

# 河南烤烟重要亲本间产量的杂种优势和配合力研究

孙计平, 李雪君, 吴照辉, 孙 焕, 李旭辉, 侯 咏

(河南省农业科学院 烟草研究所/河南省烟草公司 烟草研究所, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 为了研究烤烟的产量遗传特性, 以 7 个重要烤烟亲本及其组配的 42 个杂交组合为材料, 分析烤烟亲本间产量的杂种优势及其配合力, 探讨高优势组合的遗传基础。结果表明: 7 个亲本间存在超亲优势, 平均 19.2%, 组合间差异较大, 变幅为 -7.3%~65.6%。664-01、秦烟 96 与其他亲本表现较强的一般配合力, 是优秀的亲本材料; 从 42 个组合中优选出高产优势组合中烟 100×秦烟 96, 超亲率达 65.6%。高优势组合的亲本产量配合力特点是亲本具有较高的产量表现, 且双亲至少有一个具有较高的一般配合力, 二亲本间具有较高的特殊配合力。

**关键词:** 烤烟; 产量; 杂种优势; 配合力

中图分类号: S572 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)10-0041-05

## Heterosis and Combining Ability of Yield among Key Parental Materials of Flue-cured Tobacco in Henan Province

SUN Ji-ping, LI Xue-jun, WU Zhao-hui, SUN Huan, LI Xu-hui, HOU Yong

(Tobacco Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences/Tobacco Research Institute of Henan Tobacco Company, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** In order to study the yield genetic characteristics of flue-cured tobacco, heterosis and combining ability were determined using seven key parental materials in this paper, as well as their 42  $F_1$  diallel crosses, and relationships between  $F_1$  performance and its pedigree were investigated. The results showed that there were heterobeltiosis in yield among parents with the average value of 19.2%, and a large difference ranged from -7.3% to 65.6% among hybridized combinations. We screened combinations and found Zhongyan 100×Qinyan 96 had the heterobeltiosis in yield of 65.6%. Among these parents used above, Qinyan 96 and 664-01 were elite. Heterosis of pods per plant and seeds per plant were relatively in accord with yield heterosis. And yield heterosis in parents was related to general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA). It was determined that at least one of parents had high GCA and both parents had high SCA in high-yield combinations.

**Key words:** tobacco; yield; heterosis; combining ability

杂种优势超亲现象在很多作物中普遍存在<sup>[1]</sup>, 烟草杂交种在产量性状上的优势也比较明显<sup>[2]</sup>。近年来, 烟草杂交种选育取得了较大进展, 不断有杂交一代种被成功选育出来并应用于生产。烤烟新品种豫烟 7 号<sup>[3]</sup>、中烟 202<sup>[4]</sup>等均是杂交一代种, 其产量显著高于双亲, 杂种超亲优势明显。与主要农作物

相比, 烟草杂种优势利用研究仍显薄弱, 了解和掌握烟草重要亲本主要性状的遗传特点是烟草育种的基础, 随着烤烟杂交种应用的推广, 从杂种优势利用角度, 分析烤烟重要亲本产量性状的配合力显得十分迫切<sup>[5]</sup>。

河南烟区是我国传统和重要的浓香型烟区, 研

收稿日期: 2013-04-24

基金项目: 河南省重点科技攻关计划项目(122102110060); 河南省烟草公司重点项目(HYKJ201110)

作者简介: 孙计平(1978-), 女, 河北玉田人, 助理研究员, 硕士, 主要从事烟草遗传育种研究。

E-mail: sunjiping2002@126.com

究选用曾经主栽浓香型品种 NC89 以及目前主栽品种中烟 100、云烟 87 和秦烟 96,重要亲本材料红花大金元和 G28,河南自育优质亲本 664-01,7 个材料为亲本,以 3 个试验点产量数据为基础,分析  $F_1$  杂种优势和各亲本间的配合力,以期为烤烟杂交亲本选配和杂种优势利用提供参考和依据。

