

广适应大豆品种中黄 13 的光周期反应

姜 妍^{1,2}, 冷建田¹, 费志宏¹, 冯 涛^{1,2}, 祖 伟², 王连铮¹, 韩天富¹, 吴存祥¹

(¹中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程, 北京 100081; ²东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:中黄 13 是我国目前种植面积最大的大豆品种, 适宜推广范围覆盖黄淮海流域夏大豆区、北方春大豆区、南部和南方多作大豆区部分区域, 表现出较强的适应能力。为分析中黄 13 广适应的机制, 在不同光周期条件下研究中黄 13 开花期、成熟期等生育期性状, 株高、节数、分枝数等农艺性状和蛋白质含量、脂肪含量等品质性状对光周期的反应, 比较中黄 13 不同性状间以及中黄 13 与成熟期相近的品种中黄 24 和凤交 66-12 间光周期反应敏感性的差异, 并分析中黄 13 在各级区域试验中的产量稳定性, 以期为中黄 13 的进一步推广和广适应大豆新品种选育提供理论依据。结果表明: 中黄 13 在短日照(12 h)、长日照(16 h)和北京自然光照条件下均能正常开花结实, 生育期性状的光周期反应敏感性弱于中黄 24 和凤交 66-12。随光照长度的增加, 中黄 13 的株型和农艺性状变化较为明显, 但与中黄 24 和凤交 66-12 相比, 其株高、主茎节数、分枝数、顶端花序荚数、单株有效荚数、单株粒数和单株粒重等性状的光周期反应敏感性均较弱, 表现出较好的稳定性, 但其蛋白质含量受光周期影响较大。综合分析光照处理和区域试验的结果, 认为光周期反应相对钝感是中黄 13 广适应的重要原因。

关键词:大豆; 中黄 13; 广适应性; 光周期反应

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2009)03-0377-05

Photoperiod Responses of A Widely-adapted Soybean Cultivar of Zhonghuang 13

JIANG Yan^{1,2}, LENG Jian-tian¹, FEI Zhi-hong¹, FENG Tao^{1,2}, ZU Wei², WANG Lian-zheng¹, HAN Tian-fu¹, WU Cun-xiang¹

(¹Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081; ²College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: Zhonghuang 13 is the most widely-grown soybean varieties in China in recent years. It adapted to grow in the broad area of Yellow and Huaihe River Valleys, the southern part of North Spring Soybean Planting Area, and some part of South Multi-Planting Soybean Area in this country. In order to analyze the mechanism of its adaptability to changing environments, the plants were treated with 12 h short-days (SD), 16 h long-days (LD) and natural photoperiod treatments respectively, the experiments were conducted to study the photoperiodic responses of Zhonghuang 13 in growth period traits, agronomic traits and quality traits under different photoperiod conditions. Comparisons of photoperiod sensitivity were also made between the different traits of Zhonghuang 13 and between Zhonghuang 13 and other two varieties, Zhonghuang 24 and Fengjiao 66-12, with similar maturity; the performances of Zhonghuang 13 in different provincial uniform tests were analyzed as well. Zhonghuang 13 could bloom and mature normally under short-day (12 h), long-day (16 h), and natural photoperiod treatments. Photoperiod sensitivity of its growth period traits was weaker than that of Zhonghuang 24 and Fengjiao 66-12. With increase of day length, the plant type and agronomic traits of Zhonghuang 13 changed significantly. However, the photoperiod responses of the traits like plant height, node number on main stem, branch number, pod number on terminal raceme, seed number and seed weight per plant in Zhonghuang 13 were weaker than those of Zhonghuang 24 and Fengjiao 66-12, but its protein content was more sensitive to photoperiod than that in the other two varieties. From the above results, it was drawn that the less photoperiod sensitivity was the major reason for Zhonghuang 13 to adapt to wide areas.

