

# 黄瓜嫩果果皮叶绿素含量的遗传

孙小镭<sup>1</sup> 王永强<sup>2</sup> 王冰<sup>1</sup> 顾三军<sup>3</sup> 王志峰<sup>1</sup> 曹齐卫<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 山东省农业科学院蔬菜研究所, 济南 250100; <sup>2</sup> 中国科学院植物研究所, 北京 100093; <sup>3</sup> 内布拉斯加州林肯大学农学院园艺系, 林肯 68583-0724 USA)

**摘要:** 选用4个皮色性状不同的黄瓜品种配成正反杂交组合8个, 测定结果表明相同亲本正反交组合叶绿素含量差异不显著, 表明黄瓜嫩果果皮叶绿素含量受核基因控制。应用植物数量性状主基因+多基因混合模型, 对黄瓜嫩果果皮叶绿素低含量品种‘海阳白皮’与高含量品种‘济宁秋黄瓜’杂交组合的6个家系世代( $P_1$ 、 $F_1$ 、 $P_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 和 $F_2$ )进行群体叶绿素含量的多世代联合分析, 结果显示: 该组合叶绿素含量的遗传受2对加性—显性主基因+加性—显性多基因(E-2模型)控制。其 $B_1$ 、 $B_2$ 和 $F_2$ 群体叶绿素含量主基因遗传率( $h_{mg}^2\%$ )分别为83.94%、62.12%和86.98%, 多基因的遗传率( $h_{pg}^2\%$ )为5.86%~18.15%。主基因中加性效应明显, 第一对主基因的加性效应值显著高于第二对主基因的效应值, 2对主基因对叶绿素含量的贡献率差异较大。两主基因的显性效应差异不大, 分别为2.7762( $h_a$ )和2.3392( $h_b$ )。多基因效应主要表现为显性效应 $[h]$ , 效应值为-5.5243。

**关键词:** 黄瓜; 果实; 颜色; 叶绿素; 遗传

**中图分类号:** S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 03-0327-05

## Inheritance of the Chlorophyll Content in Immature Fruit Color of Cucumber

Sun Xiaolei<sup>1</sup>, Wang yongqiang<sup>2</sup>, Wang Bing<sup>1</sup>, Gu Sanjun<sup>3</sup>, Wang Zhifeng<sup>1</sup>, and Cao Qiwei<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Vegetable, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China; <sup>2</sup> Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; <sup>3</sup> Department of Agronomy and Horticulture, University of Nebraska Lincoln, Lincoln, 68583-0724, USA)

**Abstract:** In this paper inheritance of the chlorophyll content in immature skin of cucumber was investigated by applying the major gene plus poly-genes model of quantitative traits to a joint analysis of multi-generations ( $P_1$ 、 $F_1$ 、 $P_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  and  $F_2$ ). The results showed (1) the immature skin color of cucumber was mainly controlled by nuclear genes. (2) the chlorophyll content in immature skin of the cross of HYBP × JNQHG was controlled by two major genes with additive-dominance effects plus polygenes with additive-dominance effects (the E-2 model). (3) heritability values of the major genes of  $B_1$ ,  $B_2$  and  $F_2$  population were estimated as 83.94%, 62.12% and 86.98% respectively, while polygenes of those were 7.23%, 18.15% and 5.86%. The results demonstrated that the chlorophyll content level in immature skin of the cross was mainly controlled by two major genes mixed with the effect of polygenes. The estimated additive effects of the first major gene ( $d_a$ ) was much higher than that of the second one  $d_b$ . There were obvious differences in genetic effects between the two major genes. The effect of  $d_b$  was only about 35.51% that of  $d_a$ , indicating that the contributions to the chlorophyll content level of the two major genes were not equal in the cross. The dominant effect of the two major genes,  $h_a$  and  $h_b$  were 2.7762 and 2.3392 respectively.