表 1 参试亲本品种(系)名称及其系谱

品种名称	代号	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	来源	系谱
中烟 100	P1	1 702.32	中国农科院烟草研究所	NC82×9201,再 NC82 回交 5 代
红花大金元	P2	1 388.78	云烟省烟草科学研究院	大金元系选出红花大金元,俗称“红大”
NC89	P3	1 600.65	美国引进	(6855×6722)系谱法选育
664-01	P4	2 139.44	河南省农科院烟草研究所	红花大金元系选
秦烟 96	P5	1 814.67	陕西省烟草研究所/青州所	(G28×净叶黄)系谱法选育
G28	P6	1 408.09	美国引进	(Oxford-1-181×Coker139) $F_4$ ×NC95 系谱法
云烟 87	P7	1 263.98	云南省烟草科学研究院	(云烟 2 号×K326)系谱法选育

注:各品种(系)的产量数值来自本试验数据。

## 1.2 试验设计

田间试验于 2012 年在许昌烟草研究所试验田、襄县和许昌县 3 个试验点进行。每小区栽烟 80 株,行距 1.20 m,株距 0.55 m,田间管理按河南优质烟叶生产规范进行。

## 1.3 杂种优势分析

中亲优势  $MPH = (F_1 - MP) / MP \times 100\%$

超亲优势  $HPH = (F_1 - HP) / HP \times 100\%$

MP 为两亲本平均值,HP 为高亲本值<sup>[1]</sup>。

## 1.4 方差分析和配合力分析

将 3 个试验点数据进行统计分析,根据 Griffing 方法固定模型,采用 DPS 13.5 软件进行数据的联合方差和配合力分析<sup>[6]</sup>。

## 1.5 遗传力估算

广义遗传力:遗传方差占总方差的比值;狭义遗传力:基因加性方差占总方差的比值<sup>[1]</sup>。

# 2 结果与分析

## 2.1 烤烟亲本及杂种 $F_1$ 的产量分析

2.1.1 产量方差分析 产量误差同质性检测结果表明,各试验点间差异不显著,方差具有同质性,可进行方差分析。3 个试验点的产量方差分析结果(表 2)表明,烤烟基因型间存在极显著差异,不同试验点产量表现有差异,多点试验有利于提高试验的精度。

2.1.2 产量比较 7 个烤烟亲本品种(系)在 3 个试验点产量较高的亲本是 664-01、秦烟 96 和中烟 100(表 1)。由表 3 可见,42 个杂交组合  $F_1$  在 3 个试验点的平均产量超过 2 625 kg/hm<sup>2</sup> 的组合有中

# 1 材料和方法

## 1.1 试验材料

2011 年以 7 个重要烤烟品种为亲本材料(表 1),按 Griffing 完全双列杂交设计,配制 42 个组合(21 个正交和 21 个反交)。

表 2 3 个试验点的产量方差分析

变异来源	自由度	产量		
		平方和	均方	F 值
试验点	2	272 806.0	136 403.0	169.9
基因型	48	23 957 144.9	499 107.2	620.1**
误差	96	77 265.4	804.8	
总和	146	24 307 216.2		

注:\*\*表示达 1%显著水平,下同。

烟 100×秦烟 96(P1×P5)、秦烟 96×664-01(P5×P4)、云烟 87×664-01(P7×P4)、G28×664-01(P6×P4)、秦烟 96×中烟 100(P5×P1)、664-01×NC89(P4×P3)。其中,中烟 100×秦烟 96 产量表现最好,平均为 3 004.8 kg/hm<sup>2</sup>。各组合正交平均中亲优势 28.7%,反交平均中亲优势 34.5%,正反交中亲优势总体变幅 3.3%~70.9%;各组合正交平均超亲优势 16.6%,反交平均超亲优势 21.7%,正反交平均超亲优势 19.2%,变幅-7.3%~65.6%,除 P1×P4(正反交)、P5×P7(正反交)为负向优势外,其他组合均具有正向优势。超亲优势表现最好的是中烟 100×秦烟 96(P1×P5),其余依次为 NC89×红大(P3×P2)、秦烟 96×中烟 100(P5×P1)、红大×G28(P2×P6)、NC89×中烟 100(P3×P1)、G28×NC89(P6×P3)、秦烟 96×664-01(P5×P4)、云烟 87×664-01(P7×P4)、G28×664-01(P6×P4)。

