

抗生素诱变小麦雄性不育研究^①：

I. 链霉素诱导的小麦细胞核基因雄性不育突变

刘志勇^② 孙其信 黄铁城

(植物遗传育种系)

王力江

(河北省昌黎县种子站)

摘要 利用链霉素在普通小麦品系 BAU92 和 BAU3338 中分别诱导出雄性不育突变,遗传分析表明其不育性分别受隐性和显性细胞核基因控制。BAU92 雄性不育突变体雄性器官败育彻底,遗传稳定;BAU3338 雄性不育突变体雄性器官败育不彻底,自交有较低结实率。这些雄性不育材料可作为新的小麦雄性不育遗传资源。链霉素诱变小麦雄性不育具有较好重现性,可作为创造小麦雄性不育的新途径。

关键词 小麦;雄性不育;遗传;链霉素;诱变

中图分类号 Q319.33; S335.3

Study on Antibiotics-induced Male Sterility in Wheat:

I. Genic Male Sterility Induced by Streptomycin

Liu Zhiyong Sun Qixin Huang Tiecheng

(Dept. of Plant Genetics & Breeding)

Wang Lijiang

(Changli Seed Station, Changli 066600)

Abstract Both cytoplasmic and genic male sterility are useful for wheat genetics and breeding. Seven stable and complete male-sterile mutants in BAU92 and a new kind of incomplete male-sterile mutant with low seedset (less than 5%) of selfpollination in BAU3338 have been obtained by the treatment of streptomycin. Genetic analysis indicated that single recessive and single dominant genes were involved in the genetic control of the induced male sterile wheat mutants in BAU92 and BAU3338 respectively. With high reproducibility, it was concluded that streptomycin induction could be an additional approach for creating novel male sterility in wheat.

Key words *Triticum aestivum*; wheat male sterility; induced mutation; streptomycin; inheritance

雄性不育是小麦的重要遗传现象。小麦雄性不育材料是进行遗传学研究、杂种优势利用和开展轮回选择及进行种质改良的重要工具。雄性不育可分为核质互作雄性不育(简称细胞质雄性不育)和细胞核基因雄性不育两类。小麦中存在自发或诱变产生的细胞核基因雄性不

收稿日期: 1996-01-03

① 国家自然科学基金(39400082)和攀登计划(PD-XZ-2-4)资助项目

② 刘志勇,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

育类型,按其遗传方式有隐性细胞核基因雄性不育和显性细胞核基因雄性不育^[1]。

采用理化因素诱变通常可诱发植物产生雄性不育突变^[1]。链霉素作为诱变剂在珍珠粟、水稻、向日葵和玉米等作物上均可诱导产生雄性不育突变^[2~5]。我们利用链霉素诱变普通小麦获得了雄性不育突变^[6,7]。本文对诱变小麦品系 BAU92 和 BAU3338 产生的雄性不育突变体作进一步的遗传分析。

1 材料和方法

用链霉素处理冬小麦品系 BAU92 和 BAU3338^[6,7],获得雄性不育突变体,分别用正常可育 BAU92 和 BAU3338 花粉回交。回交后代冬季在温室加代,对各 BC₁ 植株套袋自交,鉴定 BC₁ 代的育性,对雄性不育植株继续用正常可育株回交。经春化后各自交和回交后代种子播于田间,在开花期套袋自交,鉴定育性,对雄性不育植株继续回交。收获各自交和回交种子继续种植,进一步鉴定其育性表现及其遗传方式。根据回交后代和自交后代的育性表现,分析诱变产生的雄性不育是否可遗传,并区分其遗传方式。