**Key words:** Cucumber; Fruit; Color; Chlorophyll; Inheritance

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 嫩果皮色是重要的商品性状之一, 对商品销售影响极大。已报道与该性状直接有关的基因有4个, Cochran<sup>[1]</sup>报道嫩果果皮白色( $w$ )隐性于绿色; Youngner<sup>[2]</sup>报道黄绿色( $yg$ )隐性于深绿色, 上位于淡绿色; Strong<sup>[3]</sup>, Tkachenko<sup>[4]</sup>分别报道皮色暗绿色或有光泽由D基因

控制,暗绿色为显性;皮色一致或有斑驳由  $u$  基因控制,斑驳为显性<sup>[3,5]</sup>。间接有关的基因(刺瘤颜色、有无网纹及果肉颜色)也有多个<sup>[6-8]</sup>,但以往的报道都将果色作为质量性状进行研究,对许多中间色的出现不能解释。Elston 等<sup>[9]</sup>提出了 1 对主基因 + 多基因混合遗传模型,盖钧益等<sup>[10]</sup>进一步提出将主基因 + 多基因混合遗传看作植物数量遗传的普遍性模型,将单纯多基因、单纯主基因看作其特例,并发展了一套 QTL 遗传模型检测的分离分析方法,将孟德尔用于研究主基因的遗传研究方法延伸到数量遗传的通用模型;孙小镭等<sup>[11]</sup>研究了黄瓜嫩果皮色与果皮色素含量的关系,提出黄瓜嫩果皮内色素(尤其叶绿素)含量是影响黄瓜嫩果皮色的主要成分,因而通过色素含量的测定可准确研究果色性状的遗传。

本文报道应用植物数量性状主基因 + 多基因模型的多世代联合分析方法对黄瓜嫩果果皮色素(叶绿素)含量遗传的研究结果,并对基因效应和方差等遗传参数进行估计,为今后黄瓜新品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 核基因遗传的检验 选用 1 个黄白皮品种‘海阳白皮’(w2),1 个黄绿皮品种‘临清金棒槌’(yg),1 个绿皮品种‘临沂秋黄瓜’(g3),1 个深绿皮品种‘济宁秋黄瓜’(g2)。以两个绿皮品种分别做父母本与黄白皮和黄绿皮品种配成 4 组共计正反交组合 8 个,见表 1。

表 1 不同皮色亲本组合配制

Table 1 Combinations of across for different parents

组合代号 Code of crosses	正交组合 Crosses	反交组合 Back crosses
A	w2 × g2	g2 × w2
B	w2 × g3	g3 × w2
C	yg × g2	g2 × yg
D	yg × g3	g3 × yg

1.1.2 果皮叶绿素含量遗传研究 选用海阳白皮( $P_1$ ),果皮叶绿素平均含量 < 3 mg/g FM; 济宁秋黄瓜( $P_2$ ),果皮色素平均含量 > 35 mg/g FM。得到杂交一代后,以  $F_1$  ( $P_1 \times P_2$ ) 分别回交于两亲本和自交获得了  $B_1$ 、 $B_2$  和  $F_2$ 。次年将上述组合的  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  家系材料分 6 个小区种植,非分离世代( $P_1$ 、 $P_2$ 、 $F_1$ )每小区不少于 30 株,随机抽样进行叶绿素含量测定(10 株左右),分离世代( $F_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ )每小区种植 150 株,分别测定叶绿素含量(每株测 1~3 个果实)。

### 1.2 方法

1.2.1 叶绿素含量的测定 黄瓜果实发育至商品成熟期(雌花开放后 7~10 d)进行取样。用刀片沿果实纵向削下约宽 1 cm、厚 0.2 cm 的表皮,然后用打孔器(直径 0.56 cm)取圆片 20 片。将圆片在 80% 的丙酮液中遮光浸提 24 h,用 721 型分光光度计进行比色,计算叶绿素的含量<sup>[12]</sup>。

