

温度、水分和盐度对转基因耐草甘膦大豆种子萌发和幼苗生长的影响

周军英, 王长永, 续卫利 (国家环境保护总局 南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042)

摘要: 为了探明转 CP4-EPSPS(5-烯醇丙酮酸莽草酸-3-磷酸合成酶)基因是否会对大豆种子及幼苗的抗逆性产生影响,进而为转基因耐草甘膦大豆的环境安全评价提供科学依据,通过室内试验研究了温度、水分和盐度对转基因耐草甘膦大豆 ARG、受体大豆 n-ARG及我国传统栽培大豆苏豆 3号种子萌发与幼苗生长的影响。结果表明:在种子萌发阶段,ARG对高温胁迫和水分胁迫的抗性显著低于 n-ARG和苏豆 3号; ARG对盐分胁迫的抗性与 n-ARG没有显著差异,但抗性明显弱于苏豆 3号。幼苗生长阶段,在温度胁迫(高温 40 ℃,低温 15 ℃)和水分胁迫(渍水和干旱)条件下,ARG在株高增长量和生物量方面都没有表现出优势,相反,在某些方面反而抗性更弱。例如,在轻度干旱胁迫(相对含水量 55%)条件下,ARG地上部干重明显小于 n-ARG。ARG对盐分胁迫的抗性也弱于 n-ARG及我国传统栽培大豆苏豆 3号。总之,与非转基因受体大豆 n-ARG和我国传统栽培大豆苏豆 3号相比,转基因耐草甘膦大豆 ARG在温度、水分和盐度逆境条件下的竞争性和入侵性不强。

关键词: 温度; 水分; 盐度; 转基因耐草甘膦大豆; 发芽率; 幼苗

中图分类号: Q948.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4831(2006)02-0026-05

Comparison Between Transgenic Soybean and Non-Transgenic Soybean in Resistance to Stresses ZHOU Jun-ying, WANG Chang-yong, XU Wei-li (Nanjing Institute of Environmental Sciences, State Environmental Protection Administration, Nanjing 210042, China)

Abstract: To ascertain whether transgenic engineering will affect resistance of seeds and seedlings to stresses, and consequently provide first-hand scientific information for environmental safety assessment of transgenic soybean, comparative studies were conducted in laboratory and greenhouse on transgenic soybean ARG, its counterpart n-ARG and Su 3 a traditional soybean cultivar in China. Results show at the germination stage, ARG was much weaker than n-ARG and Su 3 in resistance to high temperature and water stress, and similar to n-ARG but weaker than Su 3 in resistance to salt stress. At the seedling stage, given temperature stress (high - 40 ℃, low - 15 ℃) and water stress (flood and drought), ARG showed no advantage in height and biomass, and on the contrary, some disadvantages in certain conditions. For example, under a slight drought (relative water content 55%), ARG was obviously less than n-ARG in dry weight of the overground part, and also weaker than n-ARG and Su 3 in salt tolerance. The research shows the herbicide-tolerant transgenic soybean ARG is rather weak in competitiveness and invasiveness under stress conditions.

Key words: temperature; moisture; salinity; transgenic soybean; tolerant to glyphosate; seedling

自 1983年世界第 1例转基因植物问世以来,转基因植物的研究迅速发展,田间试验次数每年都以成倍的速度增长。在转基因作物中,耐除草剂转基因植物所占比例最高,增加速度也最快^[1-4]。随着耐除草剂转基因植物的大面积释放,其对生态环境可能带来的风险也越来越引起人们的关注。耐除草剂转基因植物释放后可能带来的生态风险主要有以下 3方面:(1)转基因作物变成农业杂草及对自然生境入侵的可能性;(2)所转基因流向野生近缘种,

其杂交后代的杂草特性及入侵性提高的可能性;(3)转基因作物对人、家畜及生物物种直接危害的可能性(毒性,过敏性等)^[5-8]。虽然一些国家如美国、加拿大、英国、日本等相继开展了耐除草剂转基因植物环境安全方面的研究,但从总体上讲,人们对耐除草剂转基因植物的安全性仍知之甚少。尤其

基金项目:科技部重大转基因植物研究专项(J00-C-004)