Key words: Soybean; Zhonghuang 13; Adaptability; Photoperiod response

收稿日期: 2009-03-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471054, 30490250); 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2006AA100104); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2009CB118400); 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A04); 公益性行业(农业)科研专项资助项目(3-4); 现代农业产业技术体系建设专项资助项目(nycyt-004)。

作者简介: 姜妍(1979-), 女, 博士研究生, 研究方向为大豆发育生物学。E-mail: yanjiang416@163.com。

通讯作者: 吴存祥, 副研究员。E-mail: wucx@mail.caas.net.cn。

大豆品种的推广范围受其丰产性、稳产性和商品性等内在特性及推广力度、推广手段等外部条件的共同影响。大豆品种的适应性除取决于该品种的抗病性、对肥水条件的要求外,更取决于该品种对光周期反应的敏感性。大豆是典型的短日照作物,多数品种的适宜种植范围狭窄,即所谓“百里不引豆”。然而,大豆品种在地域适应能力方面确实存在较大差异,部分品种的适应区域明显好于其它品种,成为生产上的主栽品种。因此,探明品种间适应能力差异的内在原因,对新品种的选育、推广都具有重要的意义。

中黄 13 由中国农业科学院作物科学研究所豫豆 8 号作母本、中作 90052-76 作父本进行有性杂交,采用系谱法选育而成。自 2001 年起,先后通过安徽省、天津市、北京市、陕西省、辽宁省、四川省等 6 个省(市)审定,同时通过国家农作物品种审定委员会审定,该品种适宜在安徽、山东、陕西南部、河北南部、河南、江苏等地夏播,又可在天津、辽宁南部、北京、河北北部和四川等地春播种植^[1]。该品种 2002 年的推广面积约为 1 万 hm^2 ,2006 年的推广面积约为 33.07 万 hm^2 ^[2],2007 年推广面积已经达到 53.80 万 hm^2 ^[3],成为我国推广面积最大的大豆品种。该品种于 2005~2009 年连续 5 年被农业部推荐为主推品种,被国家发改委定为《大豆良种产业化项目》重点推广的大豆品种,被科技部列为超高产作物育种课题重点大豆示范推广品种^[4-5]。目前累计创造经济效益在 20 亿元以上,为发展我国大豆生产做出了突出贡献。以中黄 13 为主要试材,研究其光周期反应特性,以期为中黄 13 的进一步推广和广适应大豆新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

中黄 13、中黄 24 和风交 66-12,3 个品种生育期相近。

1.2 材料处理

盆栽试验于 2007 年在中国农业科学院北京国家大豆改良分中心网室进行。分别设置自然光照、短日照和长日照等 3 种光照处理。其中,短日照处理(SD)光照长度为 12 h(7:00~19:00 置于自然光下,其余时间置于暗室);长日照处理(LD)光照长度为 16 h(6:00~22:00,置自然光照下,日出前和日落后用白炽灯补足,植株顶端光量子通量密度为 28~

50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。自然光照处理于 5 月 8 日播种于田间,5 月 17 日前后出苗;短日照处理和长日照处理材料于 5 月 10 日播于盆内,5 月 17 日前后出苗,每个处理 15 盆,每盆留苗 15 株,其中 5 盆在真叶期后进行定苗处理,每盆留 3 株进行生育期调查和考种。播种前每盆装混有 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 的耕层土壤 7.25 kg。其他同大田管理。

1.3 测定项目与方法

生育时期记载按 Fehr 等^[6]的大豆发育时期划分标准记载各发育时期出现的日数,收获后测定株高、主茎节数、分枝数、花序小花数、顶端花序荚数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重等农艺性状和蛋白质、脂肪等品质性状。采用德国 BRUKER 公司生产的 MATRIS-I 型近红外品质分析仪测定蛋白质含量和脂肪含量。

1.4 数据处理

应用 Microsoft Excel 软件对北京(2000 和 2001)、天津(1999)、安徽(1999)、四川(2002)和陕西(1999)等 5 个省(市)大豆品种区域试验数据进行整理和分析。各性状的光周期反应敏感性用短日促进率(short-day hastening rate)^[7-8]表示,计算公式如下:

$$\text{SDHR}(\%) = \frac{V_{\text{LD}} - V_{\text{SD}}}{V_{\text{LD}}} \times 100$$