1.2.2 数据分析 采用植物数量性状混合遗传模型主基因 + 多基因多世代联合分析方法<sup>[13]</sup>,对海阳白皮 × 济宁秋黄瓜组合 6 个家系世代的嫩果进行果皮叶绿素含量分析,通过极大似然法和 IECM (Iterated expectation and conditional maximization) 算法对混合分布中的有关成分分布参数做出估计,然后通过 AIC (Akaike's information criterion) 值的判别和一组适合性测验:  $U_1^2$ 、 $U_2^2$ 、 $U_3^2$  (均匀性检验),  ${}_nW^2$  (Smirnov 检验) 和  $D_n$  (Kolmogorov 检验),选择最优遗传模型,并估计主基因和多基因效应值、方差等遗传参数。主基因遗传率:  $h_{mg}^2 = \sigma_{mg}^2 / \sigma_p^2$ , 多基因遗传率:  $h_{pg}^2 = \sigma_{pg}^2 / \sigma_p^2$ , 运算程序由南京农业大学大豆研究所提供。

## 2 结果与分析

### 2.1 $F_1$ 果皮叶绿素含量遗传表现

由表 2 看出,4 对组合中有 3 对(A、B、C)叶绿素总含量正交与反交差异不显著,一对(D)差异显著,表明黄瓜嫩果皮色遗传主要由核基因控制,胞质遗传效应不能绝对排除,且两亲代色素含量平均值均与  $F_1$  代的平均值差异较大,说明黄瓜果色遗传可能存在显性或上位效应。

表 2  $F_1$  正反交叶绿素含量分析Table 2 Analyze of chlorophyll contents in  $F_1$  (mg/g)

组合代号 Code of crosses	$P_1$	$P_2$	$\bar{x}$	$F_1(P_1 \times P_2)$	$F_1(P_2 \times P_1)$	$\bar{x}$	差异显著性 Significant difference
A	3.330 $\pm$ 2.091	37.522 $\pm$ 5.807	20.426	25.506 $\pm$ 5.166	23.584 $\pm$ 4.535	24.545	
B	3.330 $\pm$ 2.091	27.334 $\pm$ 1.830	15.332	17.708 $\pm$ 6.549	16.755 $\pm$ 3.022	17.232	
C	10.479 $\pm$ 3.474	37.522 $\pm$ 1.803	24.001	23.204 $\pm$ 2.568	20.903 $\pm$ 1.651	22.052	
D	10.479 $\pm$ 3.474	27.334 $\pm$ 1.803	18.904	18.757 $\pm$ 4.151	26.798 $\pm$ 5.875	22.778	*

## 2.2 6 个家系世代叶绿素含量的参数分布

叶绿素含量测定结果显示海阳白皮 ( $P_1$ ) 平均为 3.33 mg/g, 济宁秋黄瓜 ( $P_2$ ) 平均为 35.93 mg/g,  $F_1$  平均为 24.95 mg/g, 偏向于大亲本。 $B_1$ 、 $B_2$  和  $F_2$  家系叶绿素含量均为多峰, 且呈偏态。 $B_1$ 、 $B_2$  各有 3 个峰,  $F_2$  有 4 个峰, 呈明显的主基因 + 多基因遗传特征 (表 3)。

表 3 海阳白皮 ( $P_1$ )  $\times$  济宁秋黄瓜 ( $P_2$ ) 组合 6 个世代群体叶绿素含量的次数分布Table 3 Frequency distribution of chlorophyll contents in 6 family generations of Haiyang Baipi ( $P_1$ )  $\times$  Jining Qiuhuanggua ( $P_2$ )

世代 Generations	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g FM)										样本数 n	平均数 Ave.
	0~4	~8	~12	~16	~20	~24	~28	~32	~36	>40		
$P_1$	9	2									11	3.33
$F_1$					2	7	7	2			18	24.95
$P_2$								1	4	3	8	35.93
$B_1$	20	12	7	16	10	26	23				114	14.83
$B_2$				6	4	9	26	23	41	6	115	30.18
$F_2$	7	4	22	8	19	14	27	16	19	9	144	22.40

