

转反义 *Wx* 基因糯稻的显性遗传及对 稻米粒重的效应分析

刘巧泉¹, 王兴稳¹, 陈秀花², 王宗阳³, 汤述翥², 洪孟民³, 顾铭洪^{1,2}

(¹ 扬州大学生物科学与技术学院; ² 扬州大学农学院, 扬州 225009; ³ 中国科学院上海植物生理生态研究所, 上海 200032)

摘要: 利用直链淀粉含量下降至 2% 左右的 3 个转反义 *Wx* 基因糯稻为研究材料, 较为系统地分析了转基因糯稻的遗传及其直链淀粉含量下降后对于稻米粒重的影响。结果表明由转基因技术获得的糯性性状与其它转基因性状一样, 表现为显性遗传, 这与一般的糯性变异不同。导入反义 *Wx* 基因使直链淀粉含量从 17% 下降至糯稻水平时, 其稻米粒重相应降低 6%~8%, 且下降幅度与直链淀粉含量的下降幅度呈显著正相关。小区试验结果表明, 由此获得的转基因糯稻仍具有原受体亲本的高产潜力, 利用转基因技术培育既高产又优质的水稻品种, 尤其是高产糯稻新品种是切实可行的。

关键词: 水稻; 糯稻; 转基因植物; 反义蜡质基因; 显性遗传; 粒重

Effect of Dominant Waxy Character on Kernel Weight of Transgenic Rice with Antisense *Wx* Gene

LIU Qiaoquan¹, WANG Xingwen¹, CHEN Xiuhua², WANG Zongyang³,
TANG Shuzhu², HONG Mengmin³, GU Minghong^{1,2}

(¹ College of Bioscience and Biotechnology; ² Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009;

³ Shanghai Institute of Plant Physiology and Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032)

Abstract: The amylose content in rice endosperm is related to both rice quality and yielding. In previous study, some transgenic rice plants with the antisense *Waxy* (*Wx*) gene and very low amylose content, which was similar to the level of the waxy (glutinous) mutant, had been delivered. Genetic analysis of our experiments showed that this waxy character was dominant, which differed from the recessive of the natural *waxy* mutant. The effect of this dominant waxy character on kernel weight of transgenic rice was carefully investigated. It is found that the weight of waxy kernels is lighter than non-waxy ones in all the three transgenic lines, in which the amylose content has been reduced from 17% to 2.6%, 1.9% and 0.6%. The relative difference of weight between waxy and non-waxy kernels is 6%~8%, which is significantly correlated to the degree of reduction in amylose content, and this difference was relatively stable in successive generations. The results of field testing showed that the level of reduction of yielding was less than that of the kernel weight, the high yielding potential of original variety could be kept in these transgenic waxy rice lines. These results show that it is an effective way to breeding high-yielding waxy rice varieties by transgenic approach.

Key words: Rice; Waxy (*glutinous*) rice; Transgenic plant; Antisense *Wx* gene; Dominant inheritance; Kernel weight

淀粉是稻米胚乳中的淀粉组织是胚乳的主体, 其重量约占糙米干重的 90%, 因此, 其含量及组成

收稿日期: 2001-07-19

基金项目: 国家科学技术部转基因植物研究与产业化专项 (J99-A-005) 江苏省科技厅资助项目

作者简介: 刘巧泉 (1973-), 男, 江苏苏州人, 讲师, 博士, 主要从事水稻基因工程与稻米品质改良研究。E-mail: qliu73@hotmail.com。顾铭洪为通讯联系人, Tel: 0514-7979304; E-mail: gumh@yzu.edu.cn

