

大豆 RN 不育胞质不育与恢复类型的研究

张井勇, 孙 寰, 赵丽梅, 彭 宝, 张伟龙, 李曙光, 赵晓明

(吉林省农业科学院 大豆研究中心, 吉林 长春 130033)

摘 要:阐述了以 RN 不育细胞质为基础选育的细胞质雄性不育系和恢复系的类型。在大量测交以及预备试验的基础上,选择具有代表性的 9 对不育系和相应的保持系以及 10 个恢复系,进行不育系与所有保持系之间,以及不育系与所有恢复系之间所有可能的杂交。对不育系与恢复系杂交的 F_1 ,依据花粉败育率分为 3 类以表示恢复度,A 类:败育率 0~10%,B 类:败育率 11%~60%,C 类:败育率 61%以上。再依据这 3 类的分布情况和恢复谱,对不育系和恢复系进行分类。结果表明:任何一个保持系均可保持所有不育系,保持不育性的遗传机制较为简单,受隐性单基因控制。不育系分为极易被恢复,易被恢复和不易被恢复 3 类。依据恢复谱和恢复度将恢复系分为:强恢复,恢复和弱恢复 3 类。极易被恢复的不育系和强恢复系是大豆杂交种选育中的珍贵育种材料。由于育性的恢复比较复杂,测交中最好同时用上述 3 类不同类型的不育系做测交母本。

关键词:大豆;RN 不育细胞质;恢保类型

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)04-0559-06

Classification of Male-sterile Lines with RN Sterile Cytoplasm and Their Restorers

ZHANG Jing-yong, SUN Huan, ZHAO Li-mei, PENG Bao, ZHANG Wei-long, LI Shu-guang, ZHAO Xiao-ming

(Soybean Research Center of Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin, China)

Abstract:The classification of male-sterile lines with RN sterile cytoplasm and their restorers was described in this paper. Representative genetic stocks including 9 pairs of male-sterile lines and their maintainers and 10 restorers were selected as experimental materials based on comprehensive test crosses and a preliminary experiment. All possible crosses were made between male-sterile lines and their maintainers, as well as their restorers. The F_1 s from crosses between male-sterile lines and their restorers could be divided into three categories of A (0~10%), B (11%~60%) and C ($\geq 61\%$) to indicate the degree of restoration according to the percentage of sterile pollen grains. Taking the distribution of A, B and C and the restoration spectrum as basic consideration the male sterile lines and the restorers were further classified. The result showed that any maintainer could maintain the sterility of all male sterile lines. The genetics of sterility maintenance seems simple: single recessive gene control. Three types of male sterile lines of very easy to be restored, easy to be restored and difficult to be restored were identified. The restorers could also be divided into three types - strong restorers, normal restorers and weak restorers. The male sterile lines that are very easy to be restored and the strong restorers are very valuable in the use of heterosis breeding. It is suggested that all three types of male sterile lines should be included as female testers in test crosses since the sterility restoration is quite complicated.

Key words:Soybean;RN sterile cytoplasm;Types of CMS A-lines and R-lines

应用细胞质雄性不育是作物杂种优势利用中的有效手段,具有经济、便捷、可靠等优点,在水稻、高粱、油菜和向日葵等作物的杂种优势利用上已广为应用。孙寰等^[1-3]在大豆地方品种汝南天鹅蛋中发现了不育细胞质,并实现“三系”配套,育成了杂交种。该不育胞质被命名为 RN 胞质,属配子体不育。张磊等^[6],赵丽梅等^[4],丁德荣等^[5],许占友等^[8],Bai 等^[9],Zhao 等^[10]又相继在我国大豆种质资源中鉴定出中豆 19, XXT, N8855, N21566 和

N23168 等多个不育胞质源,并应用于“三系”和杂交种选育,有的也育成了杂交种。

优良的不育系和恢复系对作物杂交种选育和杂种种子生产至关重要,如水稻优良不育系“珍汕 97A”和恢复系“明恢 63”在杂交稻育种中发挥了突出作用,配制出大量产量高、适应性广的组合,有的组合目前还在生产上应用。优良不育系和恢复系的选育和鉴别有 2 个基本条件,一是已选出大量的不育系和恢复系,并对其恢保特点和类型有充分了