## 2.3 海阳白皮 $\times$ 济宁秋黄瓜组合叶绿素含量主基因 + 多基因遗传

### 2.3.1 遗传模型 用植物数量性状主基因 + 多基

因遗传模型的多世代联合分析方法对海阳白皮  $\times$  济宁秋黄瓜组合的 6 个家系世代群体叶绿素分析, 获得 1 对主基因 (A)、2 对主基因 (B)、多基因 (C)、1 对主基因 + 多基因 (D) 和 2 对主基因 + 多基因 (E) 5 类 24 种遗传模型的极大似然函数值和 AIC 值。表 4 列出其中 5 个具小 AIC 值的模型, 初选该 5 个模型为海阳白皮  $\times$  济宁秋黄瓜组合叶绿素含量遗传的适合模型, 并由此推断黄瓜嫩果果皮叶绿素含量的遗传受两对主基因控制。

表 4 海阳白皮  $\times$  济宁秋黄瓜组合叶绿素含量 IECM 算法估计的不同模型的参数值Table 4 Selected lower AIC values of chlorophyll contents in cross of Haiyang Baipi  $\times$  Jining Qiuhuanggua

模型 Model	极大似然值 Max-likelihood-value	AIC
E-0	-1321.53	2679.055
E-1	-1335.16	2700.317
B-1	-1347.03	2714.061
B-2	-1358.98	2729.969
E-2	-1356.65	2735.299

对以上 5 个被选模型的选优是在一组 ( $U_1^2$ 、 $U_2^2$ 、 $U_3^2$ 、 $W^2$  和  $D_n$ ) 适合性检验后, 选择统计量达到显著水平个数最少的模型作为最优模型。检验结果见表 5, 在 6 个世代 30 个统计量中, E-2 模型达到显著水平的统计量最少, 为 7 个, 虽然 E-0 模型有最小的 AIC 值, 但有 13 个统计量经适合性检验达到显著水平, 表明 E-0 模型与群体分布不完全吻合, E-2 模型比 E-0 模型更优。因此, E-2 模型即加性—显性主基因 + 加性—显性多基因模型为海阳白皮  $\times$  济宁秋黄瓜组合叶绿素含量遗传的最佳模型。

2.3.2 遗传参数的估计 由表 6 看出, 控制海阳白皮  $\times$  济宁秋黄瓜组合叶绿素含量的 2 对主基因中, 第一对主基因加性效应值 ( $d_a$ ) 为第二对主基因加性效应值 ( $d_b$ ) 的 2.82 倍, 表明在加性效应中第一对主基因起主要作用。加性效应的负值表示效应的作用方向趋向于大亲本。该组合两对主基因的显性效应差别不大, 且作用值也不高。该组合叶绿素含量多基因加性效应值 [ $d$ ] 和显性效应值 [ $h$ ] 分别为 0.5734 和 -5.5243。主基因遗传率 ( $h_{mg}^2$ ) 都显著高于多基因遗传率 ( $h_{pg}^2$ )。以上分析表明黄