花粉育性鉴定:取即将开花的花药中的花粉,用碘和碘化钾溶液染色,鉴定花粉育性。

统计方法: 自交(回交)结实率 I = $\frac{\text{基部小花结实粒数}}{\text{基部小花数}} \times 100\%$

自交(回交)结实率 II = $\frac{\text{单穗结实粒数}}{\text{基部小花数}} \times 100\%$

2 结果与分析

2.1 链霉素诱变 BAU92 小麦雄性不育突变体的遗传分析

对 1993 和 1994 年链霉素诱变 BAU92 产生的可遗传雄性不育突变体回交及自交后代分析结果表明,链霉素在 BAU92 中诱变出 7 个隐性细胞核基因雄性不育突变体。雄性不育株用 BAU92 回交,BC₁ 代均表现正常可育,再自交(B₁F₂)则表现育性分离。育性分离行继续种植成 F₃ 或 F₄(B₁F₃, B₁F₄) 系统,仍有雄性不育株分离出来,分离出的雄性不育株再经 BAU92 回交,均表现正常可育,自交后又分离出雄性不育株。经卡方检验,5 个突变体 93-28S、94-11S、94-12S、94-13S 和 94-53S 符合一对隐性基因分离方式(表 1),另外两个突变体 93-42S 和 93-46S 的遗传分离在某些年份偏离 3:1 的遗传方式,不育株比例偏低,其原因尚需作进一步研究。

分析 BAU92 雄性不育突变体育性分离群体,结果表明除育性外,育性分离株行中雄性可育株和不育株农艺性状表现正常,未见明显不同,与 BAU92 也无明显差异(表 2)。

2.2 链霉素诱变 BAU3338 小麦雄性不育突变体的遗传分析

对 1993 年 BAU3338 诱变的雄性不育株回交后代分析结果表明:四个雄性不育突变株中有两个回交和自交后代育性均为可育,之后再无雄性不育株分离出来,属于非遗传性雄性不育;另两个雄性不育突变株回交后代均有雄性不育株分离出来。其中 93-63S 突变体每次回交后代均有雄性不育株分离出来,对雄性不育株经用 BAU3338 连续 5 次回交后,从回交

后代的育性表现分析其雄性不育性是受一对显性基因控制(表 1)。雄性不育株用正常可育株回交,后代分离出近一半的雄性不育株和雄性可育株。雄性可育株自交后代全部表现可育。

表 1 链霉素诱变小麦雄性不育突变体遗传分析

突变体	年份 ^①	世代 ^②	可育株	不育株	χ^2	概率(F:S=3:1)
93-28S	1994S	B ₁ F ₂	42	8	2.160 0	0.10~0.20
	1994A	B ₁ F ₃	36	13	0.061 2	0.80~0.90
	1995S	B ₂ F ₂	48	17	0.011 7	0.90~0.95
	1995A	B ₂ F ₃	78	24	0.117 6	0.70~0.80
93-42S	1994S	B ₁ F ₂	12	8	2.400 0	0.10~0.20
	1994A	B ₁ F ₃	131	38	0.570 0	0.40~0.50
	1995S	B ₂ F ₂	205	55	2.051 3	0.10~0.20
	1995A	B ₁ F ₄	78	19	1.515 5	0.20~0.30
	1995A	B ₂ F ₃	410	98	8.829 4	< 0.01
93-46S	1994S	B ₁ F ₂	37	17	1.209 9	0.20~0.30
	1994A	B ₁ F ₃	119	40	0.002 1	0.95~1.00
	1995S	B ₂ F ₂	191	53	1.398 9	0.20~0.30
	1995A	B ₁ F ₄	116	21	6.834 5	< 0.01
	1995A	B ₂ F ₃	287	73	4.281 5	< 0.05
94-11S	1995S	B ₁ F ₂	24	3	2.777 8	0.05~0.10
94-12S	1995S	B ₁ F ₂	71	16	2.026 8	0.10~0.20
	1995A	B ₁ F ₂	43	12	0.297 0	0.60~0.70
	1995A	B ₁ F ₃	195	52	2.052 6	0.10~0.20
94-13S	1995S	B ₁ F ₂	49	17	0.020 2	0.80~0.90
	1995A	B ₁ F ₂	73	26	0.084 2	0.70~0.80
94-53S	1995S	B ₁ F ₂	26	10	0.148 1	0.70~0.80
	1995A	B ₁ F ₂	105	24	2.814 0	0.05~0.10
93-633	1993G	BC ₁		3		
	1994S	BC ₂	12	14	0.153 8	0.60~0.70
	1994G	BC ₃	13	10	0.391 3	0.40~0.50
	1994A	BC ₃	43	33	1.315 8	0.20~0.30
	1995S	BC ₄	34	37	0.126 8	0.70~0.80
	1995G	BC ₅	45	33	1.846 2	0.10~0.20
	1994G	BC ₂ S		3		
	1995S	BC ₃ S	1	5	0.222 1	0.60~0.70
1995G	BC ₄ S	17	61	0.427 3	0.50~0.60	