2.1.3 亲本间组配分析 中烟 100(P1)与产量最高的亲本 664-01(P4)组配中亲优势不明显,超亲优势为负值,说明不适宜用二者组配来改良产量性状;中烟 100 与河南主栽品种云烟 87(P7)组配超亲优势不明显;中烟 100 与红大(P2)、NC89(P3)、秦烟 96(P5)、G28(P6)组配超亲优势明显,其中,中烟

100 与秦烟 96 组配超亲优势最强。红大(P2)虽然产量较低,但与美国引进品种 NC89 和 G28 组配均有较高的超亲优势。NC89(P3)与云烟 87 组配超亲优势不明显,与其他亲本组配,超亲优势均较高。664-01(P4)亲本产量最高,与 NC89、秦烟 96、G28、云烟 87 组配均有较高的超亲优势。秦烟 96(P5)与

云烟 87 组配中亲优势不明显,超亲优势为负值,与 G28 组配超亲优势不明显,与其他亲本组配均有较高的超亲优势。G28(P6)除与秦烟 96 组配超亲优势不明显外,与其他亲本组配均有较高的超亲优势。云烟 87(P7)与红大和 664-01 组配超亲优势明显,与其他亲本组配超亲优势不明显或为负值。

表 3 42 个杂交组合 F<sub>1</sub> 在 3 个试验点的产量平均优势和超亲优势

组合	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )		MP/ (kg/hm <sup>2</sup> )	HP/ (kg/hm <sup>2</sup> )	MPH/%		HPH/%	
	正交	反交			正交	反交	正交	反交
P1×P2	1 801.9	2 073.5	1 545.6	1 702.3	16.6	34.2	5.8	21.8
P1×P3	1 901.3	2 469.6	1 651.5	1 702.3	15.1	49.5	11.7	45.1
P1×P4	2 098.5	1 984.0	1 920.9	2 139.4	9.2	3.3	-1.9	-7.3
P1×P5	3 004.8	2 754.2	1 758.5	1 814.7	70.9	56.6	65.6	51.8
P1×P6	2 204.4	1 935.5	1 555.2	1 702.3	41.7	24.5	29.5	13.7
P1×P7	1 782.6	1 739.0	1 483.1	1 702.3	20.2	17.3	4.7	2.2
P2×P3	2 091.4	2 448.0	1 494.7	1 600.7	39.9	63.8	30.7	52.9
P2×P4	2 275.8	2 271.1	1 764.1	2 139.4	29.0	28.7	6.4	6.2
P2×P5	1 978.7	2 233.8	1 601.7	1 814.7	23.5	39.5	9.0	23.1
P2×P6	2 111.5	1 871.2	1 398.4	1 408.1	51.0	33.8	50.0	32.9
P2×P7	1 618.5	1 767.4	1 326.4	1 388.8	22.0	33.2	16.5	27.3
P3×P4	2 226.7	2 641.1	1 870.0	2 139.4	19.1	41.2	4.1	23.4
P3×P5	2 241.5	1 863.3	1 707.7	1 814.7	31.3	9.1	23.5	2.7
P3×P6	2 029.7	2 261.8	1 504.4	1 600.7	34.9	50.3	26.8	41.3
P3×P7	1 685.7	1 634.2	1 432.3	1 600.7	17.7	14.1	5.3	2.1
P4×P5	2 289.3	2 940.1	1 977.1	2 139.4	15.8	48.7	7.0	37.4
P4×P6	2 391.1	2 828.4	1 773.8	2 139.4	34.8	59.5	11.8	32.2
P4×P7	2 456.0	2 852.4	1 701.7	2 139.4	44.3	67.6	14.8	33.3
P5×P6	1 944.0	1 945.1	1 611.4	1 814.7	20.6	20.7	7.1	7.2
P5×P7	1 759.4	1 685.6	1 539.3	1 814.7	14.3	9.5	-3.0	-7.1
P6×P7	1 731.3	1 600.3	1 336.0	1 408.1	29.6	19.8	23.0	13.6
均值	2 077.4	2 180.9	1 616.8	1 796.5	28.7	34.5	16.6	21.7