是评价稻米食用品质的一个重要指标,同时也直接影响水稻的产量。稻米胚乳中的淀粉主要地分为直链淀粉和支链淀粉两种,其中由水稻蜡质(*waxy*, *Wx*)基因编码的“结合于淀粉粒上的淀粉合成酶(*granule-bound starch synthetase*, *GBSS*)”催化直链淀粉的合成。不同水稻类型或品种中蜡质基因的表达水平有所不同,因而其胚乳中的直链淀粉含量也不同^[1],糯稻品种一般在2%以下,非糯品种为7%~33%^[2]。稻米直链淀粉含量偏高,往往使米饭的粘性、柔软性和光泽度变差,影响米饭的质地和适口性,所以,人们偏爱食用中低直链淀粉含量品种的稻米。通过传统育种方法育成的或自然界中的糯性突变均为隐性遗传^[3]。糯稻品种的产量一般低于非糯稻(粘稻)品种^[4]。Takeida 等人曾经系统地研究过糯性基因对谷粒性状的影响,发现糯稻籽粒往往比非糯籽粒轻^[5,6]。稻米粒重是产量构成的基本因素,直链淀粉含量下降是否对粒重产生负面效应,这种效应有多大?这些问题的解决对于全面认识水稻高产优质育种,尤其是糯稻高产育种的潜力具有重要意义。在前期研究中,我们通过农杆菌介导的水稻高效转化系统^[7],将反义 *Wx* 基因导入我国的多个高产水稻品种中^[8,9],获得了大量直链淀粉含量有不同程度下降的转基因植株,从中已选育了多个

直链淀粉含量在2%左右的新型转基因糯稻新品系,并证明可稳定遗传。这些转基因水稻对改良我国高产水稻品种,尤其是籼型杂交稻米的品质具有重要的实用价值,同时也为研究直链淀粉含量的遗传及其与稻米品质的关系提供了良好的试验材料。本研究以我们获得的转反义 *Wx* 基因糯稻为研究材料,分析了这种新型糯稻的遗传及其直链淀粉含量下降对稻米粒重的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试水稻材料为高产粳稻品种武运粳7号及其来源的转反义 *Wx* 基因水稻 $T_0 \sim T_6$ 代植株或品系^[3]。武运粳7号成熟种子的直链淀粉含量为17%,3个转反义 *Wx* 基因水稻新品系 RW4-6、RW5-1和RW6-1的直链淀粉含量分别为2.6%、1.9%和0.6%(表1),它们均含有单拷贝的反义 *Wx* 基因^[8]。为调查转基因糯稻的遗传表现,以RW6-1纯合植株(T_2 代)与其受体亲本武运粳7号杂交配制正反杂交组合。供试水稻材料按常规栽培方法于每年(1998~2000年)正季种植于扬州大学网室或试验农场大田。

表1 转反义 *Wx* 基因水稻 T_0 代与 T_1 代植株上糯与非糯种子的分离比

Table 1 The segregation of waxy and non-waxy kernels in T_0 and T_1 transgenic rice plants with antisense *Wx* gene

转基因株系 Transgenic lines	直链淀粉含量 ¹⁾ Amylose content (%)	糯与非糯籽粒分离比 Segregation ratio of waxy and non-waxy kernels		理论分离比 ²⁾ Theoretic segregation ratio
		T_0 代 T_0 generation	T_1 代杂合 T_1 generation (Heterozygous)	
		RW4-6	2.6	
RW5-1	1.9	19:7	175:66	3:1*
RW6-1	0.6	56:18	365:128	3:1*

¹⁾ 糯性籽粒中的直链淀粉含量 Indicated the amylose content in waxy kernels

²⁾ 统计测验, $\alpha = 0.05$ Statistic examination, $\alpha = 0.05$

1.2 转基因糯稻的遗传及粒重分析

从转基因 T_0 、 T_1 、 T_2 代和杂种 F_1 代植株上分别收取充分成熟的 T_1 、 T_2 、 T_3 和 F_2 种子,晒干后碾去谷壳,剔除少数青米和瘪粒,根据糙米外观表现型(透明质或蜡质)将非糯与糯米分开,计算分离比,并在电子天平(0.001g)上分别称重。以单粒平均重量(mg)进行分析。