①G,S,A 分别表示温室、春加代和秋播

②S 表示雄性不育株自交后代

链霉素诱变 BAU3338 雄性不育突变体 93-63S 雄性败育不彻底,雄性不育株自交有低于 5% 的自交结实率(表 2)。雄性不育株雌蕊育性正常,回交结实正常。对雄性不育株自交所结的种子作进一步分析,结果表明可分离出较多的雄性不育株和少数雄性可育株,雄性不育株:雄性可育株近于 3:1(表 1)。

表2 链霉素诱变小麦雄性不育突变体农艺性状及育性表现

突变体	世代	育性 ^①	株数	株高 h/cm	穗长 l/cm	小穗数	基部不育	基部小花	穗粒数	自交结实率%		回交结实率%	
							小穗数	结实粒数		I	II	I	II
93-28S	B ₁ F ₃	F	36	53.17	9.00	17.33	2.52	26.88	31.63	84.54	99.00		
		S	13	54.10	9.50	17.62	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00		
	B ₂ F ₂	F	48	48.74	7.84	15.08	0.33	28.08	38.25	95.20	129.39		
		S	17	44.37	7.23	14.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	18.78	57.97
93-42S	B ₁ F ₃	F	131	61.28	9.00	18.34	2.92	25.85	35.15	80.70	110.49		
		S	38	59.31	8.70	18.82	3.47	1.11	1.53	2.31	2.62		
	B ₂ F ₂	F	205	49.88	8.15	14.50	0.45	26.88	37.30	95.00	131.33		
		S	55	47.70	8.94	16.05	0.55	0.35	0.39	1.21	1.35	28.41	91.74
93-46S	B ₁ F ₃	F	119	57.37	8.53	17.44	2.65	23.42	26.38	80.87	92.50		
		S	40	53.44	8.49	17.43	2.65	0.40	0.47	2.11	2.52	13.29	44.76
	B ₂ F ₂	F	191	51.97	8.08	15.36	0.84	23.76	32.68	81.89	112.20		
		S	53	49.26	8.77	16.30	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	23.91	78.74
94-12S	B ₁ F ₂	F	71	52.15	7.86	15.07	0.72	25.65	34.06	88.95	117.90		
		S	16	50.08	8.27	16.32	0.94	0.44	0.50	1.35	1.53	25.20	79.97
93-63S	BC ₃	F	13	16.50	2.36	21.09	26.09	76.17	94.11				
		S	10	16.60	2.00	1.30	2.80	4.40	9.11	72.28	94.55		
		F	43	49.63	8.78	18.84	2.00	16.47	22.38	48.89	63.41		
	S	F	33	48.09	9.03	19.03	1.87	0.54	1.24	1.64	3.71		
		S	37	40.59	8.11	16.29	0.23	0.46	2.46	1.42	7.00	69.47	
	BC ₄	F	34	43.54	8.35	16.59	0.34	17.28	27.91	53.63	87.68		
		S	37	40.59	8.11	16.29	0.23	0.46	2.46	1.42	7.00	69.47	
	BC ₅	F	45	51.75	9.60	23.80	3.42	22.34	27.23	55.24	67.55		
		S	33	48.68	9.08	22.45	3.84	0.34	0.38	0.63	0.74	32.35	42.15
	BC ₂ F	F	201	46.82	8.06	16.77	0.23	27.56	39.44	91.12	128.01		
	BC ₂ S	S	3	44.50	9.25	19.00	1.33	0.83	1.00	2.42	2.91	47.22	
	BC ₃ S	F	1	40.00	8.10	17.00	1.00	19.00	19.00	59.38	59.38		
S		5	43.30	9.25	18.40	0.20	3.00	9.40	8.33	26.04	76.91		
BC ₄ S	F	17	53.46	9.71	23.38	3.15	23.43	28.29	58.90	70.40			
	S	61	47.19	8.98	22.39	4.31	0.57	0.78	1.54	2.11	54.90	65.76	
BAU3338(1994A)	F	10	50.50	7.95	18.60	2.50	24.70	30.20	76.95	93.69			
BAU3338(1995S)	F	10	44.32	7.54	16.33	0.40	21.11	27.00	74.71	96.11			
BAU92(1995S)	F	10	51.10	7.52	14.00	1.20	21.70	27.80	84.76	109.40			
BAU92(1994A)	F	10	55.60	8.10	17.50	2.30	27.40	35.50	90.79	119.83			