收稿日期:2005-12-27

是我国,对耐除草剂转基因植物的安全性缺乏第一手的评价资料。我国每年都要从美洲国家进口约 300 多万 t 大豆^[9],其中就包含转基因大豆。而我国又是大豆的原产地和多样性集中地,拥有 90% 的大豆资源,从黑龙江省到广东省到处都有野生大豆分布^[9]。因此,在我国开展转基因耐除草剂大豆的环境安全评价研究显得尤为迫切和重要。

转基因植物对自然生境的入侵性是环境安全评价的重要方面,植物在不同生境条件下的生存及适应能力是入侵性研究的重要内容。笔者通过室内试验比较了转基因耐草甘膦大豆与非转基因大豆(受体大豆、我国传统栽培大豆)的抗逆性,揭示了温度、水分、盐度对转基因大豆与非转基因大豆种子萌发及幼苗生长的影响,进而探讨转基因是否会对种子及幼苗的抗逆性产生影响。

1 材料与方法

1.1 大豆种子

转 CP4-EPSPS(5-烯醇丙酮酸莽草酸-3-磷酸合成酶)基因耐草甘膦大豆(以下简称 ARG)和不耐草甘膦的受体大豆(以下简称 n-ARG),来源于阿根廷 N DERA 种子生物技术实验室;国内栽培大豆苏豆 3 号。以上 3 种大豆品种由江苏省农业科学研究院经济作物研究所提供。

1.2 试剂

氯化钠、聚乙二醇 6000(PEG 6000)、石英砂。

1.3 土壤

试验土壤为河南二合土,土壤质地为粉壤土,CEC 为 $8.46 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质为 $16.91 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 9.17。

1.4 仪器设备

光照培养箱、冰箱、培养皿、塑料花盆。

1.5 试验设计

1.5.1 温度对大豆种子萌发的影响

将 3 种大豆种子置于 5 种温度(5, 15, 25, 30 和 40)条件下进行萌发试验。萌发方法是选不同品种的大豆种子各 75 粒,分成 3 组,每组 25 粒,置于培养皿中。将培养皿置于培养箱中,7 d 后比较各品种的发芽率。发芽率计算公式为:

$$\text{发芽率} = (\text{发芽种子数} / \text{供试种子总数}) \times 100\%$$

1.5.2 水分对大豆种子萌发的影响

应用 PEG 6000 进行干旱处理,以不同质量浓度的 PEG 6000 溶液处理种子发芽床,PEG 质量浓度

梯度为:CK(0), 20, 40, 60, 80 和 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。种子萌发方法同 1.5.1,定期观察并记录发芽情况。

1.5.3 盐度对大豆种子萌发的影响

以不同质量浓度的 NaCl 溶液处理种子发芽床,NaCl 质量浓度梯度为:CK(0), 4, 8, 12 和 $16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。种子萌发方法同 1.5.1,定期观察并记录发芽情况。

1.5.4 温度对大豆幼苗生长的影响

试验设计 3 种温度条件,即高温 40、中温 30 和低温 15,光周期为 10 h/14 h(日/夜),[光]照度为 4000 lx 。每盆装土量相同,调节土壤持水量至最大田间持水量的 70%,播种,正常管理至种子萌发并且第 1 片真叶完全展开时将盆钵置于培养箱中作 3 种温度处理。每个处理设 3 盆重复,每盆保留 6 株幼苗。处理前测量并记录幼苗株高,以后每隔 5 d 测量 1 次株高,幼苗长至 4 叶 1 心时结束试验,测量株高、地上及地下部干重。

1.5.5 水分对大豆幼苗生长的影响

试验设计 4 种水分处理,即:处理 1,相对含水量 100% (最大田间持水量),水分过多;处理 2,相对含水量 70%,供水良好;处理 3,相对含水量 55%,轻度干旱胁迫;处理 4,相对含水量 35%,重度干旱胁迫。每天定时称取盆重,补充当天失去的水分,使各处理保持设定含水量。试验步骤同 1.5.4。

1.5.6 盐度对大豆幼苗生长的影响

以 NaCl 进行单盐处理。处理时,将 NaCl 溶解在每盆所需添加的水中(加水后土壤相对含水量为 70%),滴加在土壤中。各处理土壤盐分加入量(以风干土计)依次为:CK(0), 2, 4, 6, 8 和 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。试验步骤同 1.5.4。