收稿日期:2010-04-30

基金项目:国家高技术研究发展计划资助项目(2009AA101106)。

第一作者简介:张井勇(1979-),男,助理研究员,硕士,研究方向为大豆杂种优势利用。E-mail:zhangjy@cjaas.com。

通讯作者:孙寰,研究员。E-mail:sunh@cjaas.com。

解,二是应用这些材料进行大量组配,从理论和实践上对一般配合力和特殊配合力积累充分的数据。就大豆而言,优良不育系应具有高度不育、高配合力、高异交率的特点,而优良恢复系要具备高度恢复、高配合力和高异交率(指花粉受体不育系异交率高)的特点,即所谓的2个“三高”。大豆杂种优势利用研究起步较晚,尚未育成像水稻“珍汕97A”和“明恢63”那样的优良不育系及恢复系。白羊年等^[11]列出了若干N8855不育胞质的保持源和恢复源,但未做具体分析。在已有不育胞质源中,RN不育细胞质(汝南天鹅蛋)发现最早,选育的“三系”和杂交种也最多,到2008年,已配制了4000多个杂交组合。Sun^[12]对携带RN胞质的不育系以及相应的恢复系进行了概括的定性分析。该文的目的是通过对典型不育系和恢复系恢保关系的研究,从定性和定量2个方面,重点是从恢复与被恢复的角度,对不育系和恢复系进行分类,为选育优良“三系”提供理论和依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

依据大量杂交组合 F_1 花粉育性数据,选取46个不育系和9个恢复系进行预备试验,通过每个保持系与所有不育系杂交和每个恢复系与所有不育系杂交,获得 F_1 花粉不育率数据。在此基础上,再选取有代表性的9对不育系和保持系,10个恢复系,进行2a重复试验。所用材料如下:不育系和保持系为JLCMS8A、B, JLCMS9A、B, JLCMS29A、B, JLCMS31A、B, JLCMS42A、B, JLCMS44A、B, JLCMS82A、B, JLCMS89A、B; JLCMS101A、B;恢复系为JLCMSR1, JLCMSR2, JLCMSR4, JLCMSR12, JLCMSR14, JLCMSR16, JLCMSR32, JLCMSR47, JLCMSR75, JLCMSR92。为表述方便,文中将不育系和保持系简称为8A、8B, 9A、9B, 29A、29B, 31A、31B, 42A、42B, 44A、44B, 82A、82B, 89A、89B, 101A、101B;恢复系简称为R1, R2, R4, R12, R14, R16, R32, R47, R75, R92。

1.2 试验方法

试验于2007~2009年在吉林省公主岭市进行。采取一父多母的方法,进行每个保持系与所有不育系,每个恢复系与所有不育系之间所有可能的杂交。供试材料播种于隔离网室,网室大小为4m×6m×2.25m,9个网室种植不育系和保持系,10个网室种植不育系和恢复系。每个网室种植9个不育系和1个共同的保持系或恢复系父本。母本不育系穴播,穴距40cm,每穴留苗2株;父本条播,行

距60cm,母本行与父本行比例为1:1;不育系随机排列。开花期间逐株检查不育系花粉育性,拔除花粉败育率低于98%的植株,待每个网室内所有不育株检查完育性后,放3次苜蓿切叶峰传粉。秋季收获母本所结种子,下一年在田间种植。

2007~2008连续2a在网室内配制上述组合,2008-2009年在田间分别种植上一年不育系所结 F_1 种子,每个组合1行,盛花期于主茎中部取3朵花,用I2-KI染色,检查花粉育性,如果3朵花育性差异很大,重新取花检查,求3朵花育性平均数。每行至少检查10株,去掉极端值,计算花粉败育率平均值。

1.3 统计分析

1.3.1 恢复程度分类 根据孙寰等^[14]对多个分离群体单株育性分布规律的分析,按 F_1 花粉败育率将育性分为可育:0~10%,不育:95.1%~100%,半不育:10.1%~95%,主要用于遗传研究,同时又将40%~60%列为典型半不育,用于育种实践。赵丽梅等^[13]报道大豆花粉败育率超过70%后,结实率开始下降。参照上述研究结果,主要从育种实践和实际应用角度,关键从不育性是否容易被恢复的角度,对不育系与恢复系杂交后代 F_1 的花粉育性进行分类,用以表示恢复的程度,重点区分恢复与不易恢复。为了在测交时不漏掉恢复资源,又保证恢复的可靠性,易恢复的上限定为花粉败育率60%。将预备试验和2008~2009年育性检查的结果相加,求出3a F_1 花粉败育率的平均值。分类如下:

A类:花粉败育率0~10%,极易恢复。

B类:花粉败育率11%~60%,易恢复。

C类:花粉败育率61%以上,不易恢复。

1.3.2 不育系分类 从是否容易被恢复的角度,将不育系分为3类:

极易被恢复:可被所有恢复系恢复,且多数 F_1 花粉育性表现均为A类。

易被恢复:可被大多数恢复系恢复, F_1 花粉育性表现多数为B类。

不易被恢复:只能被极少数恢复系恢复,绝大多数 F_1 花粉育性表现为C类。

1.3.3 恢复系分类 从恢复谱和恢复度2个方面,将恢复系分为3类:

强恢复:恢复谱广,可恢复所有不育系,且 F_1 花粉育性多数为A类。

恢复:可恢复多数不育系, F_1 花粉育性有A类也有B类。

弱恢复:可恢复多数不育系,但 F_1 中花粉育性C类比例大,其余均为B类。

试验在对恢复系分类时暂不考虑恢复株率。

2 结果与分析

2.1 保持系的保持能力

每个保持系与所有不育系杂交后代 F_1 花粉的败育率见表 1。不育系与其对应的同型保持系杂交,后代完全不育(在表 1 中以加粗字体表示),只有(31A × 31B) F_1 为 99%,其它花粉败育率达 100%,表明供试的 9 个不育系育性十分稳定,纯度高。不育系与非同型保持系杂交时, F_1 花粉败育率在 96% ~ 100% 之间,虽然有些波动,但都达到了不

育标准,而且大多数败育率为 100%。尤其是不育系 89A 与所有保持系杂交, F_1 花粉败育率均为 100%。这一结果说明,不同保持系间保持不育的能力差异不大,保持能力都很强,不育的遗传较为简单,受单个隐性主基因控制,基本不涉及微效多基因。不育性遗传的这一特点,为保持系的鉴别和新不育系的选育提供了有利条件。在测交过程中,如果被测亲本携带保持基因, F_1 一定高度不育,可立即开始回交转育,而且 F_1 败育程度越高,育成稳定不育系的可能性越大。

表 1 不育系与保持系杂交后代 F_1 花粉败育率

Table 1 Percent sterile pollen grains of F_1 s from crosses of male sterile lines × maintainers/%

母 本 Female Parents	父 本 Male Parents								
	101B	42B	82B	44B	29B	9B	8B	89B	31B
101A	100	100	100	100	97	99	99	100	99
42A	100	100	100	98	100	99	96	100	100
82A	100	100	100	100	100	99	99	100	100
44A	100	100	100	100	98	99	100	99	99
29A	100	100	100	100	100	98	100	99	100
9A	100	100	100	100	99	100	100	100	99
8A	100	100	100	98	100	99	100	98	100
89A	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31A	100	100	100	100	100	100	100	99	99

2.2 不育系类型

表 2 列出了 9 个不育系分别与 10 个恢复系杂交时,90 个组合 F_1 花粉败育百分数和所属的类别。横行数据显示每个不育系与 10 个恢复系杂交的 F_1 育性,从 A、B、C 3 类的个数分布来看,除 9A 和 8A 育性表现均为 B 类外,其它不育系之间恢复情况各异,但可明显的分为 3 类。第 1 类包括 101A 和 42A 2 个不育系,主要特点是 F_1 育性表现为 A 类的组合占绝大部分,分别为 8 个和 6 个,为 B 类的组合分别为 2 个和 4 个,没有 C 类。这类不育系可以被所有恢复系恢复,而且恢复度高,将其划为“极易被恢复”。这类不育系在育种上有极高的利用价值,由于能被所有恢复系恢复,而且恢复程度高,不仅扩大了恢复系的利用范围,也可确保杂种一代充分结实,不育系的选育与改良,应以育成更多的这类不育系为目标。第 2 类包括 82A, 44A, 9A, 29A, 8A 5 个不育系,这类不育系也可以被所有恢复系恢复,但 F_1 育性表现多为 B 类,其中 8A, 9A 2 个不育系的 F_1 育性表现全部为 B 类,恢复度低于第 1 类,划为“易被恢复”。在所有不育系中,第 2 类是大多数,也是目前具有 RN 胞质不育系的主要组成部分,已经审定的杂交种,母本都来自这类不育系,也就是说在保持源中,可育成这类不育系的频率很高。第 3 类包括 89A 和 31A 2 个不育系,其特点是不能