①F 正常可育; S 雄性不育

2.3 链霉素诱变小麦雄性不育突变体的育性特征

BAU92 诱变雄性不育突变体雄性不育株护颖开张角度大,败育彻底,雄蕊比正常可育株稍瘦小,浅黄色,不开裂,花粉败育时期较晚,部分花粉有内含物,碘和碘化钾可染色,在败

育时期上染败的比率稍高于圆败,只有 93-42S 败育时期较早,以圆败为主(表 3)。雌蕊外观正常,回交结实正常。

BAU3338 雄性不育株回交和自交后代分离出的雄性不育株护颖开张角度较小,雄蕊比正常可育株稍瘦小,黄色,部分可开裂并散粉。部分花粉有内含物,碘和碘化钾可染色,在败育时期上以圆败为主,并有少量深染花粉,有较低的自交结实率,一般在 0~5%左右。雌蕊正常,雄性不育株回交结实正常。

表 3 链霉素诱变雄性不育突变体花粉败育表现

突变体	世代	育性	观察花粉粒数	%			
				典败	圆败	染败	正常
93-46S	B ₂ F ₂	F	1 033	0	6.20	4.45	89.35
		S	3 110	0	35.69	64.18	0.13
	B ₂ F ₃	F	416	0	5.29	11.54	83.17
		S	470	0	41.91	58.09	0
93-28S	B ₂ F ₃	F	335	0	0	21.19	78.81
		S	540	0	41.11	58.89	0
93-42S	B ₂ F ₃	F	1 181	0	3.61	10.01	86.38
		S	376	0	93.62	6.38	0
94-12S	B ₁ F ₂	F	1 352	0	10.56	7.49	81.95
		S	2 657	0	45.31	54.69	0.30
BAU92		F	681	0	3.08	6.02	90.90
93-63S	BC ₄	F	386	0	5.12	24.15	70.73
		S	309	0	83.03	11.85	5.12

3 讨论

普通小麦由于其异源六倍体特性,自发突变产生的雄性不育较少。自发或诱变产生的隐性细胞核基因雄性不育突变曾有一些报道^[8~12]。我们 1993 和 1994 两年用链霉素均在 BAU92 中诱变出了稳定遗传的隐性细胞核基因雄性不育突变,雄性不育株败育彻底,雌蕊正常,经连续三次回交和自交后,育性分离株系中的雄性不育株和雄性可育株除育性特征外其他农艺性状均无明显差异。遗传分析表明其不育性受一对隐性细胞核基因控制。

Kleijer 报道一 4A 染色体缺失造成的雄性不育突变^[13],Driscoll 发现“Cornerstone”雄性不育突变的后代中雄性不育株比率偏低,推测可能与配子竞争有关^[9]。链霉素诱变 BAU92 雄性不育突变体中也观察到一些染色体异常行为(结果未列)。如果雄性不育突变涉及到染色体的结构变异,含有雄性不育基因染色体的配子在授精过程中由于缺乏竞争力,可能会导致在后代分离中雄性不育植株比例的下降,偏离正常的分离比率。

小麦中自发或诱变产生的显性雄性不育突变较少^[11,14]。我国在 1972 年发现太谷显性核不育材料^[14],其不育属于无花粉型,雄蕊败育时期较早,花药瘦小、干瘪、不开裂,败育彻底。雄性不育株自然授粉、与可育株杂交后代均分离出一半的雄性不育株和可育株^[14]。用链