1.3 转基因糯稻的产量潜力分析

经农业部农业生物基因工程安全评价,同意对

转反义 *Wx* 基因水稻进行中间试验(农基安审字99A-01-54)后,选用3个 T_4 或 T_6 代转基因糯稻新品系及其未转化对照亲本,按随机区组设计,3次重复,于1999年和2000年分别在扬州大学试验农场进行田间小区试验,每小区面积为10m²。在水稻成熟后,调查主要产量性状,并测产。

2 结果与分析

2.1 转反义 *Wx* 基因糯性的遗传

在前期研究中,曾在多个粳稻品种中获得了大量的转反义 Wx 基因水稻植株,其中部分植株成熟种子中的直链淀粉含量已下降至极低的水平,在糙米外观上表现为蜡质。为进一步研究它们的遗传及产量潜力,本研究选用了 3 个插入有单拷贝反义 Wx 基因的 T_0 代植株 RW4-6、RW5-1 和 RW6-1 作为研究对象。在 T_0 代再生植株上分别收获了 43、26 和 74 粒成熟种子,去壳后可见多数糙米呈蜡质状,表 1 列出了这 3 个转基因糯稻材料成熟种子间的糯性分离比。3 个 T_0 代植株上的成熟种子间糯与非糯籽粒均呈 3:1 的孟德尔分离比,进一步检测 T_1 代植株上收获的种子,结果表明,凡是由糯性种

子(T_1)长成的植株上收获的种子表现为纯合糯性或糯与非糯分离(分离比符合 3:1,见表 1),而非糯种子长成的 T_1 代植株上所结的种子都为非糯。同时,将 RW6-1 来源的 T_2 代纯合植株(纯糯)与未转化原品种武运粳 7 号(非糯)进行正反交, F_1 杂种都呈蜡质状,其 F_1 杂种上所结的种子同样呈现 3:1 的糯与非糯分离比(表 2)。由上述结果可见,经转反义 Wx 基因后获得的新型转基因糯稻在遗传上表现为显性,且呈简单的孟德尔分离方式,这与其它由转基因技术获得的性状的遗传方式相一致,而与自然突变或人工诱变获得的糯性对于非糯表现为隐性遗传正好相反。

表 2 转基因糯稻 RW6-1 与原受体亲本正反交 F_1 植株上糯与非糯的分离比及其粒重差异

Table 2 The segregation and weight difference of waxy and non-waxy kernels in F_1 plants if reciprocal crosses between transgenic waxy rice RW6-1 and Wuyunjing 7

杂交组合 Crosses	糯与非糯分离比 Segregation ratio of waxy and non-waxy kernels	理论比率 Theoretic segregation ratio	粒重的相对差异 ¹⁾ Relative difference of kernel weight(%)
RW6-1/武运粳 7 号 RW6-1/Wuyunjing 7	469:161	3:1*	7.49
武运粳 7 号/RW6-1 Wuyunjing 7/RW6-1	205:66	3:1*	7.85

¹⁾ 相对差异 = [(非糯 - 糯) / 非糯] × 100%。下同 Relative difference = [(nonwaxy - waxy) / nonwaxy] × 100% . The same as below

2.2 显性糯性位点对稻米粒重的效应

为比较糯与非糯种子间的粒重差异,采用两种策略进行分析。一是利用生长在同一杂合植株,如 T_1 代和 F_1 杂合植株上的糯与非糯糙米进行比较。二是用纯合的糯和非糯植株或品系进行比较。表 3 为 3 个转基因样品 T_1 代植株上糯与非糯糙米平均粒重的差异。从表 3 分析,无论杂合植株,还是纯合植株上的糯性糙米的粒重都较非糯糙米稍轻,平均相差 1.3 ~ 1.8 mg,按百分比计算平均下降 6% ~ 8%。 T_1 杂合植株上这两类糙米都是生长在同一母体上的 T_2 代(胚与胚乳),外部发育环境并无不同。因此,若无特殊情况(如反义 Wx 基因正好插入与粒重相关的基因位点上而造成该基因突变使粒重下降),两者平均粒重的差异只能是由于直链淀粉含量的下降引起。另外,含有反义 Wx 基因的纯合糯性植株与不含反义 Wx 基因的非糯植株来源于同一受体品种,相当于一个近等基因系,其平均粒重的差异也可直接反映直链淀粉含量下降对粒重的影响程度。由此可见,非糯稻米胚乳中直链淀粉含量下降至糯性水平时,对粒重有一定的负效应,这一效应与