被大多数恢复系恢复,在 20 个组合中,17 个组合 F_1 育性表现为 C 类,花粉败育率在 73% ~ 97% 之间,多数达到 80% 以上。这 2 个不育系只能被极少数恢复系恢复,即使能被恢复 F_1 育性表现也全部为 B 类,因此将其划为“不易被恢复”。能在多大程度上恢复这 2 个不育系,是判断恢复系恢复能力的重要标志。第 1 类和第 3 类不育系数量很少,但在育种实践和遗传研究上却有重要的利用价值。

2.3 恢复系类型

表 2 中竖行的数据显示每个恢复系与 9 个不育系分别杂交时 F_1 花粉败育率及其类别。可以看出各恢复系的恢复情况不同,即使和同一个不育系杂交, F_1 育性差异亦很大。按恢复谱及恢复度,恢复系也可分为 3 类。第 1 类可恢复所有不育系,而且恢复度高,R4 在 9 个组合的 F_1 中,有 5 个为 A 类,其余 4 个虽归为 B 类,但花粉败育率很低,尤为突出的是,在 10 个恢复系中,只有 R4 可同时恢复 89A 和 31A 这 2 个难以被恢复的不育系,因此,将 R4 划为“强恢复”。强恢复系对利用“三系”法选育杂交种非常珍贵,由于恢复谱广,扩大了不育系的利用范围,同时恢复度高,可保证杂交种在环境多变的条件下也有可靠的结实率。R4 这一强恢复系,也是优良的育种中间材料,可以用它改良其它恢复系。第 2 类恢复系包括 R1, R2, R12, R14, R16, R32,

表2 不育系与恢复系杂交 F_1 花粉败育率Table 2 Percent sterile pollen grains of F_1 s from crosses of male sterile lines \times restorers/%

母本 Female Parents	父本 Male Parents																		A类 个数 Total of A	B类 个数 Total of B	C类 个数 Total of C			
	R4	R2	R1	R12	R75	R32	R14	R47	R16	R92														
101A	2	A	10	A	6	A	8	A	7	A	5	A	6	A	7	A	15	B	16	B	8	2	0	
42A	7	A	4	A	4	A	21	B	6	A	2	A	11	B	7	A	23	B	33	B	6	4	0	
82A	2	A	14	B	24	B	17	B	16	B	31	B	13	B	22	B	24	B	41	B	1	9	0	
44A	4	A	7	A	16	B	9	A	7	A	20	B	28	B	26	B	25	B	23	B	4	6	0	
29A	8	A	14	B	46	B	31	B	37	B	34	B	28	B	23	B	46	B	61	C	1	8	1	
9A	15	B	28	B	39	B	36	B	26	B	31	B	36	B	37	B	42	B	40	B	0	10	0	
8A	11	B	11	B	33	B	16	B	48	B	30	B	49	B	26	B	45	B	34	B	0	10	0	
89A	18	B	83	C	84	C	88	C	93	C	80	C	75	C	82	C	93	C	97	C	0	1	9	
31A	38	B	73	C	81	C	84	C	92	C	87	C	50	B	74	C	85	C	77	C	0	2	8	
A类个数 Total of A	5		3		2		2		3		2		1		2		0		0		20			
B类个数 Total of B	4		4		5		5		4		5		7		5		7		6		52			
C类个数 Total of C	0		2		2		2		2		2		1		2		2		3		18			

