

烤烟主要农艺性状的遗传与相关分析

肖炳光^{1,2}, 朱 军¹, 卢秀萍², 白永富², 李永平²

(1. 浙江大学农业与生物技术学院, 杭州 310029; 2. 云南省烟草科学研究所, 玉溪 653100)

摘要: 利用包括基因型与环境互作的加性-显性遗传模型, 对 14 个烤烟品种(系)及其配制的 41 个杂交组合在 4 个环境下的 7 个农艺性状表现进行遗传分析。结果表明, 株高、节距、腰叶宽主要受加性效应控制, 叶数、腰叶长受显性×环境互作效应影响最大, 茎围以加性×环境互作效应、显性×环境互作效应为主, 产量以加性效应、显性×环境互作效应为主。适应当地生态条件的品种(系)具有较高的正向加性效应。许多组合的显性主效应及在各试验点的显性×环境互作效应在方向上不尽一致, 杂交组合的选配宜针对特定的生态环境进行。性状相关分析表明, 大多数成对性状的各项相关系数为正值, 且多以加性遗传相关为主, 可利用株高对产量进行间接选择。

关键词: 烤烟; 农艺性状; 加性-显性模型; 基因型×环境互作

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 0253-9772(2006)03-0317-07

Genetic and Correlation Analysis for Agronomic Traits in Flue-cured Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

XIAO Bing-Guang^{1,2}, ZHU Jun¹, LU Xiu-Ping², BAI Yong-Fu², LI Yong-Ping²

(1. College of agriculture and biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;

2. Yunnan Institute of Tobacco Research, Yuxi 653100, China)

Abstract: By using a genetic model including additive and dominance effects and their interaction with environments, 7 agronomic traits were analyzed for a diallel design in 4 environmental conditions with 14 flue-cured tobacco varieties (or breeding lines) and their 41 F₁ crosses. It was revealed that additive effects were the major genetic component for plant height, internode length, and width of leaves. Number of leaves and length of leaves were mainly controlled by dominance×environment interaction effects. Additive×environment interaction effects and dominance×environment interaction effects played a major role for girth of stem. Yield performance was mainly controlled by additive effects and dominance×environment interaction effects. The varieties adapted to local environments tended to have highly positive additive effects. Dominance effects and the dominance×environment interaction effects could perform differently in positive or negative direction for many crosses. The breeding program for hybrids should consider the adaptation of hybrids to specific ecological environments. The analysis of correlation among agronomic traits indicated that most of phenotypic, genotypic, additive and dominance correlation coefficients were positive. Additive correlations were predominance in genetic correlations for most pairs of traits. Yield can be improved by indirect selection on plant height.

Key words: Flue-cured tobacco; agronomic traits; additive-dominance genetic model; genotype by environment interaction

收稿日期: 2005-03-13; 修回日期: 2005-06-06

基金项目: 中国烟草总公司云南省公司(编号: 02A01)资助 [Supported by Yunnan Tobacco Company, CNTC (No. 02A01)]

作者简介: 肖炳光 (1971—), 男, 湖北仙桃人, 在职博士生, 研究方向: 烟草遗传与育种。Tel: 0877-2664915; Fax: 0877-2051014; E-mail: xiaobg@263.net

通讯作者: 朱 军 (1949—), 男, 上海人, 博士, 教授, 研究方向: 生物信息学。Tel: 0571-86971731; Fax: 0571-86971498; E-mail: jzhu@zju.edu.cn

烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) 是我国重要的经济作物之一, 每年种植面积近 100 万 hm^2 , 其中烤烟占 95% 左右。目前, 我国烤烟自育品种的种植面积略高于引进品种的种植面积, 改变了长期依赖国外引进品种的被动局面。但优良品种少, 品种单一化问题仍然严重, 迫切需要选育出适合我国不同生态条件种植的品种^[1]。由于对烟草农艺性状的遗传研究不够, 无法客观评价亲本的育种价值, 缺乏有效的选择手段, 使我国的烤烟育种工作具有很大的盲目性, 极大地阻碍了育种进程^[2]。