其中, V_{LD} 为长日照(LD)条件下的表型值, V_{SD} 为短日照(SD)条件下的表型值。

2 结果与分析

2.1 光周期对不同大豆品种发育性状的影响

不同光照处理下的中黄 13、中黄 24 和风交 66-12 均能在试验条件下正常开花结实。在短日照处理下,3 个品种的出苗至初花日数和出苗至始熟期日数相近。长日照处理使 3 个品种的生育进程明显延迟,出苗至初花日数和出苗至始熟期日数均受到光周期处理的影响,但中黄 13 的出苗至初花日数和出苗至始熟期日数较中黄 24 和风交 66-12 短。从开花期和始熟期的短日照促进率的分析可看出,中黄 13 的光周期反应比中黄 24 和风交 66-12 钝感。

2.2 光周期对不同大豆品种农艺性状和品质性状的影响

在不同光照条件下,3 个品种的农艺性状和品质性状均发生变化(表 2),但不同品种及同一品种

表 1 3 个供试大豆品种在不同光照处理下的
开花期和成熟期

Table 1 Comparison of flowering and maturity dates between
three tested soybean varieties in different photoperiodic treatments

品种	光照处理	出苗至始花日数	出苗至始熟日数
Variety	Photoperiod treatment	VE to R1 /d	VE to R7 /d
中黄 13 Zhonghuang 13	NP	48.1 ± 0.8	112.9 ± 0.9
	LD	61.0 ± 1.0	146.0 ± 2.0
	SD	24.7 ± 0.6	64.3 ± 0.6
	SDHR/%	59.51	55.96
中黄 24 Zhonghuang 24	NP	39.1 ± 1.0	98.8 ± 0.9
	LD	72.0 ± 1.0	165.7 ± 1.5
	SD	22.7 ± 0.6	59.3 ± 1.2
	SDHR/%	68.47	64.21
凤交 66-12 Fengjiao 66-12	NP	39.8 ± 0.5	101.4 ± 0.7
	LD	76.3 ± 1.5	161 ± 1.7
	SD	24.0 ± 1.0	61.3 ± 1.5
	SDHR/%	68.55	61.93

NP- 自然光照 (natural photoperiod); LD- 长日照 (long day); SD- 短日照 (short day); VE- 出苗期 (emergence); R1- 开花期 (beginning bloom); R7- 始熟期 (physiological maturity). SDHR- 短日促进率 Short-day hastening rate

不同性状的光周期反应敏感性不同。以 SDHR 作为衡量指标,可看出中黄 13 在株高、主茎节数、分枝数、顶端花序荚数、单株有效荚数、单株粒数和单株粒重等 7 个农艺性状上的光周期反应敏感性均较其它两个品种弱,中黄 24 的顶端花序小花数和凤交 66-12 的节数光周期反应敏感性较另外两个品种弱,其他性状对光周期反应较为敏感。总的来说,中黄 13 相对于中黄 24 和凤交 66-12 在多数农艺性状上表现出一定的稳定性,对光周期反应相对钝感。

大豆蛋白质和脂肪含量也受光周期变化的影响。中黄 13 蛋白质含量在自然光照条件最高,而脂肪含量在短日下含量较高,从品质性状对光周期反应的敏感程度来看,中黄 13 的蛋白质含量对光周期反应较敏感,脂肪含量反应相对钝感。中黄 24 和凤交 66-12 分别在蛋白质含量和脂肪含量方面对光周期的反应敏感性较弱。

表 2 光周期处理对 3 个供试大豆品种农艺性状的影响

Table 2 Effects of photoperiodic treatments on agronomic traits in three tested soybean varieties