瓜嫩果果皮叶绿素含量是由两对主基因 + 多基因共同控制遗传的, 对该性状早代选择的可靠性较大。

表 5 模型的适合性检验  
Table 5 Tests for goodness-of-fit model

模型 Model	世代 Generations	$U_1^2$	$U_2^2$	$U_3^2$	$nW^2$	$D_n$
E-0	P <sub>1</sub>	0.004(0.9469)	0.454(0.5006)	5.934 *	0.2346 (<0.05)	0.2950 (<0.05)
	F <sub>1</sub>	0.000(0.9961)	0.601(0.4382)	9.734 *	0.1933 (<0.05)	0.1845 (<0.05)
	P <sub>2</sub>	0.055(0.8152)	0.286(0.5928)	1.522(0.2173)	0.0611 (<0.05)	0.2069 (<0.05)
	B <sub>1</sub>	0.073(0.7870)	0.065(0.7992)	0.001(0.9771)	0.0542 (<0.05)	0.0626 (<0.05)
	B <sub>2</sub>	2.131(0.1444)	1.099(0.2945)	2.132(0.1442)	0.3349 (>0.05)	0.1133 (<0.05)
	F <sub>2</sub>	0.407(0.5237)	0.366(0.5454)	0.003(0.9595)	0.1088 (<0.05)	0.0625 (<0.05)
E-1	P <sub>1</sub>	0.790(0.3742)	0.064(0.8004)	5.908 *	0.3323 (<0.05)	0.3895 (<0.05)
	F <sub>1</sub>	2.725 *	5.678 *	9.847 **	0.4283 (>0.05)	0.3231 (<0.05)
	P <sub>2</sub>	5.138 *	7.617 **	5.108 *	0.5560 (>0.05)	0.4507 (<0.05)
	B <sub>1</sub>	0.427(0.5133)	0.446(0.5041)	0.020(0.8882)	0.0758 (<0.05)	0.0684 (<0.05)
	B <sub>2</sub>	0.127(0.7215)	0.041(0.8391)	4.808(0.0283)	0.2340 (>0.05)	0.1003 (<0.05)
	F <sub>2</sub>	1.052(0.3051)	1.628(0.2020)	1.280(0.2580)	0.2068 (>0.05)	0.0947 (<0.05)
E-2	P <sub>1</sub>	5.086 *	6.125 *	1.357(0.2441)	0.7714 (>0.05)	0.4820 (>0.05)
	F <sub>1</sub>	0.608(0.4355)	0.053(0.817)	4.390(0.0361)	0.1520 (<0.05)	0.1837 (<0.05)
	P <sub>2</sub>	0.542(0.4618)	0.760(0.3833)	0.405(0.5243)	0.0894 (<0.05)	0.2207 (<0.05)
	B <sub>1</sub>	1.943(0.1634)	3.071(0.0797)	2.598(0.1070)	0.4371 (>0.05)	0.1359 (>0.05)
	B <sub>2</sub>	0.041(0.8387)	0.001(0.9708)	0.874(0.3498)	0.2630 (>0.05)	0.1116 (>0.05)
	F <sub>2</sub>	0.147(0.7011)	0.541(0.4621)	2.118(0.1456)	0.1582 (>0.05)	0.0733 (<0.05)
B-1	P <sub>1</sub>	1.372(0.2415)	2.930(0.0869)	5.341 *	0.4244 (<0.05)	0.3766 (<0.05)
	F <sub>1</sub>	8.213 **	12.489 **	9.223 **	0.8909 (>0.05)	0.3713 (>0.05)
	P <sub>2</sub>	0.791(0.3738)	1.105(0.2932)	0.577(0.4474)	0.1156 (<0.05)	0.2420 (<0.05)
	B <sub>1</sub>	0.207(0.6489)	0.339(0.5603)	0.320(0.5713)	0.0676 (<0.05)	0.0611 (<0.05)
	B <sub>2</sub>	0.126(0.7225)	0.040(0.8405)	0.325(0.5683)	0.1448 (>0.05)	0.0762 (<0.05)
	F <sub>2</sub>	1.251(0.2634)	0.681(0.4092)	1.062(0.3027)	0.242 (>0.05)	0.1049 (<0.05)
B-2	P <sub>1</sub>	2.401(0.1213)	4.224 *	4.927 *	0.5743 (>0.05)	0.4185 (<0.05)
	F <sub>1</sub>	0.137(0.7113)	0.002(0.9634)	1.562(0.2114)	0.0613 (<0.05)	0.1275 (<0.05)
	P <sub>2</sub>	0.851(0.3561)	0.863(0.3528)	0.021(0.8861)	0.1130 (<0.05)	0.2320 (<0.05)
	B <sub>1</sub>	3.272(0.0705)	5.208 *	4.506 *	0.6007 (>0.05)	0.1530 (>0.05)
	B <sub>2</sub>	0.557(0.4556)	0.361(0.5477)	0.235(0.6277)	0.3208 (>0.05)	0.0920 (<0.05)
	F <sub>2</sub>	0.598(0.4395)	1.330(0.2489)	2.619(0.1056)	0.2071 (>0.05)	0.0913 (<0.05)