烤烟的农艺性状会直接影响田间操作、产值及烟叶化学成分, 因此受到生产者和加工者的关注。国内外研究普遍认为, 株高、叶数、叶长、叶宽、产量等大多数性状的遗传以加性效应为主, 显性效应作用较小^[3~8], 只有少数性状受显性效应影响较大^[6~8]; 基本无上位性^[5]和母体效应^[3,4]。烟草对环境条件十分敏感, 上述研究有些是在单一环境下进行的; 有些由于试验材料不具广泛代表性或试点间环境差异小, 没有或极少检测到基因型 \times 环境互作的存在。

近年来, 发展了基于混合线性模型的一系列遗传模型和统计分析方法^[9~11], 可以无偏地分析有不规则缺失的非平衡数据, 从而可涉及较多亲本, 组合配制也更能与育种实践紧密联系, 在棉花^[12]、水稻^[13]、小麦^[14]、白菜^[15]等作物上得到了应用。本研究采用加性-显性与环境互作的遗传模型^[11], 分析了 14 个烤烟品种(系)及其配制的 41 个杂交组合在 4 个试验点的遗传资料, 对烤烟的 7 个农艺性状进行遗传分析和相关分析, 为烤烟育种方法的选用及性状选择提供理论指导。

1 材料和方法

以 14 个烤烟品种(系)为亲本配制 41 个杂交组合, 组成含不规则缺失的非平衡双列杂交。14 个品种(系)是: NC82(P1)、K326(P2)、Coker176(P3)、株 41(P4)、云烟 317(P5)、G-28(P6)、红花大金元(P7)、NC89(P8)、SC71(P9)、C2(P10)、K358(P11)、净叶黄(P12)、云烟 85(P13)、96-19(P14)。其中, P2、P13 是当前我国推广面积最大的 2 个品种, 各占烤烟种植总面积的 30% 以上; P3、P12 为 2 个抗病亲本, 分别抗 TMV 和赤星病; P4、P14 是云南选出的 2 个育种品系。

田间试验于 2002 年 3~9 月在云南省 4 个试验点进行: 玉溪市红塔区北城镇 (E_1 , 滇中烤烟区, 田烟)、玉溪市红塔区小石桥乡 (E_2 , 滇中烤烟区, 地烟)、楚雄州楚雄市永安镇 (E_3 , 滇西烤烟区, 田烟) 及大理州弥渡县苴力乡 (E_4 , 滇西烤烟区, 地烟)。随机区组排列, 2 次重复, 单行区, 农事操作与当地优质烟生产技术相同。各小区取生长相对一致的连续 5 株观测株高、茎围、节距、叶数、腰叶长、腰叶宽, 取平均值; 产量在采收烘烤后按小区进行统计, 折算为公顷产量。

数据分析参照加性-显性与环境互作的遗传模型^[11]进行。采用 QGASation 分析软件 (<http://ibi.zju.edu.cn/software/qga/>) 估算各项方差分量占表现型方差的比率, 估算成对性状间的基因型相关系数、表现型相关系数及各项遗传相关系数。采用调整无偏预测法 (AUP) 预测各项遗传效应值^[10,11], 用以基因型为抽样单位的 Jackknife 抽样方法估算各项统计量的标准误, 然后检验各遗传参数的显著性。

2 结果与分析

2.1 烤烟农艺性状的遗传方差组成

烤烟 7 个农艺性状的各项遗传方差分量占表现型方差的比率见表 1。除节距的加性 \times 环境互作方差比率不显著外, 其它各方差分量比率均达极显著水平, 但所占比重有所不同。所有分析性状的加性方差比率均高于显性方差比率。除茎围外, 其它性状的加性方差比率均高于加性 \times 环境互作方差比率。除节距外, 其他性状的显性方差比率均低于显性 \times 环境互作方差比率。各性状的机误方差比率约为 30% 左右, 均达极显著水平, 表明农艺性状受微环境和随机误差影响较大。