2.2 烤烟杂种优势组合的亲本配合力分析

2.2.1 产量性状的配合力方差分析 由表 4 可见,7 个烤烟亲本产量的一般配合力效应(GCA)、特殊配合力效应(SCA)、反交(SRE)均达到极显著水平,说明不同亲本间产量存在遗传差异,遗传受加性效应基因、非加性效应基因和细胞质基因控制。产量一般配合力与特殊配合力的均方比值为 2.72,表明烤烟产量的遗传以加性效应为主;反交所占方差分量较小,说明烤烟产量受细胞质基因的影响较小。特殊配合力方差小,说明亲本性状的遗传能力强。

表 4 产量配合力方差分析

变异来源	自由度	产量		F 值
		平方和	均方	
一般配合力	6	3 057 388.7	509 564.8	1 899.4**
特殊配合力	21	3 931 251.3	187 202.4	697.8**
反交	21	997 075.0	47 479.8	177.0**
误差	96	25 755.1	268.3	

2.2.2 杂种组合产量性状的配合力分析 7 个亲

本的 GCA 效应值和 21 个正交组合的 SCA 效应值见表 5,21 个反交组合的 SCA 效应值见表 6。由表 5 可见,7 个烤烟亲本产量的 GCA 差异显著,与其他材料相比,664-01(P4)、秦烟 96(P5)和中烟 100(P1)的一般配合力表现显著的正向效应,能有效提高后代的产量。其中,664-01 产量的 GCA 效应值最高,为 336.23,说明 664-01 具有较好的产量配合力,适宜与其他亲本组配 F<sub>1</sub> 来改良产量性状;云烟 87(P7)产量的 GCA 效应值为-273.99,说明云烟 87 具有较低的产量配合力,不宜与其他亲本组配 F<sub>1</sub> 来改良产量性状。

由表 5 可见,21 个正交杂种组合中,产量 SCA 效应值极显著的前 3 位是中烟 100×秦烟 96(P1×P5)、664-01×云烟 87(P4×P7)和红大×NC89(P2×P3)。

表 5 7 个亲本间产量 GCA 以及 SCA 效应的估计值(正交)

亲本	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	GCA
P1		141.69	43.45	302.11	68.94	116.69	308.12	34.13c
P2	-47.87		98.24	443.79	210.63	25.01	166.44	-107.56f
P3	101.65**	327.59**		345.56	112.39	73.23	264.67	-9.33d
P4	-388.12	-14.23	47.98*		233.16	418.78	610.23	336.23a
P5	683.28**	51.71**	-100.36	116.40**		185.62	377.07	103.07b
P6	59.34**	122.43**	178.60**	297.09**	-134.96		191.45	-82.55e
P7	16.66	15.48	-115.74	532.93**	-165.6	-36.68		-273.99g

注: \* 表示达 5% 显著水平, 下同; 同列小写字母不同表示差异达 1% 显著水平; 上三角为双亲的一般配合力之和, 下三角为双亲的特殊配合力。

由表 6 可见, 21 个反交杂种组合中, 产量 SCA 效应值极显著的前 3 位是秦烟 96 × NC89 (P5 × P3)、G28 × 中烟 100 (P6 × P1) 和秦烟 96 × 中烟 100 (P5 × P1)。

P1 × P5 和 P5 × P1 均表现较好, 说明中烟 100 和秦烟 96 具有较好的产量特殊配合力, 二者所配组合为优势组合。

### 2.3 亲本产量性状的遗传参数估算

根据遗传方差分量估计, 烤烟产量的广义遗传力为 99.48%, 说明产量的变异主要是由遗传决定的, 受环境影响较小, 可在育种早期进行选择; 产量的狭义遗传力为 30.31%, 说明产量遗传由加性效应和非加性效应共同控制, 可以利用选育定性品种或利用杂种优势对烤烟的产量性状进行改良。

表 6 7 个亲本间产量 SCA 效应的估计值(反交)

亲本	P2	P3	P4	P5	P6	P7
P1	-135.83	-284.13	57.22**	125.34**	134.47**	-53.21
P2		-178.29	2.35	-127.55	120.18**	-74.43
P3			-207.20	189.11**	-116.02	25.74
P4				-325.37	-218.64	-198.17
P5					-0.55	36.91
P6						65.51**