品种	光照处理	株高	节数	分枝数	顶端花序小花数
Variety	Photoperiod treatment	Plant theight /cm	Node No. on the main stem	Branch No. per plant	Flower No. on terminal raceme
中黄 13 Zhonghuang 13	LD	150.9 ± 7.7	20.8 ± 0.7	1.4 ± 0.3	5.7 ± 0.9
	SD	35.4 ± 0.4	7.8 ± 0.4	1.3 ± 0.3	1.6 ± 0
	SDHR/%	76.54	62.50	7.14	71.93
中黄 24 Zhonghuang 24	LD	274.7 ± 23.7	27.3 ± 3.6	4.1 ± 0.6	0.7 ± 0.7
	SD	42.0 ± 2.7	7.9 ± 0.6	0.6 ± 0.5	0.9 ± 0.1
	SDHR/%	84.71	71.06	85.37	-28.57
凤交 66-12 Fengjiao 66-12	LD	257.9 ± 9.8	20.4 ± 0.2	2.1 ± 0.7	17.9 ± 0.5
	SD	49.0 ± 1.1	7.8 ± 0.2	1.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5
	SDHR%	81.00	61.76	28.57	86.03
		顶端花序荚数	有效荚数	单株粒数	单株粒重
		Pod No. on terminal raceme	Effective pod No. per plant	Seed No. per plant	Seed weight per plant /g
中黄 13 Zhonghuang 13	LD	0.8 ± 0.5	28.3 ± 1.8	51.0 ± 4.0	10.2 ± 1.4
	SD	1.1 ± 0.4	12.5 ± 1.1	20.9 ± 3.2	4.5 ± 0.2
	SDHR/%	-37.50	55.83	59.02	55.88
中黄 24 Zhonghuang 24	LD	0.3 ± 0.3	37.1 ± 10.5	75.4 ± 22.9	11.5 ± 2.8
	SD	0.9 ± 0.1	11.7 ± 2.0	19.4 ± 6.1	3.0 ± 1.0
	SDHR/%	-200.00	68.46	74.27	73.91
凤交 66-12 Fengjiao 66-12	LD	0.9 ± 0.3	28.0 ± 8.9	54.3 ± 18.8	8.8 ± 2.5
	SD	1.7 ± 0.2	8.5 ± 0.9	11.3 ± 3.0	2.3 ± 0.7
	SDHR/%	-88.89	69.64	79.19	73.86

表3 光照处理对不同大豆品种蛋白质和脂肪含量的影响
Table 3 Effect of photoperiodic treatments on protein content and oil content in different soybean varieties

品种 Variety	处理 Photoperiod treatment	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Oil content/%
中黄 13 Zhonghuang 13	NP	43.73 ± 0.11	18.11 ± 0.31
	LP	39.02 ± 0.61	18.75 ± 0.52
	SP	41.46 ± 0.58	19.45 ± 0.24
中黄 24 Zhonghuang 24	NP	42.33 ± 0.50	21.39 ± 0.32
	LP	36.70 ± 0.60	21.22 ± 0.60
	SP	36.45 ± 1.22	23.28 ± 0.32
凤交 66-12 Fengjiao 66-12	NP	39.28 ± 0.42	21.36 ± 0.07
	LP	39.98 ± 0.56	20.42 ± 0.17
	SP	42.41 ± 2.23	21.04 ± 0.94

2.3 中黄 13 在各级大豆品种区域试验中的表现
从部分省(市)大豆品种区域试验的结果(表

表4 中黄 13 在不同区试点的生育状况

Table 4 Developmental traits of Zhonghuang 13 in the different uniform tests

地区 Region	年份 Year	出苗至开花日数 VE to R1/d	同组平均开花期 Average days from VE to R1 of others varieties in the same tests /d	生育期 Days from VE to R8/d	同组平均生育期 Average days from VE to R8 of others varieties in the same tests /d	结荚习性 Stem termination type
北京市(春播组) Beijing Municipality(Spring sowing)	2001	48.0	46.3	132	135.3	亚有限 Semi- determinate
北京市(春播组) Beijing Municipality(Spring sowing)	2000	51.2	50.2	135.8	137.5	亚有限 Semi- determinate
天津市(夏播组) Tianjin Municipality(Summer sowing)	1999	35.3	30.7	106	97.5	亚有限 Semi- determinate
安徽省(夏播组) Anhui Province(Summer sowing)	1999	/	/	99.9	91.6	有限 Determinate
四川省(春播组) Sichuan Province(Spring sowing)	2002	50.5	54.2	122.3	122.9	有限 Determinate