从性状上分析, 株高、节距主要受加性效应控制, 其加性方差比率最高, 可通过选育纯系品种改良这 2 个性状。腰叶宽也是加性方差比率最高, 但显性 \times 环境互作方差比率也较大, 该性状改良除选育纯系外, 特定环境下的杂种优势利用也将有效。叶数、腰叶长则是显性 \times 环境互作方差比率最高, 改良这些性状最有效的手段可能是利用特定环境下的杂种优势。茎围的加性 \times 环境互作方差比率、显性 \times 环境互作方差比率较高, 表明该性状的环境互作十分重要, 性状改良最好在特定环境下进行。产量的

加性方差比率、显性×环境互作方差比率较高,可通过选育纯系或特定环境下的杂交组合来进行改良。

表 1 烤烟农艺性状方差分量比率的估算值

Table 1 Estimated proportions of variance components for agronomic traits in the flue-cured tobacco

参数 Parameters	株高 Plant height (cm)	茎围 Girth of stem (mm)	节距 Internode length (mm)	叶数 Number of leaves	腰叶长 Length of leaves (cm)	腰叶宽 Width of leaves (cm)	产量 Yield (× 10 ² kg/hm ²)
加性方差比率 V_A/V_P	0.423**	0.118**	0.442**	0.181**	0.176**	0.312**	0.229**
显性方差比率 V_D/V_P	0.094**	0.038**	0.146**	0.121**	0.145**	0.111**	0.093**
加性×环境方差比率 V_{AE}/V_P	0.047**	0.274**	0.001	0.072**	0.035**	0.067**	0.112**
显性×环境方差比率 V_{DE}/V_P	0.116**	0.322**	0.074**	0.279**	0.322**	0.200**	0.230**
机误方差比率 V_e/V_P	0.320**	0.249**	0.338**	0.346**	0.321**	0.310**	0.337**

** : 1%的显著水平。

** : Indicates significance at 1% probability level.

V_A/V_P = ratio of additive variance to phenotypic variance, V_D/V_P = ratio of dominance variance to phenotypic variance, V_{AE}/V_P = ratio of additive × environment interaction variance to phenotypic variance, V_{DE}/V_P = ratio of dominance × environment interaction variance to phenotypic variance, V_e/V_P = ratio of error variance to phenotypic variance.

2.2 亲本农艺性状的加性效应

根据遗传方差分析结果,除茎围外的其它性状均是加性效应明显高于加性×环境互作效应,因而

可进一步分析各亲本的加性主效应。14个亲本7个农艺性状的加性效应分析结果见表2。

表 2 亲本加性效应预测值

Table 2 Predicted additive effects for parents

亲本 Parents	株高 Plant height (cm)	茎围 Girth of stem (mm)	节距 Internode length (mm)	叶数 Number of leaves	腰叶长 Length of leaves (cm)	腰叶宽 Width of leaves (cm)	产量 Yield (× 10 ² kg/hm ²)
P1	-0.17	-1.23*	0.17	0.00	0.35	0.16	-0.72**
P2	-0.82	-1.47**	-1.91**	0.45**	0.59*	0.12	0.95*
P3	-1.20	0.29	-1.51*	0.36**	-0.15	-0.64**	-0.76**
P4	2.16**	4.06**	2.92**	-0.09	1.14**	0.40**	1.66**
P5	4.47**	0.96*	0.77	0.45**	-0.08	-0.50**	1.14**
P6	-2.42**	-0.63	-2.25**	0.08	-1.92**	0.19	0.48*
P7	1.14	3.30**	2.85**	-0.40**	1.61**	0.41*	-0.46*
P8	-3.96**	-0.45	-1.71**	-0.10	0.45	-0.34*	-1.22**
P9	4.29**	0.06	3.39**	-0.05	-1.70**	1.24**	-1.01**
P10	-6.73**	-1.46**	-5.02**	0.37**	-0.05	-0.08	0.03
P11	-0.55	-0.79	-1.99**	0.18	-0.01	-0.54**	-0.18
P12	-10.49**	-4.46**	-4.74**	-0.95**	-1.38**	-1.83**	-1.62**
P13	1.02	-2.44**	-0.16	-0.09	0.54*	-1.04**	0.50*
P14	13.25**	4.26**	9.19**	-0.22*	0.60*	2.43**	1.21**

*, ** : 分别表示 5% 和 1% 的显著水平。

*, ** : Indicate significance at 5% probability level and 1% probability level, respectively.