\* 在 0.05 水平上差异显著, \*\* 在 0.01 水平上差异显著。

\* The significant level is at  $P \leq 0.05$ , \*\* The significant level is at  $P \leq 0.01$ .

表 6 海阳白皮 × 济宁秋黄瓜组合叶绿素含量的遗传参数估计值  
Table 6 The estimates of genetic parameters of chlorophyll contents of Haiyang Baipei × Jining Qiuhuangua

一阶参数 1st order parameter	估计值 Estimate	一阶参数 1st order parameter	估计值 Estimate	二阶参数 2nd order parameter	估计值 Estimate		
					B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>
m	19.7815	[d]	0.5734	$\sigma_p^2$	75.2239	33.5703	92.7830
d <sub>a</sub>	-11.7252	[h]	-5.5243	$\sigma_{pg}^2$	5.4353	6.0931	5.4353
d <sub>b</sub>	-4.1640			$\sigma_{mg}^2$	63.1452	20.8538	80.7043
h <sub>a</sub>	2.7762			$\sigma_e^2$	6.6434	6.6434	6.6434
h <sub>b</sub>	2.3392			$h_{mg}^2$ (%)	83.94	62.12	86.98
				$h_{pg}^2$ (%)	7.23	18.15	5.86

注:  $\sigma_p^2$ , 表型方差;  $\sigma_{pg}^2$ , 多基因方差;  $\sigma_{mg}^2$ , 主基因方差;  $\sigma_e^2$ , 环境方差。

Note:  $\sigma_p^2$ , Phenotypic variance;  $\sigma_{pg}^2$ , Poly-gene variance;  $\sigma_{mg}^2$ , Major gene variance;  $\sigma_e^2$ , Environmental variance.

环境对黄瓜嫩果果皮叶绿素含量也有一定影响, 其方差 ( $\sigma_e^2$ ) 占表型方差 ( $\sigma_p^2$ ) 的 6.32% ~ 19.79%, 冬季栽培的黄瓜在低温寡照条件下瓜色变黄就证明这一点。

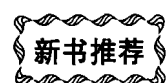
### 3 讨论

根据前人报道, 虽然黄瓜果皮的表现色是由多对基因控制的, 但与未成熟果果皮颜色直接相关的基因只有 2 对: 白色 ( $w$ ) 隐性于正常绿色, 黄绿色 ( $yg$ ) 隐性于深绿、上位于浅绿。本试验涉及到的仅仅是未成熟果果皮颜色, 对果肉、刺瘤、光泽、斑驳等未做研究。

有关皮色的遗传大多是在 20 世纪 50 年代以前研究的, 受当时遗传理论和分析手段的局限, 其结果是根据目测情况判定的, 而目测很难将两色之间的过度色进行区分, 因目测色域较广, 靠目测进行分类统计结果是有局限的, 因此, 将皮色性状完全认做是质量性状, 而未意识到有多基因效应的存在是很自然的。但前人的研究结果不无根据, 当黄瓜嫩果皮内色素总含量小于 5 mg/g FM 时, 嫩果目测表现白色或黄色, 当黄、白色品种与绿色品种杂交,  $F_1$  色素含量均在 10 mg/g FM 以上, 因此给人视觉上的结果是白色性状隐性于正常绿色性状, 或黄绿色性状 ( $yg$ ) 隐性于深绿、上位于浅绿性状。本研究从主基因 + 多基因遗传角度研究黄瓜嫩果果皮颜色性状, 是对前人研究的补充, 这一理论将对育种工作更具指导作用。