表5 中黄 13 在不同省、市区试点的产量

Table 5 Yield of Zhonghuang 13 in the uniform tests of difference regions

地区 Region	年份 Year	纬度 Latitude	平均产量 Average yield /kg · hm ²	产量平均位次 Order of yield
北京市(春播组) Beijing Municipality (Spring sowing)	2001	39.72° -40.22°N	2 829.00	1
北京市(春播组) Beijing Municipality (Spring sowing)	2000	39.72° -40.22°N	2 851.95	1
陕西省 Shaanxi Province	1999	33.04° -36.35°N	3 365.55	1
安徽省(夏播组) Anhui Province (Summer sowing)	1999	32.54° -33.57°N	3 486.30	1
四川省(春播组) Sichuan Province (Spring sowing)	2002	29.59° -30.40°N	2 629.50	3

4)可看出,中黄 13 在北京、天津、安徽、四川等省市均可正常开花、结实和成熟,其开花期和全生育期在不同的区域试验中有明显的变化,但与当地主栽品种平均的开花期和全生育期相近,对不同生态类型地区表现出良好的适应性。由于受不同参试地区光照长度的影响,中黄 13 的株型和茎顶生长类型均发生变化,表现为有限结荚习性或亚有限结荚习性。中黄 13 在北京、陕西、安徽、四川等 4 个省(市)平均产量均高于对照。除四川外,该品种在其他省(市)区域试验中的单产均位居第一位,其中,在 1999 年安徽省夏播组区域试验中,单产达到 3 486.30 kg · hm⁻²(表 5)。多年多点的区域试验结果证明,中黄 13 的适应区域范围较广,适应性较强,是适合大面积推广的优良品种。

3 讨论

以往的研究表明不同大豆品种对光周期反应的敏感程度不同,光周期反应敏感性较弱的品种可以跨越多个生态区种植,成为广适应的主推品种。例如,东北地区大豆品种满仓金、东农 4 号、铁丰 18、黑农 26、合丰 25、合丰 35、绥农 14、合丰 45,黄淮海地区品种跃进 5 号、诱变 30、鲁豆 4 号、中黄 13 等品种种植范围较大,推广速度迅速,经济效益显著。它们的共同特点是亲本之一或双亲本具有秆强、节间短、结荚密、早熟的特性,品种高产、稳产、优质,抗倒伏,抗病性和抗逆性强,适应能力强,光周期反应不敏感,其中,光周期反应相对钝感是品种广适应的重要原因。

关于光周期对大豆的发育状况和农艺性状的影响,许多学者对此已作了大量工作^[9-12]。结果证

明:中黄 13 的生育期性状、农艺性状和品质性状在不同光周期条件下均发生明显变化,说明该品种对光周期反应较为敏感,但与其他两个品种相比,中黄 13 在开花期和成熟期性状上的光周期敏感性比其他两个品种弱,成熟时该品种的株高、节数、分枝数、花序荚数、有效荚数、单株粒数和单株粒重 7 个农艺性状及脂肪含量对光周期的反应较另两个品种钝感,而蛋白质含量对光周期反应敏感。在区域试验中,中黄 13 的蛋白质含量变化较大,对光周期的反应敏感。韩天富等^[13]曾指出,光照长度对蛋白质含量的影响大于对油分的影响,与本结果相吻合。中黄 13 育成后,在各级品种区域试验中,其产量均高于对照且稳定性较强,且在不同的区域表现出与当地品种相似的生育期,抗病性和抗倒伏性也较强,结荚习性因环境变化略有不同,说明该品种应对环境变化的能力较强,是一个高产、稳产、抗病性好的广适应品种。

结果显示,光周期反应敏感性是鉴定品种广适应能力的有效指标,在衡量大豆品种的光周期反应敏感性时应综合考虑生育期性状和农艺性状。中黄 13 的选育经验说明,选育广适应品种时应选择血缘关系较远,生育日数差值小,成熟期适当,具有高产、稳产及适应性强的优良基因的品种(系)作为亲本^[14-17],后代选择过程中对于优良的大豆品系应进行多点鉴定,以明确品种的适应性。品种审定后,要抓好原种繁殖,重视展示示范,加大推广力度。