P14 是云南选育出的品系,除叶数外的其它性状均表现较高的正效应,因而可用于作为亲本改良这些性状的后代表现。P12 是来自河南的抗赤星病

地方品种,各性状均表现较高的负向加性效应,这可能是至今云南尚未在该亲本后代中选育出新品种的遗传原因。P8 是北方烟区的推广品种,但大部分性

状均具有显著的负向加性效应,在云南也未曾利用它选育出新品种,因此不宜作为云南烟区烤烟育种的主体亲本。P2、P13 是目前栽培面积最大的两个品种,但只在部分性状上表现正效应,且均不是效应值最高的亲本。

各性状加性效应最高的前 2 位亲本是,株高为 P14 和 P5,茎围是 P14 和 P4,节距是 P14 和 P9,叶数是 P2 和 P5,腰叶长是 P7 和 P4,腰叶宽是 P14 和 P9,产量是 P4 和 P14。在这些亲本中,P4、P5、P7、P14 都是云南选育的品种(系)。由此可见,在烤烟亲本选配中,应特别重视生态适应性,最好选用适应当地生态条件的品种(系)作为亲本之一。

2.3 杂交组合产量性状的显性效应

根据遗传方差分析结果,除节距外的所有性状均表现显性×环境互作效应高于显性主效应,因此在进行显性效应分析时要考虑显性×环境互作效应。表 3 是部分杂交组合产量的显性效应分析结果。

组合 P3×P4 产量表现正向显性主效应,在试

点 4(大理)具有正向显性互作效应,在其它点没有显著的显性互作效应,表明该组合稳定性较好,尤其适合试点 4 及相似生态条件。组合 P1×P14、P3×P10 的产量显性主效应为正值,但显性互作在各点表现不尽相同,在试点 2(玉溪小石桥)具有正向显性互作效应,而在试点 1(玉溪北城镇)显性互作效应为负值。组合 P10×P14 的产量显性主效应为正值,而在试点 2 具有负的显性互作效应。相反,尽管组合 P3×P13 产量显性主效应为负,但在试点 1 具有正的显性互作效应。同是产量显性效应不显著的组合,P3×P8 在各点均无显著的互作效应;而组合 P3×P5 波动较大,在试点 2 具有正的显性互作效应,而在试点 1 和试点 3 表现出负的显性互作效应。其他性状的显性效应分析结果也如此。

由此可见,各组合产量性状的显性主效应及其在各试验点的互作效应在方向上往往表现不一致,表明烤烟杂交组合的选配宜针对特定的生态环境进行,同时也说明杂交组合的推广应注意合理布局及区域化种植。

表 3 8 个杂交组合产量的显性效应预测值

Table 3 Predicted dominance effects of yield for 8 crosses

组合 Crosses (<i>i</i> × <i>j</i>)	D_{ij} × 10 ² kg/hm	$D_{ij}E_1$ × 10 ² kg/hm	$D_{ij}E_2$ × 10 ² kg/hm	$D_{ij}E_3$ × 10 ² kg/hm	$D_{ij}E_4$ × 10 ² kg/hm
1 × 3	-1.02*	0.38	0.64	-2.30**	-0.10
1 × 14	2.21**	-1.81*	4.23**	-0.63	1.23
3 × 4	1.32**	-0.34	0.73	-0.76	2.17*
3 × 5	0.54	-1.09*	2.58**	-0.99*	0.23
3 × 8	0.07	0.27	0.72	-0.70	-0.20
3 × 10	1.20*	-1.95*	4.00**	0.79	-1.20
3 × 13	-0.92**	0.79*	1.30	-0.69	-2.65**
10 × 14	1.39**	1.12	-1.17*	0.88	1.07