自然界隐性糯性位点对稻米粒重的效应相一致^[11-13]。

表 4 为 3 个转基因材料在不同世代杂合植株上糯与非糯糙米间的粒重差异,可见这种粒重下降的趋势并不因世代变化而改变。同时,又将 RW6-1 纯合的 T_2 代糯性植株再与原未转化受体品种武运粳 7 号(非糯)进行正反交,其 F_1 杂种上的糯与非糯糙米的粒重差异(表 2)与转基因 T_1 至 T_3 代杂合植株上的也相似。由此说明,以上转基因水稻中直链淀粉含量下降后对于粒重的作用大小是相对稳定的。

从表 3 还可看出,转基因水稻种子粒重下降的幅度与其直链淀粉含量下降的幅度呈正相关,未转化对照品种的直链淀粉含量为 17%左右,转反义 Wx 基因后的 RW4-6、RW5-1 和 RW6-1 成熟种子中的直链淀粉含量分别下降 84.9%、88.8% 和 96.5%,而其粒重则分别下降 6.12%、7.06% 和 7.81%,线性相关系数 $r = 0.9685^*$,统计测验达到显著水平。这一结果说明,在一定范围内,遗传背景相同的水稻籽粒重会随其直链淀粉含量的降低而下降。

2.3 转反义 *Wx* 基因糯稻新品系的产量潜力

从上述结果看出,导入反义 *Wx* 基因下调直链淀粉含量后,对稻米籽粒重有负效应。为进一步检测这种效应对大面积生产的影响程度,在经农业部进行农业生物基因工程安全性评价并同意进行田间试验后,又重点对上述 3 个转反义 *Wx* 基因糯稻新

品系的产量潜力进行了分析。试验于 1999 年和 2000 年在扬州大学试验农场进行,3 个转基因糯稻纯合新品系的世代分别为 T_4 和 T_6 代。表 5 列出了 3 个转基因糯稻新品系和未转化对照品种武运粳 7 号在两年试验中的千粒重及其小区实际测产结果。

表 3 转基因糯稻 T_1 植株上糯与非糯粒重的相对差异比较(%)

Table 3 Comparison of relative differences of waxy and non-waxy kernel weight of T_1 generation in transgenic waxy rice lines

转基因株系 Transgenic lines	杂合植株 Heterozygous plants			纯合植株 Homozygous plants		
	植株数 No. of plants	平均粒重差异 Average relative difference (%)	变幅 Range (%)	糯性植株数 No. of waxy plants	非糯植株数 No. of non-waxy plants	粒重差异 Relative difference (%)
R W4-6	20	6.12	4.839.91	12	11	5.19
R W5-1	10	7.06	5.239.56	9	7	6.86
R W6-1	22	7.81	5.569.97	13	11	8.02

表 4 转基因糯稻不同世代杂合植株上糯与非糯粒重的相对差异比较¹⁾(%)

Table 4 Comparison of relative differences of waxy and non-waxy kernel weight of successive generation in transgenic waxy rice lines

转基因株系 Transgenic lines	杂合植株世代 Generation of heterozygous plants		
	T_1	T_2	T_3
R W4-6	6.12	6.11	6.22
R W5-1	7.06	6.58	6.85
R W6-1	7.81	7.34	7.49

表 5 转反义 *Wx* 基因纯合糯稻新品系小区试验的产量分析(1999~2000 年)¹⁾

Table 5 Analysis of the yielding of transgenic waxy rice lines in fielding-testing (1999~2000)