R47, R75;除了很难恢复 89A 和 31A 外,都能恢复其它不育系,而且 F_1 花粉育性表现有 A 类也有 B 类,是恢复系中的大多数,划为“恢复”;这些不育系之间恢复能力也有差别,如 R16,所配组合 F_1 育性表现有 7 个为 B 类,与 89A 杂交 F_1 花粉败育率为 93%;R75 后代 F_1 育性表现虽然有 3 个 A,但与 2 个难恢复的不育系 31A, 89A 杂交, F_1 花粉败育率高达 92%、93%,表明这 2 个恢复系与同组内其它恢复系相比,恢复能力稍差,大量测交的结果也与此相符。第 3 类以 R92 为代表,在 9 个组合的 F_1 育性表现中,有 3 个归为 C 类,其中(89A \times R92) F_1 花粉败育率 3 a 平均高达 97%,达到不育的标准,其它 F_1 育性表现均为 B 类,没有 A 类,在所有恢复系中,恢复谱窄,恢复度低,划为“弱恢复”;这类恢复系虽然恢复能力相对较低,但仍可恢复相当多的不育系,也有利用价值。

恢复系的分类基于恢复度和恢复谱,特别是如何界定恢复度的标准,直接影响分类的科学性和准确性。表 2 中 90 个组合 F_1 花粉败育率显示,有 72 个败育率在 50% 以下,占 80%;17 个败育率在 70% 以上,占 19%;只有 1 个为 61%,仅占 1%。而 F_1 败育率在 50% ~ 70% 区间几乎是空白,显然,杂交组合 F_1 花粉败育率 50% ~ 70% 之间是个过渡区或临界区,将 60% 定为易恢复的上限对育种实践是可靠的。

3 讨论

在大豆细胞质雄性不育体系中,核基因组和细胞质基因组对育性的恢复和保持共同起作用,除受主基因控制外,也可能受其它因素影响,情况非常复杂,并不是简单的恢复或保持的关系,有时表现出数量性状的特征。对大豆 RN 不育细胞质而言,有相当一部分种质资源,既不是恢复系也不是保持系,或在测交 F_1 代中,单株间育性变化很大,没有规律可寻。因此,对不育系和恢复系的分类只具有相对意义,供利用 RN 细胞质的育种家参考。例如,强恢复系 R4 可恢复所有不育系,但在大量测交中,也有个别不育系不能被恢复,极易被恢复的不育系 101A 的多数测交后代高度可育,A 类占 80%,并不代表在大量测交中也是这个比例,只是代表极易恢复的组合所占比例高于其它类型不育系。另外,试验中 3 类不育系和 3 类恢复系的取材,主要是按典型性而不是按比例取样的,也就是在大量测交和预备试验中具有代表性的材料,因此,各类材料在试验中的比例,并不代表在种质资源和“三系”中的比例。

RN 不育胞质属于单基因配子体不育^[2],恢复系与不育系杂交 F_1 应为半不育。在试验中,共有 90 个组合,其中 52 个组合的 F_1 归为 B 类,约占 58%,而且所有 10 个恢复系的测交后代中,都有 B 类出

现,表明大部分组合 F_1 属于半不育。但有 20 个组合 F_1 后代高度可育,花粉败育率在 0~10% 之间,具有孢子体不育的特点,似乎与配子体不育的结论相悖。原因之一可能是环境影响的结果。细胞质雄性不育系本身以及与恢复系杂交的 F_1 代,育性受环境影响,在各作物中是普遍现象。Kaul^[15] 指出,对环境敏感的不育系数远远高于对环境不敏感的不育系,对环境变化的反应因基因型不同而异。在质核互作不育中,敏感类型是不敏感类型的 3 倍。配子体不育发生的时间较晚,配子体不育比孢子体不育稳定性更差。在吉林省 3 个生态条件截然不同的地点所做的试验表明(未发表),其 F_1 和 F_2 分离群体育性表现在不同地点完全不同,总的趋势是低温多雨花粉不育率降低,高温干旱花粉不育率提高,表明环境确实对育性有很大影响。在同一地点连续进行的 3 a 试验中,年际间 F_1 育性也不同,不少组合育性差异达到了显著程度,也反映出环境因素对育性的影响。另一个原因可能是微效多基因作用的结果。像玉米细胞质不育一样,这些基因多数为显性,在恢复主基因存在的情况下,可增强恢复的程度。它们可能存在于恢复系中,也可能存在于不育系中。如强恢复系 R4 和极易被恢复的不育系 101A 可能携带全部或大部微效恢复基因。不育系 31A 和 89A 很难被恢复,可能的解释是核基因组中存在恢复抑制基因,致使育性恢复受阻。其它大豆不育胞质源,如 N8855 和 ZD(中豆 19),与某些保持系杂交时,也出现过 F_1 高度不育的现象^[7,16]。不育胞质源的基因型为 S(RfRf),保持系的基因型为 N(rfrf),杂种 F_1 的基因型为 S(RfRf),这和试验中不育系与恢复系杂交 F_1 的基因型 S(RfRf)完全相同。张磊等认为这是存在“修饰抑制基因”所致,这些假设可在一定程度上解释上述遗传现象,但需要进一步加以证实。