*、**：分别表示 5% 和 1% 的显著水平。 D_{ij} ：显性主效应， $D_{ij}E_1$ ：在 E_1 的显性×环境互作效应， $D_{ij}E_2$ ：在 E_2 的显性×环境互作效应， $D_{ij}E_3$ ：在 E_3 的显性×环境互作效应， $D_{ij}E_4$ ：在 E_4 的显性×环境互作效应。

*、**：Indicate significance at 5% probability level and 1% probability level, respectively. D_{ij} = dominance effect, $D_{ij}E_1$ = dominance × environmental interaction effect in E_1 , $D_{ij}E_2$ = dominance × environmental interaction effect in E_2 , $D_{ij}E_3$ = dominance × environmental interaction effect in E_3 , $D_{ij}E_4$ = dominance × environmental interaction effect in E_4 .

2.4 农艺性状间相关分析

成对性状间各种效应的相关系数估算结果表明,各成对性状间的表现型相关系数(r_p)、基因型相关系数(r_G)多数呈显著正相关,但相关系数值不大,除株高与节距的表现型相关系数为 0.368、基因型相关系数为 0.394 外,其他均在 0.300 以下。在

各项遗传相关中,多数成对性状的加性遗传相关系数较大,在 21 对性状中有 9 对性状的加性遗传相关系数大于 0.300;其它遗传效应的相关一般较小。各成对性状的表现型相关系数、基因型相关系数、加性遗传相关系数、显性遗传相关系数见表 4。

烟叶需采收烘烤后才能统计最终产量,故不可

能在田间进行直接观测,需利用具有较高加性相关的其它性状进行间接选择。从表 4 可以看到,尽管产量与其它性状的表现型相关和基因型相关都较小,但是株高与产量的加性遗传相关系数为 0.392。由于株高的狭义遗传力(即 V_A/V_P)也较高,因此可

利用株高对产量进行间接选择。尽管茎围与产量的加性遗传相关系数达 0.420,但由于茎围的狭义遗传力仅 0.118,故利用茎围对产量进行间接选择不可靠。

表 4 烤烟农艺性状间相关系数

Table 4 Correlation coefficient between pairs of agronomic traits in flue-cured tobacco

性状 Traits	株高 Plant height (cm)	茎围 Girth of stem (mm)	节距 Internode length (mm)	叶数 Number of leaves (No.)	腰叶长 Length of leaves (cm)	腰叶宽 Width of leaves (cm)	产量 Yield ($\times 10^2$ kg/hm ²)
株高		0.281**	0.368**	0.123**	0.123**	0.205**	0.154**
Plant height		0.258**	0.394**	0.118**	0.134**	0.266**	0.194**
茎围	0.546**		0.242**	0.150**	0.130**	0.171**	0.095**
Girth of stem	-0.023		0.222**	0.149**	0.155**	0.212**	0.137**
节距	0.701**	0.627**		0.020	0.130**	0.223**	0.108**
Internode length	0.335**	0.056*		-0.039	0.148**	0.289**	0.128**
叶数	0.118**	-0.035	-0.074**		0.032	0.064**	0.111**
Number of leaves	-0.113**	0.065**	-0.122**		0.047*	0.084**	0.117**
腰叶长	0.175**	0.327**	0.198**	0.012		0.163**	0.125**
Length of leaves	0.124**	-0.078**	0.214**	0.150**		0.106**	0.131**
腰叶宽	0.595**	0.571**	0.613**	0.049*	0.038		0.135**
Width of leaves	0.157**	-0.063**	0.253**	-0.003	0.195**		0.146**
产量	0.392**	0.420**	0.291**	0.300**	0.168**	0.254**	
Yield	0.133**	-0.192**	0.157**	-0.055*	0.339**	0.147**	

*、** : 分别表示 5% 和 1% 的显著水平。右上角上行为表现型相关系数(r_P)、下行为基因型相关系数(r_G),左下角上行为加性相关系数(r_A)、下行为显性相关系数(r_D)。

*、** : Indicate significance at 5% probability level and 1% probability level, respectively. In the upper and lower line in the upper right corner were the phenotypic correlation coefficient (r_P) and genotypic correlation coefficient (r_G), respectively. In the upper and lower line in the lower left corner were the additive correlation coefficient (r_A) and dominance correlation coefficient (r_D), respectively.

