%以上,而 BAU 9403 诱导雄性不育率最高只有 92.8%。表明化学杂交剂 SQ-1 与 GENESIS 不仅具有品种广谱性,而且诱导雄性不育彻底,满足优秀化学杂交剂的基本要求。

表 2 3 种化学杂交剂的杀雄效应及对比

化学杂交剂 CHA	估计值 Estimated value		标准误 Standard error	t 值 t value	不育率/% 0.95 置信区间 Sterility limits of 0.95 level confidence
	反正弦值	不育率/%			
	$Arc^{-1} \sin \text{ value}$	Sterility			
GENESIS	84.71	(99.2)	2.187 2		[97.1 100]
SQ-1	87.32	(99.8)	2.101 7		[98.5 100]
BAU 9403	69.99	(88.3)	2.187 2		[82.8 92.8]
GENESIS-SQ-1	- 2.60		3.217 9	- 0.81	
GENESIS-BAU 9403	14.72		3.274 4	4.50**	
SQ-1-BAU 9403	17.32		3.217 9	5.38**	

注: ** 表示达到 0.01 显著水平。

Note: ** Means the significant difference at 0.01 level

2 2 3 种化学杂交剂对小麦种子性状的影响

2 2 1 千粒重 由表 3 和表 4 可以看出: 3 种化学杂交剂之间以及与对照之间的差异均达到极显著水平, SQ-1 最大为 39 20 g, 超过对照 1 31 g, 而 GENESIS 为 35 88 g,BAU 9403 为 34 78 g, 均低于对照, 这表明经化学杂交剂处理后的小麦结实率降低, 体内营养充足有利于千粒重增加, 但 GENESIS 和BAU 9403 喷撒后由于对小麦所产生的药害作用大于 SQ-1, 其千粒重反而低于对照。

2 2 2 发芽率和发芽势 3 种化学杂交剂对西杂一号发芽率的影响差异不显著(表 3), 但BAU 9403

显著低于对照和其他两种化学杂交剂, SQ-1 发芽率高于对照(表 4)。3 种化学杂交剂对西杂一号发芽势的影响达到显著差异水平(表 3)。SQ-1 和 GENESIS 的发芽势分别为 96 0%, 93 3%, 均低于对照, 但未达到显著水平, 与BAU 9403 的差异均达极显著水平(表 4)。

2 2 3 容 重 由表 3 可知, 3 种化学杂交剂对西杂一号杂交种容重的影响均达到极显著水平, SQ-1 和 GENESIS 的作用大致相同, 均高于BAU 9403, 且与BAU 9403 的差异达到极显著水平。BAU 9403 与对照差异达极显著水平。

表 3 3 种化学杂交剂对种子性状的方差分析

Table 3 Variance analysis of the seed traits treated by different CHA s

变异来源 Source of variance	千粒重 1 000 kernel weight			发芽率 Germ inating rate			发芽势 Germ inating potential			容重 Volume weight		
	DF	MS	F	DF	MS	F	DF	MS	F	DF	MS	F
处理 Treatments	3	11.82	92.24**	3	105.93	3.58	3	93.03	9.40*	3	7 053.84	29.46**
重复 Replication	2	0.16	1.30	3	29.85	1.01	3	24.69	2.49	3	287.04	1.20
剩余误差 Residue	6	0.12		6	29.62		5	9.90		9	239.43	

注: 以 1376 空白对照作为 1 个处理进行混合线形模型分析, 发芽率、发芽势数据有缺失, 因此用REML 法进行方差分析; 自由度计算用 KENROGER 法, 其他性状数据为平衡数据; *, ** 分别表示达到 0.05, 0.01 显著水平。

Note: Data of untreated 1376 as CK in the Mixed Liner Model, the unbalance data of germ inating rate and germ inating potential were analyzed by REML method and KENROGER method (calculate degree of freedom). Another data of traits is balanced * expresses the significant difference at 0.05 level, ** expresses the significance different at 0.01 level

表 4 3 种化学杂交剂对西杂一号杂交种千粒重、发芽率、发芽势和容重的效应

Table 4 Effects of CHA s on 1 000 kernel weight, germ inating rate, germ inating potential and volume weight of Xiza No. 1 hybrid seed

效应 Effect	千粒重 1 000 kernel weight		发芽率 Germ inating rate		发芽势 Germ inating potential		容重 Volume weight	
	估计值/g Estimate	t 值 t value	估计值 Estimate	t 值 t value	估计值 Estimate	t 值 t value	估计值/(g · L ⁻¹) Estimate	t 值 t value
空白对照 (1376) (CK)	37.89		83.30(98.6%)		80.03(97.0%)		706.30	
GENESIS	35.88		82.97(98.5%)		75.00(93.3%)		694.40	
SQ-1	39.20		84.50(99.1%)		78.50(96.0%)		694.65	
BAU 9403	34.78		71.20(89.6%)		64.63(81.6%)		615.20	
1376-GENESIS	2.00	6.87**	0.35	0.07	5.03	1.81	11.90	1.09
1376-SQ-1	-1.31	-4.50**	-1.16	-0.27	1.52	0.61	11.65	1.06
1376-BAU 9403	3.10	10.64**	12.12	2.43*	15.40	4.62**	91.10	8.33**
GENESIS-SQ-1	-3.32	-11.37**	-1.52	-0.35	-3.50	-1.40	-0.25	-0.02
GENESIS-BAU 9403	1.10	3.77**	11.77	2.36*	10.36	3.11**	79.20	7.24**
SQ-1-BAU 9403	4.42	15.14**	13.29	3.03*	13.87	4.66**	79.45	7.26**