## 3 结论与讨论

育种实践证明, 2 个优良亲本间组配的杂交一代并不一定表现出较强的杂种优势<sup>[7]</sup>, 配合力是亲本组配杂交种的一种潜在能力<sup>[8]</sup>, 配合力高低是杂种选配亲本的重要指标。高产强优势组合不仅要求亲本有高的一般配合力水平, 而且要求两亲本之间要有较高的特殊配合力<sup>[9-10]</sup>。

本研究以 7 个重要的烤烟亲本材料为基础, 对其组配的 42 个正、反交组合 F<sub>1</sub> 的产量性状进行分析, 结果如下:

(1) 不同亲本间产量存在明显差异, 产量配合力存在显著的基因型差异, 664-01、秦烟 96 和中烟 100 产量较高, 且 3 个亲本材料的产量一般配合力较高, 中烟 100 与秦烟 96 正反交组合、664-01 × 云烟 87 均表现出较强的优势。664-01、秦烟 96 与其他亲本均表现较强的一般配合力, 是 2 个优秀的亲本材料, 但二者与其自身亲本(红大、G28)的配合力较差, 说明 664-01 和秦烟 96 不适宜与其自身亲本进行回交。

(2) 同一亲本在不同组合的特殊配合力存在差异, 中烟 100 与 664-01 的正反交组合特殊配合力较低, 杂种优势不明显; 2 个河南主栽品种中烟 100 与

云烟 87 所配组合的特殊配合力较低, 杂种优势不明显; 中烟 100 与外引品种 NC89 和 G28、重要亲本红大等所配组合均具有较高的特殊配合力, 杂种优势明显。

(3) 外引品种 NC89 曾经是河南主栽品种<sup>[11]</sup>, 作为亲本材料也曾选育出豫烟 3 号<sup>[12]</sup>等重要烤烟品种, 但在本研究中, 其与其他亲本组配正交表现较好, 反交表现较差, 说明 NC89 细胞质遗传影响较大, 适宜作母本; 外引品种 G28 是重要的亲本材料, 曾经选育出中烟 86、中烟 14、中烟 9203<sup>[13]</sup>等重要烤烟品种, 除与其后代秦烟 96 组配特殊配合力较低外, 与其他亲本组配均有较强的杂种优势。

(4) 红花大金元作为重要的亲本材料, 曾经选育出中烟 103<sup>[14]</sup>、中烟 104<sup>[15]</sup>等重要烤烟品种, 与外引材料 G28 和 NC89 具有较高的配合力。

(5) 云烟 87 作为重要的烤烟品种, 在豫西南烟区有较好的产量表现, 但在本研究中产量较低, 产量配合力较差, 尤其不适宜作母本组配杂种一代。

河南烟区烤烟亲本间存在明显的产量超亲优势, 超亲优势平均 19.2%, 组合间差异较大, 变幅为 -7.3%~65.6%。从 7 个亲本及其 42 个组合中选出 2 个优秀亲本材料 664-01、秦烟 96 以及中烟 100 × 秦烟 96 优势杂种组合; 高优势组合的亲本产量配

合力特点是亲本具有较高的产量表现,且双亲至少有一个具有较高的一般配合力,二亲本间具有较高的特殊配合力。

本研究只分析了 1 a 的小区产量结果,而影响烤烟品种亲本选配的因素很多,如抗病性和烟叶内在质量等都很重要,关于更多亲本选配理论和实践研究仍需进一步完善。

#### 参考文献:

- [1] 刘庆昌. 遗传学[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 佟道儒. 烟草育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [3] 李雪君,孙焕,段旺君,等. 烤烟新品种豫烟 7 号的选育及其特征特性[J]. 中国烟草科学,2011,32(3):8-11.
- [4] 贾兴华,冯全福,王元英,等. 烤烟新品种中烟 202 (CF202)的选育及其主要性状鉴定[J]. 中国烟草科学,2012,33(1):1-6.
- [5] 孙计平,李雪君,孙焕,等. 烟草遗传特性研究进展[J]. 河南农业科学,2012,41(9):10-13.
- [6] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2010.