3 讨论

烤烟产量及其他农艺性状如株高、叶数、叶长、叶宽等都属于数量性状,受微效多基因控制,并且易受环境条件的影响。以往对这些性状进行遗传分析^[3~8],大多数是利用 Griffing^[16]的双列杂交分析方法估算配合力及配合力方差,通过计算一般配合力方差与特殊配合力方差的比值来分析性状主要受何种效应基因控制;或利用 Hayman^[17]的双列杂交分析方法估算遗传方差分量 and 遗传力。这些研究有些是在单一环境下进行的,没有考虑到基因型 \times 环境互作效应;有些由于试验材料较少、不具广泛代表性

或地点间环境差异小,没有或极少检测到基因型 \times 环境互作的存在,因而无法进一步分析各项遗传效应与环境的互作。

采用混合线性模型方法分析加性-显性与环境互作的遗传模型^[11],可以在估算遗传方差的同时预测遗传效应值,并能分析各项遗传效应与环境的互作。它适用于各种交配设计,并能分析有不规则缺失的遗传资料或特殊的缺区试验^[18]。本研究表明,烤烟产量和除茎围外的其他农艺性状的遗传中加性效应较大而加性 \times 环境互作效应较弱,因此选育纯系品种是比较有效的育种手段,这与其他多数研究结果类似;烤烟产量和除节距外的其他农艺性状的

显性×环境互作效应均大于显性效应,这与国内外相关报道不符。以往的研究受试验设计或分析方法的限制,一般都忽略了显性×环境互作效应,在今后的遗传研究和育种实践中应加以充分考虑。目前,我国烟草育种主要集中在少数几个地方进行,这对纯系品种的选育影响不大。鉴于我国生态条件复杂多样,随着烤烟杂种优势利用研究越来越受重视^[1],在杂交组合选配时应特别注意结合特定的生态条件进行。杂交组合的显性效应分析结果证实了这点。在烤烟品种区域试验中,也发现杂交组合在各点的表现比纯系品种波动性更大。

相关分析可为目标性状的间接选择提供依据。由表现型相关分析,牛佩兰等^[19]发现产量与株高、茎围、叶数、叶长存在较高的正相关,产量与叶宽无显著相关性;Lalitha Devi 等^[20]等发现产量与株高、叶数、叶长、叶宽有较高的正相关;Pandeya 等^[5]发现产量与叶数、叶宽有一定的正相关,与叶长有小的负相关,与株高几乎无相关性;White 等^[21]发现产量与株高、叶数、叶宽有一定正相关,与叶长有小的负相关。本研究表明,产量与其他农艺性状间均有显著正相关,但相关系数较小。由于烤烟收获的是叶片,因而产量与其他农艺性状度量的都是营养器官的特性,这样看来,产量与其他农艺性状间多数呈正相关就不难理解。在杂交后代选择中可被固定和累加的是加性效应,因此加性相关有利于间接选择。本研究中,成对性状间基因型相关与表现型相关呈相同的趋势,环境相关一般较小,与 Pandeya 等^[5]的研究结果一致。在 Pandeya 等^[5]的研究中,株高与产量有小的加性负相关和较大的显性正相关,叶数与产量有较高的加性正相关和较小的显性负相关,叶长与产量有高的加性负相关和高的显性正相关,叶宽与产量有较小的加性正相关和高的显性正相关;但他们没能进一步分析加性×环境互作相关、显性×环境互作相关。本研究表明,产量与所分析的其他农艺性状间具有显著的加性正相关;产量与株高、节距、叶长、叶宽间具显著的显性正相关,与茎围、叶数间具显著的显性负相关;各性状间加性×环境互作相关、显性×环境互作相关一般较小。可见,由于所用材料、生长环境和分析方法等不同,得出的结论也可能有所不同。本研究对不同遗传效应的相关性分析发现,株高与产量的加性遗传相关系数较高,利用株高对产量进行间接选择可能会取得较好