霉素诱变冬小麦 BAU3338 获得的雄性不育突变株 93-3338-63S 经用 BAU3338 连续回交五次后代育性表现表明其雄性不育性受一对显性基因控制,回交后代的雄性不育株和可育株分离比率经卡方检验符合 1:1 的分离。但该突变体明显不同于太谷核不育小麦,雄蕊的败育时期晚于太谷显性核不育小麦,花粉败育时期以圆败为主,并有较高比率的染败花粉,个别花粉可深染,雄性不育株自交常有低的自交结实率(小于 5%)。雄性不育株自交所得种子种植后可分离出 3(雄性不育):1(雄性可育)的比率。这种遗传方式的显性核不育小麦类型国内外尚未见报道,这与胡洪凯在谷子中发现的显性核不育(Ch 型)具有相似的特点^[15]。

用链霉素、丝裂霉素等抗生素在珍珠粟、水稻、向日葵和玉米等作物上均诱导出了雄性不育突变^[2~5]。本试验中,以链霉素作诱变剂在普通小麦品系 BAU92 和 BAU3338 中诱变出了细胞核基因控制的雄性不育突变,并且不同年份间有较好的重现性,这表明链霉素在诱变小麦雄性不育中具有实际应用价值。链霉素诱变获得的雄性不育材料丰富了小麦雄性不育遗传资源。这些新的雄性不育突变为小麦雄性不育的遗传学研究和育种提供了新的材料。对其进一步的细胞学、遗传学和分子生物学研究将对深入了解雄性不育的遗传机制发挥积极的作用。

参 考 文 献

- 1 Kual M L H. Male sterility in higher plants. Springer-Verlag, 1988
- 2 Burton G W, Hanna W W. Stable cytoplasmic male-sterile mutants induced in Tift 23DB1 pearl millet with mitomycin and streptomycin. *Crop Sci*, 1982, 22:651~652
- 3 Hu Jinguo, Rutger J N. A streptomycin induced no-pollen male sterile mutant in rice (*Oryza sativa* L.). *J Genet & Breed*, 1991, 45:349~352
- 4 Jan C C. Inheritance and allelism of mitomycin C and streptomycin-induced recessive genes for male sterility in cultivated sunflower. *Crop Sci*, 1992, 32:317~320
- 5 Petrov D F, Fokina E S, Zhelagnova N B. Method of producing cytoplasmic male sterility in maize. U.S. Pat, 1971, 3594152, Date issued 20 July
- 6 刘志勇,孙其信. 链霉素等抗生素诱变小麦雄性不育研究. *北京农业科学*, 1995, 13(6):6~9
- 7 孙其信,黄铁城. 链霉素诱导的小麦细胞质雄性不育性. *北京农业大学学报*, 1994, 20(1):52
- 8 Briggie L W. A recessive gene for male sterility in hexaploid wheat. *Crop Sci*, 1970, 10:693~696
- 9 Driscoll C J. Registration of Cornerstone male-sterility wheat germplasm. *Crop Sci*, 1977, 17:190
- 10 Fossati A, Ingold M. A male sterile mutant in *Triticum aestivum*. *Wheat Inf Ser*, 1970, 30:8~10
- 11 Franckowiak J D, Maan S S, Williams N D. A proposal for hybrid wheat utilizing *Aegilops squarrosa* L. cytoplasm. *Crop Sci*, 1976, 16:725~728
- 12 Sasakuma T, Maan S S, Williams N D. EMS-induced male-sterile mutants in euplasmic and alloplasmic common wheat. *Crop Sci*, 1978, 18:850~853
- 13 Kleijer G. Genetic and cytogenetic studies with a male sterile mutant of common wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, 1984, 33:107~112
- 14 邓景扬,高忠丽. 小麦显性雄性不育基因的发现和利用. *作物学报*, 1980, 6(2):85~98
- 15 胡洪凯等. 谷子显性雄性不育基因的发现. *作物学报*, 1986, 12(2):73~78