注: *, ** 分别表示达到 0.05, 0.01 显著水平。

Note: * expresses the significant difference at 0.05 level, ** expresses the significant difference at 0.01 level

3 讨 论

化学杀雄途径是小麦杂种优势利用研究的主要途径之一, 化学杀雄途径的关键是必须有理想的化学杂交剂。理想的化学杂交剂应具有能诱导完全或近于完全(不育率达 95% 以上)的雄性不育; 较灵活的用药剂量和较长的活性窗口; 无药害、无残毒、使用安全、成本低等特点。本研究对 3 种化学杂交剂的

使用效果进行了比较, 实践证明, 3 种化学杂交剂杀雄率分别为 SQ-1(99.8%)> GENESIS(99.2%)> BAU 9403(88.3%)。新型化学杂交剂 SQ-1 杀雄效果与 GENESIS 相似, 而且与基因型互作很小, 其活性窗口时间较长(Feekes 7.0~9.0), 可保证 95% 以上的杀雄率, 从杀雄效果来看是目前化学杂交剂中最优良者。BAU 9403 杀雄率较低, 是因为 BAU 9403 的品种专一性强, 欲使 BAU 9403 对大多数品种具

有良好的杀雄效果, 还需采用多种剂量做大量的品种基因型试验。

本研究结果表明, SQ-1 对西杂一号种子性状的影响与 GENESIS 相似, 特别在杂交种千粒重方面还优于 GENESIS。试验还表明, 3 种化学杂交剂在千粒重性状上差异极显著, 且与对照差异也分别达到极显著水平, 说明化学杂交剂对杂交种千粒重影响较大。SQ-1 和 GENESIS 对种子发芽率、发芽势和容重的影响与对照差异不大, 未达到显著水平, 这与人研究不尽一致^[2], 高庆荣等^[2]研究认为,

GENESIS 对不同品种基因型的发芽率和发芽势均存在显著差异且低于对照。SQ-1 的发芽率和发芽势较高, 且与对照差异没有达到显著水平, 这是否与本试验杂交种材料仅为西杂一号有关, SQ-1 对其他杂交种是否有影响尚需进一步研究。SQ-1 和 GENESIS 之间无显著差异, 但它们均与 BAU 9403 差异显著。SQ-1 与 GENESIS 相比, 无论从诱导雄性不育率和种子性状等方面, 两者均无明显差异, 表明 SQ-1 可以完全替代 GENESIS 应用于杂种小麦生产。

[参考文献]

- [1] 黄铁城 杂种小麦研究——进展、问题与展望[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990 34- 36
- [2] 高庆荣, 于金凤, 刘宝申 化学杂交剂对小麦的杀雄效果[J]. 山东农业大学学报, 2002, 32(1): 17- 22
- [3] 刘宏伟, 张改生, 王军卫, 等 新型化学杂交剂 GENESIS 诱导小麦雄性不育的初步研究[J]. 西北植物学报, 1998, 18(2): 218- 222
- [4] 吕德彬, 阎滋福, 程西永, 等 不同基因型小麦雄性不育的化学诱导研究[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(1): 1- 3
- [5] M c r a e O H. Advances in chemical hybridization[J]. Plant Breed Rev, 1985, 3: 169- 191
- [6] 张爱民, 鄂立柱, 武跃廷, 等 化学杂交剂 SC2053 诱导小麦雄性不育的研究[A]. 全国作物育种学术讨论会文集[C]. 北京: 农业出版社, 1993 163- 170
- [7] 张改生, 刘宏伟, 王军卫, 等 陕西省杂种小麦产业化现状与发展对策[J]. 陕西农业科学, 1997, 3: 7- 14
- [8] 蒋明亮, 王道全, 张爱民, 等 新唑啉类化合物 9403 对小麦去雄效应的初步研究[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(5): 30- 44
- [9] 刘宏伟, 张改生, 王军卫, 等 唑啉类化合物 9403 诱导小麦雄性不育的初步研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(6): 45- 53
- [10] 袁虎林, 刘宏伟, 张改生, 等 化学杂交剂 BAU 9403 诱导小麦雄性不育及与不同小麦品种互作效应的研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(3): 13- 16
- [11] 朱 军 遗传模型分析方法[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996 12

Effects on male sterility induced by three kinds of chemical hybridization agent in wheat

WANG Zhen-hua, LIU Hong-wei, ZHANG Gai-sheng, WANG Jun-wei, MA Shou-cai

(Key Laboratory of Crop Heterosis, Shaanxi Province, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The male sterility of hybrid wheat variety Xiza No. 1 and 16 conventional varieties used as experimental material, induced by using three kinds Chemical Hybridization Agent (CHA), and its influence on seed traits are analyzed by mixed linear model. The results are as follows: the CHA SQ-1 has the best effect of male sterility among three kinds Chemical Hybridization Agent, and has the ability to increase 1 000 kernel weight. The CHA GENESIS, especially BAU 9403 reduces the 1 000 kernel weight. The SQ-1 and GENESIS have no significant differences with CK on the traits of germinating potential, germinating rate and volume weight, but BAU 9403 has significant differences with CK. SQ-1 is a promising CHA in this experiment. It will be used in commercial seed production instead of GENESIS.

Key words: wheat; Chemical Hybridizing Agents; male sterility; mixed linear model