的效果。当然,在育种实践中,并不是株高或产量越高越好,还应考虑与其他性状,尤其是烟叶化学成分相互协调。

参考文献(References):

- [1] WANG Yan-Ting. Development thinking of tobacco breeding research in China. *Chinese Tobacco Science*, 2001,23(4): 1~5.
王彦亭. 我国烟草育种工作发展思路. 中国烟草科学, 2001, 23(4): 1~5.
- [2] LI Yong-Ping. Recent advances and development strategies of tobacco breeding in Yunnan Province. *Chinese Tobacco Science*, 2001,23(3): 19~21.
李永平. 云南省烟草育种进展及发展对策. 中国烟草科学, 2001,23(3): 19~21.
- [3] Matzinger D F, Mann T J, Cockerham C C. Diallel crosses in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*, 1962, 2(2): 383~386.
- [4] Gopinath D M, Ramanarao V V, Subrahmanyam M, Narayana C L. A study of diallel crosses between varieties of *Nicotiana tabacum* L. for yield component. *Euphytica*, 1966, 15(2): 171~178.
- [5] Pandeya R S, Dirks V A, Poushinsky G. Quantitative genetic studies in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). I. Agronomic characters. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 1983, 25(2): 336~345.
- [6] Wiklinson C A, Tilson W M. Diallel analysis of crosses among Virginia fire-cured tobacco cultivars. *Tobacco Science*, 1994, 38(1): 21~24.
- [7] WU Sheng-Xin, PAN Jian-Jing, CHEN Shun-Hui, WU Zheng-Ju, XIE Xiao-Dan, PENG Huai-Jun. The analysis of heterosis and inheritance of some agronomic characters of flue-cured tobacco. *Acta Tabacaria Sinica*, 2001, 7(4): 17~22.
巫升鑫,潘建菁,陈顺辉,吴正举,谢小丹,彭怀俊. 烤烟若干农艺性状的杂种优势及其遗传分析. 中国烟草学报, 2001,7(4): 17~22.
- [8] CHEN Shun-Hui, WU Sheng-Xin, NI Jin-Ying, YIN Chang-Lin, PAN Jian-Jing, LIN Yi, WU Zheng-Ju. Combining ability analysis of quantitative traits in flue-cured tobacco. *Acta Tabacaria Sinica*, 2004, 10(3): 25~28.
陈顺辉,巫升鑫,倪金应,阴长林,潘建菁,林毅,吴正举. 烤烟主要数量性状的配合力研究. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 25~28.
- [9] ZHU Jun. Mixed model approaches for estimating genetic variance and covariances. *Journal of Biomathematics*, 1992, 7(1): 1~11.
- [10] ZHU Jun. Methods of predicting genotype value and heterosis for offspring of hybrids. *Journal of Biomathematics*, 1993, 8(1): 32~44.
朱军. 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法. 生物数学学报, 1993, 8(1): 32~44.