按被恢复的程度,将不育系和恢复系各分为 3 类,对“三系”选育具有重要意义。显然,育成更多的 101A 这样极易被恢复的不育系,可极大扩展恢复系的选育和应用空间。同样,拥有大量像 R4 这样的强恢复系,也可提高不育系的利用效率,即使那些难以被恢复的不育系,也可被恢复。尤为重要的是,对测交时选择母本不育系也有指导意义。对重点寻找保持系而言,理论上用任何一类不育系做测交母本均可,而对选育恢复系而言,仅用一类不育系做测交母本,有可能造成选择的偏差,无法判

断恢复系的恢复能力,或丢失宝贵的恢复源。比如以极易被恢复的不育系做测验种,优点是不易漏掉恢复源,包括弱恢复系,但很难确定强恢复系。如果以不易被恢复的不育系做母本,优点是可以筛选出强恢复系,但可能漏掉大量其它类型的恢复系,有时由于 F_1 败育率很高,接近或达到不育的标准,误认为被测亲本为保持系,但回交过程中败育率逐渐降低,育不成不育系,实际上被测材料是恢复系。最理想的测交方式,是同时以 3 种类型的不育系做测验种,虽然工作量大,但通过一次测交,可得到全面、准确的遗传信息。当然,测验种的选择,除了考虑遗传因素外,还与人力物力条件,开展杂优育种的阶段和育种目标有关,需依具体情况而定。

不育系和恢复系类型的多样性,增加了育性遗传研究的难度,选取不同的材料和组合可能得出不同的结论。

参考文献

- [1] 孙寰,赵丽梅,黄梅. 大豆质-核互作不育系研究[J]. 科学通报,1993,38(16):1535-1536. (Sun H, Zhao L M, Huang M. Studies on cytoplasmic-nuclear male sterile soybean [J]. Chinese Science Bulletin, 1993,38(16):1535-1536.)
- [2] 孙寰,赵丽梅,黄梅. 质核互作雄性不育大豆及生产大豆杂交种的方法:中国, ZL97 1 12173.7[P]. 2000. (Sun H, Zhao L M, Huang M. Cytoplasmic-genetic male sterile soybean and method for producing hybrid soybean: China, ZL97 1 12173.7 [P]. 2000.)
- [3] 孙寰,赵丽梅,王曙明,等. 大豆杂种优势研究进展[J]. 中国油料作物学报,2003,25(1):92-96,100. (Sun H, Zhao L M, Wang S M, et al. Review of soybean heterosis utilization [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003,25(1):92-96,100.)
- [4] 赵丽梅,孙寰,黄梅. 大豆细胞质雄性不育系 ZA 的选育和初步研究[J]. 大豆科学,1998,17(3):268-270. (Zhao L M, Sun H, Huang M. The development and preliminary study cytoplasmic male sterile soybean line ZA [J]. Soybean Science, 1998, 17(3):268-270.)
- [5] 丁德荣,盖钧镒,崔章林,等. 大豆质核互作雄性不育系 NJCMS1A 及其保持系 NJCMS1B 的选育与验证[J]. 科学通报,1998,43(17):1901-1902. (Ding D R, Gai J Y, Cui Z L, et al. Development and verification of soybean cytoplasmic-nuclear male-sterile line NJCMS1A and NJCMS1B [J]. Chinese Science Bulletin, 1998,43(17):1901-1902.)
- [6] 张磊,戴欧和. 大豆质核互作不育系 W931A 的选育研究[J]. 中国农业科学,1997,30(6):90-91. (Zhang L, Dai O H, Selection and breeding of nucleo- cytoplasmic male sterile line W931A in Soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1997,30(6):90-91.)
- [7] 张磊,戴欧和,黄志平,等. 大豆质核互作 M 型雄性不育系的