转基因品系 Transgenic lines	1999 年 T_4 代 Year 1999 T_4 generation				2000 年 T_6 代 Year 2000 T_6 generation			
	粒重 Kernel weight		实际产量 Yielding		粒重 Kernel weight		实际产量 Yielding	
	g/千粒 g/1000 kernels	与对照比较 Comparison with wild type	kg/666.7 m ²	与对照比较 Comparison with wild type	g/千粒 g/1000 kernels	与对照比较 Comparison with wild type	kg/666.7 m ²	与对照比较 Comparison with wild type
R W4-6	21.96	- 8.92*	595.12	+ 3.39**	21.55	- 9.83*	536.78	- 3.10**
R W5-1	23.83	- 1.16	578.44	+ 0.14	23.37	- 2.22*	512.03	- 7.58**
R W6-1	22.31	- 7.47*	602.39	+ 4.66**	21.99	- 7.99*	521.42	- 5.88**
对照 Wild type	24.11	0	575.59	0	23.90	0	554.01	0

¹⁾ 所有数据均为 3 小区平均值 All of the data were the mean of three repeats

3 个转基因糯稻新品系除在千粒重上有所下降外,其余主要农艺性状如抽穗期、株高、穗部结构等均没有显著改变(结果未列),仍保持原有品种基本特征。在籽粒重上,3 个转基因糯稻新品系在小区试验中均有不同程度的下降,其中 R W6-1 和 R W4-6 的千粒重显著低于原受体亲本,这与前述单株分析结果一致,说明直链淀粉含量下降对粒重的负效应是稳定的。粒重是产量构成的一个重要因素,粒

重下降是否影响实际产量?从两年的小区试验分析,1999 年,3 个转基因糯稻产量均比原品种稍高,其中 R W6-1 和 R W4-6 与对照相比差异极显著;2000 年,3 个转基因水稻新品系的产量较原品种有所下降,但 R W6-1 和 R W4-6 的小区产量下降幅度比千粒重的下降幅度低。由此推断,用转基因技术下调水稻品种的直链淀粉含量,对籽粒重有一定的负效应,但对实际产量的影响幅度不大。由于本

研究所述的原品种武运粳 7 号是一个产量水平很高的推广品种,由它所培育的转基因新型糯稻仍可维持高产水平,对高产糯稻育种显然是有价值的。

3 讨论

综合分析,由转基因技术导入水稻自身的反义 *Wx* 基因后获得的低直链淀粉含量或糯性性状表现为典型的显性遗传,符合孟德尔遗传规律,与转基因植株中外源基因的遗传方式相一致。但这种新型的糯性基因的遗传却与自然或人为的糯性(蜡质)完全相反,由转基因制造的这款变异无疑丰富了糯稻及低直链淀粉含量水稻的种质资源。研究者还同时发现,由转基因技术将原受体品种直链淀粉含量从 17%(非糯性)下调到 2%左右(糯性)时,其粒重一般下降 6%~8%。这一结果在不同测定方法、不同世代以及不同转基因材料间是一致的。这一现象与自然或人为的隐性糯性突变对于粒重的效应相一致^[10~12],再次证实了糯性位点对稻米粒重确实具有负效应。顾兴友等曾经分别检查了来自籼稻和粳稻的 775 个和 207 个 F_2 杂合单株,结果都未发现有糯米粒重等于或大于非糯米粒重的重组个体^[10,13]。本研究所用的 3 个转基因材料中,杂合植株上的糯与非糯种子以及纯合糯性植株与非糯植株间,除反义 *Wx* 基因插入位点可能不同外(有或没有),其它遗传背景完全一致(包括内源的 *Wx* 基因位点)。由此推断,这种粒重下降只能是由于直链淀粉含量降低引起的,而且这种负效应不受环境、品种或亚种(遗传背景)、显隐性等影响而改变。