#### 参考文献:

- 1 Cochran F D. Breeding cucumbers for resistance to downy mildew. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1938, 35: 541 ~ 543
- 2 Lawrence K P, Todd C W. Review of genes and linkage groups in cucumber. *Hort. Science*, 1990, 25 (6): 610
- 3 Strong W J. Breeding experiments with the cucumber. *Sci. Agr.*, 1931, 11: 333 ~ 346
- 4 Tkachenko N N. Preliminary results of a genetic investigation of the cucumber, *Cucumis sativus* L. *Bul. Applied Plant Breed. Ser. 2.*, 1935, 9: 311 ~ 356
- 5 Andeweg J M. The breeding of scab resistant frame cucumbers in the Netherlands. *Euphytica*, 1956, 5: 185 ~ 195
- 6 Hugieda K, Akiya R. Genetic study of powdery mildew resistance and spine color on fruit in cucumber. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.*, 1962, 31: 30 ~ 32
- 7 Hutchins A E. Inheritance in the cucumber. *J. Agr. Res.*, 1940, 60: 117 ~ 128
- 8 Kooistra E. Inheritance of flesh and skin colors in powdery mildew resistant cucumbers. *Euphytica*, 1971, 20: 521 ~ 523
- 9 Elston R C, Steward J. The analysis of quantitative traits for simple genetic models from parental,  $F_1$  and backcross data. *Genetics*, 1973, 19 (1): 695 ~ 711
- 10 盖钧镒, 管荣展, 王建康. 植物数量性状 QTL 体系检测的遗传试验方法. *世界科技研究与发展*, 1999, 21 (1): 34 ~ 40
- 11 孙小镭, 王冰, 顾三军, 等. 黄瓜嫩果皮色与色素含量的关系. *园艺学报*, 2003, 30 (6): 721
- 12 华东师范大学编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1980. 88 ~ 90
- 13 盖钧镒, 章元明, 王建康. QTL 混合遗传模型扩展至 2 对主基因 + 多基因时的多世代联合分析. *作物学报*, 2000, 26 (4): 385 ~ 391



#### 新书推荐

### 《分子克隆实验指南》第三版 (英文原版)

该书于 2001 年 1 月由美国冷泉港实验室出版社出版, 三卷本, 大 16 开, 平装, 2100 页, 比 10 年前的第二版增加近 450 页, 内容经过了全面改写与更新, 是当今生命科学领域的重要工具书。各卷目录为:

**Volume 1:** 1. Plasmids and Their Usefulness in Molecular Cloning; 2. Bacteriophage lambda and Its Vectors; 3. Working with Bacteriophage M13 Vectors; 4. Working with High-capacity Vectors; 5. Gel Electrophoresis of DNA and Pulsed-field Agarose Gel Electrophoresis; 6. Preparation and Analysis of Eukaryotic Genomic DNA; 7. Extraction, Purification, and Analysis of mRNA from Eukaryotic Cells

**Volume 2:** 8. In vitro Amplification of DNA by the Polymerase Chain Reaction; 9. Preparation of Radiolabeled DNA and RNA Probes; 10. Working with Synthetic Oligonucleotide Probes; 11. Preparation of cDNA Libraries and Gene Identification; 12. DNA Sequencing; 13. Mutagenesis; 14. Screening Expression Libraries

**Volume 3:** 15. Expression of Cloned Genes in *Escherichia coli*; 16. Introducing Cloned Genes into Cultured Mammalian Cells; 17. Analysis of Gene Expression in Cultured Mammalian Cells; 18. Protein Interaction Technologies Appendices

定价: 1300 元 (含邮费)。购书者请通过邮局汇款至《园艺学报》编辑部。