- 选育及其育性表现[J]. 中国农业科学, 1999, 32(4): 34-38. (Zhang L, Dai O H, Huang Z P, et al. Selection of soybean male sterile line of nucleo-cytoplasmic interaction and its fertility[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1999, 32(4): 34-38.)
- [8] 许占友, 李磊, 邱丽娟, 等. 大豆三系的选育及恢复基因的 SSR 初步定位研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(2): 32-38. (Xu Z Y, Li L, Qiu L J, et al. Selection of three lines and localization of the restorer genes in soybean using SSR markers[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1999, 32(2): 32-38.)
- [9] Bai Y N, Gai J Y. Development of a new cytoplasmic-nuclear male-sterile line of soybean and inheritance of its male-sterile restoration[J]. Plant Breeding, 2006, 125: 85-88.
- [10] Zhao T J, Gai J Y. Discovery of new male-sterile cytoplasm sources and development of a new cytoplasmic-nuclear male-sterile line NJCMS3A in soybean[J]. Eupytica, 2006, 152: 387-396.
- [11] 白羊年, 盖钧镒. 大豆质核互作雄性不育系 NJCMS1A 恢复源与保持源的鉴定[J]. 大豆科学, 2003, 22(3): 161-165. (Bai Y N, Gai J Y. Identification of roestorers and maintainers of the cytoplasmic-nuclear male-sterile line NJCMS1A of soybean[J]. Soybean Science, 2003, 22(3): 161-165.)
- [12] Sun H. A new approach of soybean improvement: hybrid soybean [C]. Proceedings of World Soybean Research Conference VIII, Plenary session, 2009.
- [13] 赵丽梅, 孙寰, 黄梅, 等. 大豆结实率与花粉败育率之间的关系[J]. 大豆科学, 2004, 23(4): 249-252. (Zhao L M, Sun H, Huang M, et al. The relationship between seed setting rate and pollen sterility rate for soybean[J]. Soybean Science, 2004, 23(4): 249-252.)
- [14] 孙寰, 赵丽梅, 王曙明, 等. 大豆花粉育性分类标准的研究[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 339-343. (Sun H, Zhao L M, Wang S M, et al. Criterion on classification of pollen fertility in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(4): 339-343.)
- [15] Kaul M L H. Male sterility in higher plant, in monographs on theoretical and applied genetics[M]. Springer Verlag, Berlin, Germany, 1988.
- [16] Gai J Y, Cui Z L, Ji D F, et al. A report on the nuclear cytoplasmic male sterility from a cross between two soybean cultivars[J]. Soybean Genetic Newsletters, 1995, 22: 55-58.

科学出版社生物分社新书推介

《旱作农田根域集水种植技术研究》

贾志宽 等著

978-7-03-027113-6 ¥ 58.00 2010年4月出版

该书是依托省、部及国家科技项目,在作物根域集水种植技术多年研究工作的基础上,对研究工作进行的系统性和阶段性总结,主要内容反映了作者近十五年旱作农业研究中独具特色的部分。内容包括:国内外根域集水种植研究进展、根域集水种植的农田水温状况、根域集水种植对作物光合生理生态特性的影响、根域集水种植对作物生长发育的影响、根域集水种植对土壤速效养分及利用效率的影响、根域集水种植农田的水分调控、根域集水种植带型的优化设计、半干旱偏旱区主要作物根域集水种植技术研究、半湿润偏旱区主要作物根域集水种植技术研究、半干旱区主要作物根域集水种植技术研究等方面。该书可为从事旱地农业研究、节水农业技术研发、农业资源高效利用方面的研究人员提供参考。

购书联系人:科学出版社科学销售中心 周文宇

电话:010-64031535

email:zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购:www.dangdang.com www.amazon.cn

联系科学出版社:

010-64012501

www.lifescience.com.cn

email:lifescience@mail.sciencep.com

更多精彩图书请登陆网站,欢迎致电索要书目