水稻种子胚乳中淀粉约占 90%,而直链淀粉是其主要组成成分之一。胚乳中直链淀粉合成减少或关闭,必然会影响淀粉粒在胚乳中的积累过程,从而影响胚乳本身的重量。糯性胚乳呈不透明状(opaque)。显微观察发现,其淀粉粒与非糯籽粒一样,也为复合型结构,但在腹侧部的排列不如非糯淀粉粒紧密;扫描电镜图片显示,在糯性淀粉粒的内表面有多微孔结构,而在外表面则有凹洞结构^[14],这种小的空穴可能是引起糯性籽粒较非糯籽粒轻的主要原因。另外,糯性糙米较非糯糙米外形稍小(小 2%左右)^[12],而且密度也比非糯胚乳小^[15]。本研究也发现由转基因技术获得的显性糯稻糙米的外形(长与宽)确实较非糯糙米小,但在谷壳长宽上却没有差异(数据未列)。由此可见,低直链淀粉含量或糯性籽粒相对于高直链淀粉含量或非糯籽粒来讲,在籽粒内部结构上具有明显弱势,这无疑是影响产

量,尤其是糯稻产量进一步提高的关键因素之一。

从糯与非糯籽粒的粒重差异可以预计,在遗传背景及环境条件完全相同的情况下,糯稻品种的产量可能会比非糯品种低 6%~8%。但从本研究对转基因糯稻新品系进行小区试验的产量表现分析,直链淀粉含量下降到糯稻水平后,其实际产量较其原非糯亲本稍有下降(表 5 中 2000 年结果),这种下降幅度并没有达到粒重的下降幅度,这可能与粒重下降后,其它性状的正向弥补有关。由此说明,进一步提高糯稻品种的产量潜力完全可行。在目前的生产实践中,由常规方法育成的糯稻品种的产量往往比非糯品种低 10%以上。因此,将现代分子育种技术运用于常规育种中,以目前高产的非糯品种为目标改良亲本,进一步选育更高产的糯稻新品种是切实可行的,也是非常有效的。另外,从试验结果还发现,稻米粒重的下降幅度与直链淀粉含量的下降程度呈显著正相关,因此,若直链淀粉含量下降幅度不大,则粒重下降的程度也会相应减小。由此推断,用转基因技术适当下调高直链淀粉水稻品种或亲本,尤其是一些重点杂交稻亲本如珍汕 97(A)等中的直链淀粉含量,对产量的影响可能会较小。因此,转反义 *Wx* 基因技术对改良杂交稻稻米品质具有很好的实用价值。

References :

- [1] Wang Z Y, et al. The amylose content in rice endosperm is related to the post-transcriptional regulation of the *waxy* gene. *Plant J.* 1995, 7: 613 - 622.
- [2] Juliano B O. Criteria and test for rice grain quality. In: Juliano B O (ed.). *Rice Chemistry and Technology*. St. Paul, Minn. American Association of Cereal Chemists Inc. 1985: 443 - 513.
- [3] Heu M H, et al. Dosage effect of *wx* allele on the amylose content of rice grain. I. Amylose content of hybrid seeds obtained from isogenic lines for glutinous and base color. *Korean J. Breeding*, 1978, 8: 48 - 54. (in Korean)
- [4] Gu M H. Crossing techniques for breeding waxy rice. *Scientific Farming*, 1978, 7: 13 - 16. (in Chinese)
顾铭洪. 糯稻杂交育种技术. 科学种田, 1978, 7: 13 - 16.
- [5] Takeda K. Grain-filling process in waxy (glutinous) and non-waxy isogenic line of rice. *Japan J. Breed.* 1980, 30(4): 329 - 334.
- [6] Takeda K. Response of grain-filling to ripening conditions in waxy (glutinous) and non-waxy isogenic lines and their F_1 hybrid of rice. *Japan J. Breed.* 1981, 31 (1): 1 - 8.
- [7] Liu Q Q, et al. A highly efficient transformation mediated by *Agrobacterium* in rice. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 1998, 24: 259 - 271. (in Chinese)
刘巧泉,等. 根癌农杆菌介导的水稻高效转化系统的建立. 植物生理学报, 1998, 24(3): 259 - 271.
- [8] Liu Q Q, et al. Transgenic rice of antisense *waxy* gene and its effect on reducing the amylose content in endosperm. In: *Rice Genetics and Breeding in 21 Century*. Beijing: China Agriculture Press, 1999: 206 - 213. (in Chinese)