- [7] 杨加银,盖钧镒. 黄淮地区大豆重要亲本间产量的杂种优势、配合力及其遗传基础[J]. 作物学报,2009,35(4):620-630.
- [8] 于海燕. 玉米新选系配合力分析及应用[D]. 北京:中国农业科学院,2007.
- [9] 蒋开锋,郑家奎,赵甘霖,等. 基于 AMMI 模型的 NC II 交配设计试验的配合力分析[J]. 作物学报,2000,26(6):959-962.
- [10] 周应兵. 烤烟主要农艺性状、经济性状和烟叶主要化学成分遗传研究[D]. 南京:南京农业大学,2004.
- [11] 李雪君,孙焕. 河南省农科院烟草育种回顾与展望[J]. 河南农业科学,2009(9):99-101.
- [12] 王素琴,陈廷贵,李桂英,等. 烤烟新品种豫烟 3 号[J]. 中国烟草科学,2001,22(4):27-28.
- [13] 王素琴,段旺军,刘凤兰,等. 中国烤烟主要育成品种的种质资源分析[J]. 中国种业,2003(7):49.
- [14] 罗成刚,蒋予恩,王元英,等. 烤烟新品种中烟 103 的选育及其特征特性[J]. 中国烟草科学,2008,29(5):1-5,10.
- [15] 刘洪祥,罗成刚,陈志强,等. 烤烟新品种中烟 104 的选育及评价利用[J]. 中国烟草科学,2010,31(3):1-6,12.

(上接第 14 页)

### 3 结论与讨论

研究肥料对作物农艺性状的影响,有利于针对某一性状进行选择栽培时确定适宜的施肥方式。研究表明,追肥增加了甜高粱灌浆期的株高和叶面积指数,其中氮肥追施 150~300 kg/hm<sup>2</sup> 效果较好。氮肥对甜高粱的这种效果与其对玉米的影响效果一致<sup>[8]</sup>。

总含糖量直接关系到甜高粱秸秆提取糖分制造燃料乙醇的产量。代表糖分含量的糖锤度和表示产量的生物鲜质量及茎秆鲜质量是对总糖含量影响最直接的因素。前人研究表明,过量施用氮肥会使茎秆中糖分含量下降<sup>[4]</sup>,本研究验证了此点。本研究结果还显示,适量追施钾肥和氮肥增加了甜高粱灌浆期茎秆糖锤度,开花前追肥对成熟期甜高粱糖锤度影响较小,说明开花前追肥对提高甜高粱糖锤度的肥效持续时间有待延长。追肥提高了甜高粱茎秆鲜质量和生物鲜质量,这种增加干物质的作用主要体现在灌浆期。过量的追肥反而影响干物质的积累,导致生产成本增加。

从总体效果来看,种(底)肥(300 kg/hm<sup>2</sup> 氮磷钾复合肥)+追肥(150 kg/hm<sup>2</sup> 尿素+150 kg/hm<sup>2</sup> 硫酸钾)的施肥方式可以得到最高的估算总糖量,可

以考虑将这种施肥方式在辽北地区甜高粱的高产高效栽培中进行推广。

#### 参考文献:

- [1] 张建安,刘德华. 可再生生物质能源的利用[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [2] 霍小龙. 生物燃料发展迟滞非粮乙醇产业应提速[N]. 中国经济导报,2011-08-20(2)
- [3] 刘莉,孙君社,康利平,等. 甜高粱茎秆生产燃料乙醇[J]. 化学进展,2007,19(7):1109-1105.
- [4] 陈连江,陈丽,赵春雷. 氮磷化肥施用量对甜高粱产量性状的影响[C]//吴创之. 生物质能源技术国际会议论文集. 广州:经天广告传播有限公司,2008:536-542.
- [5] 魏鑫,李莹,关尔鑫. 甜高粱含糖量的意义及其影响因素的初步探讨[J]. 沈阳师范大学学报:自然科学版,2010,28(3):430-432.
- [6] 焦少杰,王黎明,姜艳喜,等. 不同施肥方式对甜高粱产量和含糖量的影响[J]. 中国农村小康科技,2010(1):62-64.
- [7] 张志鹏,邹剑秋,朱凯,等. 能源用甜高粱辽甜 1 号选育报告[J]. 杂粮作物,2007,27(6):399-400.
- [8] 孙占祥,孙文涛. 水肥互作对玉米生长发育及产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2005,36(3):275-278.