- [11] ZHU Jun. New approaches of genetic analysis for quantitative traits and their applications in breeding. *Journal of Zhejiang University (Agriculture & Life Science)*, 2000, 26(1): 1~6.
朱 军. 数量性状遗传分析的新方法及其在育种中的应用. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2000, 26(1): 1~6.
- [12] WU Ji-Xiang, ZHU Jun, JI Dao-Fan, XU Fu-Hua. Analysis of genetic effect \times environment interactions for yield traits in upland cotton. *Hereditas (Beijing)*, 1995, 17(5): 1~4.
吴吉祥, 朱 军, 季道藩, 许馥华. 陆地棉产量性状的遗传效应及其与环境互作的分析. 遗传, 1995, 17(5): 1~4.
- [13] CHEN Jian-Guo, ZHU Jun. Genetic effects and genotypic \times environment interactions for appearance quality traits in *indica-japonica* crosses of rice (*Oryza sativa* L.). *Scientia Agricultura Sinica*, 1998, 31(1): 1~7.
陈建国, 朱 军. 籼粳杂交稻米外观品质性状的遗传及基因型 \times 环境互作效应研究. 中国农业科学, 1998, 31(1): 1~7.
- [14] RUAN Ren-Wu, FU Da-Xiong, DAI Xiu-Mei. Analysis of heterosis and heredity of main yield characters in wheat. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2002, 24(1): 141~145.
阮仁武, 傅大雄, 戴秀梅. 小麦主要产量性状的杂种优势和遗传分析. 西南农业大学学报, 2002, 24(1): 141~145.
- [15] ZENG Guo-Ping, CAO Shou-Chun. Analysis of genetic effects of some nutrient quality characters in non-heading Chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*, 1997, 24(1): 43~47.
曾国平, 曹寿椿. 不结球白菜主要品质性状遗传效应分析. 园艺学报, 1997, 24(1): 43~47.
- [16] Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science*, 1956, 9: 463~493.
- [17] Hayman B I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 1954, 39: 789~809.
- [18] ZUO Qing-Fan, ZHU Jun, LIU Yi-Bo, PAN Xiao-Yun, ZHANG Jian-Zhong. Methods of quantitative genetic analysis of plant agronomic traits and yield traits for unequal experiment design. *Scientia Agricultura Sinica*, 2000, 33(2): 30~33.
左清凡, 朱 军, 刘宜柏, 潘晓云, 张建中. 非等试验设计植株农艺及产量性状的数量遗传分析方法. 中国农业科学, 2000, 33(2): 30~33.
- [19] NIU Pei-Lan, LIU Hong-Xiang, LIU Wei. Preliminary studies on relative heritability for several quantitative traits in flue-cured tobacco. *Chinese Tobacco Science*, 1984, 6(4): 4~5.
牛佩兰, 刘洪祥, 刘 伟. 烤烟几个主要数量性状相关遗传力的初步研究. 中国烟草, 1984, 6(4): 4~5.
- [20] Lalitha Devi D, Lakshminarayana R and Atluri J B. Genetic variability and correlation studies on seed and other quantitative characters in *Nicotiana tabacum* L. *Tobacco Research*, 2002, 28(2): 90~96.
- [21] White F H, Pandeya R S, Dirks V A. Correlation studies among and between agronomic, chemical, physical and smoke characteristics in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 1979, 59(1): 111~120.

科学出版社生命科学编辑部新书推介

《现代生物化学与分子生物学仪器与设备》(生命科学实验指南系列)

雷东锋 编著 ISBN7-03-015946-2 定价:49.00 元 出版时间:2006-01

本书较为全面、系统地介绍了生物化学与分子生物学领域中基本和常用的实验仪器和设备。全书共分 9 篇 35 章。内容包括每种仪器设备的基本概念和原理、结构、使用、维护、故障排除及应用等,并力求反映这些仪器设备的最新进展,从实验手段上论述了学科的研究工具和学科的发展。

本书可作为高等院校生物化学与生物学相关专业实验课程的辅助教材,也可作为相关实验室常备参考书,还可供相关学科专业的教师和科研工作者参考。

《水稻遗传学和功能基因组学》

钱 前,程式华主编 ISBN 7-03-016261-7 定价:85.00 元 出版时间:2006-01

本书系统地阐述了水稻经典遗传学研究、分子遗传学研究和基因组学研究的理论基础、方法、进展以及发展方向,侧重实用性,反映了作者在超级稻育种和水稻重要功能基因克隆等方面获得的突破。全书共 6 章,各章节既前后呼应,又独立成章,是一本涵盖水稻遗传、基因克隆及品种选育等多方面理论和实践的最新参考书。

本书可供遗传育种、生物学、遗传学、农学和生物工程等专业的教师、学生及相关领域的科研人员及管理工作者参考。

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书(免邮费)。

邮购地址:100717 北京东黄城根北街 16 号科学出版社,联系人:邵正华 联系电话:010-64034205

更多精彩图书请登陆网站 <http://www.lifescience.com.cn>