4 结论

通过人工光周期处理,以短日促进率为指标,研究了广适应大豆品种中黄 13 及其它两个生育期相近大豆品种不同性状光周期反应敏感性的差异,并分析了中黄 13 在区域试验中的表现。结果表明,光周期处理对中黄 13 的发育性状、农艺性状和品质性状均有较大影响,但与其他参试品种相比,该品种在开花期、成熟期、株高、主茎节数、分枝数、顶端花序荚数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重等 7 个农艺性状及脂肪含量方面的光周期反应相对钝感。多年多点的区域试验结果也证明,光温反应钝感是中黄 13 广适应的重要原因,这些结果为中黄 13 的进一步推广提供了理论依据,也为广适应性新品种的选育提供了很好的范例。

致谢:中国农业科学院作物科学研究所赵荣娟技师提供区域试验资料,武甲林、曹东等同学协助进行光

周期处理。

参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部. 2007 年农业主导品种和主推技术 [G]. 北京:中国农业出版社,2007:50. (Ministry of Agriculture, People's Republic of China. Leading varieties and major extension techniques in agriculture in 2007 [G]. Beijing: China Agriculture Press, 2007:50.)
- [2] 全国农业技术推广服务中心. 2006 年全国农作物主要品种面积推广情况统计汇编 [G]. 2007. (National Agricultural Technology Extension Service. Planting area statistics of major crop varieties in 2006 [G]. 2007.)
- [3] 全国农业技术推广服务中心. 2007 年全国农作物主要品种面积推广情况统计汇编 [G]. 2008. (National Agricultural Technology Extension Service. Planting area statistics of major crop varieties in 2007 [G]. 2008.)
- [4] 王连铮,王岚,赵荣娟,等. 高产高蛋白多抗性广适应性大豆中黄 13 在各地试验和推广的情况 [J]. 大豆科技与产业化, 2008 (1):8-10. (Wang L Z, Wang L, Zhao R J, et al. Experiments and extension of high yield, high protein, multiple resistant and widely adapted soybean cv. Zhonghuang 13 [J]. Soybean Sci-tech and Industrialization, 2008 (1):8-10.)
- [5] 韩天富,吴存祥,常汝镇,等. 大豆主导品种、主推技术及其推广应用 [J]. 大豆通报, 2008 (2):1-6. (Han T F, Wu C X, Chang R Z, et al. MOA-recommended Leading soybean varieties and major cultivation techniques and their extension in China [J]. Soybean Bulletin, 2008 (2):1-6.)
- [6] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development [M]. Agricultural and Home Economics Experimental Station Special Report 80. Iowa State University, Ames, IA, USA. 1977, :1-11.
- [7] 韩天富,王金陵. 大豆开花后光周期反应的研究 [J]. 植物学报, 1995, 37(11):863-869. (Han T F, Wang J L. Studies on the post flowering photoperiodic responses in soybean [J]. Acta Botanica Sinica, 1995, 37(11):863-869.)
- [8] 王英,吴存祥,张学明,等. 不同光照长度下大豆生育期主基因的效应 [J]. 作物学报, 2008, 34(7):1160-1168. (Wang Y, Wu C X, Zhang X M, et al. Effects of soybean major maturity genes under different photoperiods [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(7):1160-1168.)
- [9] 韩天富,王金陵,范彬彬,等. 开花后光照长度对大豆农艺性状的影响 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(2):169-173. (Han T F, Wang J L, Fan B B, et al. Effect of post-flowering daylength on agronomic characters of soybean [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1996, 7(2):169-173.)
- [10] 韩天富,盖钧镒,邱家驯. 中国大豆不同生态类型代表品种开花前、开花后光周期反应的比较研究 [J]. 大豆科学, 1998, 17(2):129-134. (Han T F, Gai J Y, Qiu J X. A comparative study on pre- and post-flowering photoperiod response in various ecotypes of soybeans [J]. Soybean Science, 1998, 17(2):129-134.)

(下转第 393 页)