- 刘巧泉,等.反义 *waxy* 基因导入水稻降低胚乳直链淀粉含量的研究.中国农学会.21世纪水稻遗传育种展望.北京:中国农业出版社,1999:206-213.
- [9] Liu Q Q, et al. Genetic analysis and field testing of elite rice cultivars transformed with the antisense *waxy* gene. In: Rice Genetics IV, 4th International Rice Genetics Symposium. IRRI, Philippines, Oct. 2000.
- [10] Gu X Y, et al. A survey of effect of *wx* locus on kernel weight in rice. Hybrid Rice, 1995, 6: 31-32, 39. (in Chinese)
顾兴友,等.糯性位点对稻米粒重的效应分析.杂交水稻, 1995, 6: 31-32, 39.
- [11] Xu Y B, et al. Effect of *waxy* gene on yielding characters in rice. Acta Crop Sinica, 1989, 15(3): 237-241. (in Chinese)
- 徐云碧,等.水稻蜡质基因对产量构成性状的影响.作物学报, 1989, 15(3): 237-241.
- [12] Takeda K, et al. Influence of *waxy* character on grain size. Japan J. Breed. 1975, 25 (2): 87-92.
- [13] Takeda K, et al. Difference between the size of waxy and non-waxy dernal in the F₁ rice plant. Japan J. Breed. 1978, 28 (3): 225-233.
- [14] Evers A D, et al. Verietal differences in surface ultrastructure of endosperm cells and starch granules in rice. Staerke, 1976, 28: 160-166.
- [15] Bhattacharya, et al. Some properties of paddy and rice and their interrelations. Sciences and Foods of Agriculture, 1972, 23: 171-186.

《小麦遗传学》征订启示

由著名小麦遗传育种学家、中国科学院院士庄巧生和李振声先生作序,张正斌博士、研究员经过十余年努力,编著的《小麦遗传学》,已由中国农业出版社于2001年9月出版。该书90多万字,16开,近600页,定价100元。欢迎单位和个人购买。

该书共20章。前7章为总论,主要介绍了小麦遗传基础理论,分别是:1.小麦(染色体组和细胞质)的起源与进化;2.小麦染色体遗传;3.小麦染色体遗传育种工程;4.小麦染色体遗传分析;5.小麦的基因定位;6.小麦遗传变异的检测;7.小麦的基因和基因组。后13章是各论,针对小麦遗传育种的各个重要研究方向,系统地从事性状数量遗传到染色体基因定位,以及分子遗传和基因工程方面介绍了国内外研究成果,分别是:8.小麦农艺性状的遗传;9.小麦矮秆遗传;10.小麦抗病性遗传;11.小麦抗逆性遗传;12.小麦品质遗传;13.小麦阶段发育和早熟性遗传;14.小麦营养遗传;15.小麦生理遗传;16.小麦细胞质遗传;17.小麦雄性不育遗传;18.小麦无融合生殖遗传;19.小麦远缘杂交遗传;20.小麦分子遗传。特别是该书在附录部分介绍了到2000年底以前的所有基因定位汇总目录,可以让读者全面了解小麦遗传学的发展和研究成果。

该书的出版,不仅可满足广大小麦遗传育种研究人员的需求,而且可作为农业院校教师、研究生和学生的参考书和教材。

另外还有少量由张正斌和王德轩研究员1992年编著的《小麦抗旱生态育种》,定价5元,《遗传传递力和遗传变异力的概念与发展》定价2元。欢迎购买。

以上3部著作邮费共5元。

联系人:中国科学院石家庄农业现代化研究所图书馆 徐 萍

联系电话:0311-5871751

E-mail:zhengbina@hotmail.com

地址:河北省石家庄槐中路286号,邮编 050021