1.6 数据分析

试验数据采用 SPSS 软件进行单因素方差分析,并采用 Duncan's 新复极差法(LSR)进行多重比较的差异显著性检验。

2 结果与讨论

2.1 温度对大豆种子萌发的影响

3 种大豆种子在 5 种不同温度下萌发试验结果见表 1。由表 1 可知,在温度很低(5)时,3 种大豆种子均不能发芽;在 15, 25 和 30 条件下,3 种大豆种子萌发良好;在 40 高温时,则抑制了种子的萌发,3 种大豆种子发芽率都显著降低。就品种间的差异来看,在 15, 25 和 30 条件下,转基因大

豆 ARG 与其受体 n-ARG 及苏豆 3 号的发芽率均无显著差异;而在 40 时, ARG 发芽率则低于受体 n-ARG 及苏豆 3 号, 差异达到极显著。表明在种子萌发阶段, 转基因大豆 ARG 对高温胁迫的抗性显著低于其受体大豆 n-ARG 和我国栽培品种苏豆 3 号。

表 1 温度对大豆种子萌发的影响

Table 1 Effect of temperature on germination of soybean seeds

t/	发芽率 / %		
	ARG	n-ARG	苏豆 3 号
5	0	0	0
15	97.3 ±4.6	94.7 ±2.3	100.0 ±0.0
25	98.7 ±2.3	100.0 ±0.0	100.0 ±0.0
30	100.0 ±0.0	98.7 ±2.3	98.7 ±2.3
40	45.3 ±4.6	86.7 ±6.1**	86.7 ±19.7**

数据为平均值 ±标准差, * 表示差异极显著 (P < 0.01)。

2.2 水分对大豆种子萌发的影响

应用 PEG 6000 进行干旱处理, 不同 PEG 质量浓度梯度下萌发试验结果见表 2。

表 2 水分对大豆种子萌发的影响

Table 2 Effect of soil moisture on germination of soybean seeds

PEG 质量浓度 / (g · L ⁻¹)	发芽率 / %		
	ARG	n-ARG	苏豆 3 号
0	100.0 ±0	98.7 ±2.3	98.7 ±2.3
20	85.3 ±6.1	88.0 ±6.9	93.3 ±6.1
40	45.3 ±2.3	60.0 ±12.0*	85.3 ±2.3**
60	24.0 ±0.0	52.0 ±8.0**	77.3 ±2.3**
80	17.3 ±6.1	61.3 ±18.0**	69.3 ±6.1**
100	0	0	0

数据为平均值 ±标准差, * 表示差异显著 (P < 0.05), ** 表示差异极显著 (P < 0.01)。

由表 2 可知, 没有水分胁迫时, 3 种大豆种子的发芽率非常接近。随着发芽床中 PEG 6000 质量浓度的增高, 3 种大豆种子的发芽率则随之降低。当 PEG 6000 达 100 g · L⁻¹ 时, 3 种大豆种子的萌发都被抑制。3 种大豆种子对干旱胁迫的抗性强弱是苏豆 3 号 > n-ARG > ARG。转基因大豆 ARG 与其受体 n-ARG 相比, 对干旱胁迫的抗性显著降低, 当 PEG 6000 达 60 和 80 g · L⁻¹ 时, 二者差异极显著; 与我国传统栽培品种苏豆 3 号相比差异亦极显著。表明在种子萌发阶段, 转基因大豆 ARG 对水分胁迫

的抗性显著低于其受体大豆 n-ARG 和苏豆 3 号。

2.3 盐度对大豆种子萌发的影响

以不同质量浓度梯度的 NaCl 溶液处理发芽床, 萌发试验结果见表 3。

表 3 盐度对大豆种子萌发的影响

Table 3 Effect of soil salinity on germination of soybean seeds

NaCl 质量浓度 / (g · L ⁻¹)	发芽率 / %		
	ARG	n-ARG	苏豆 3 号
0	100.0 ±0	98.7 ±2.3	100.0 ±0
4	97.3 ±4.6	90.7 ±6.1	98.7 ±2.3
8	72.0 ±8.0	73.3 ±2.3	92.0 ±6.9*
12	34.7 ±14.0	21.3 ±6.1	49.3 ±24.1
16	6.7 ±2.3	8.0 ±4.0	6.7 ±4.6

数据为平均值 ±标准差, * 表示差异显著 (P < 0.05)。

由表 3 可知, 没有盐分胁迫时, 3 种大豆种子的发芽率非常接近。随着盐度的增加, 3 种大豆种子的发芽率都有所降低。当盐度增高至 16 g · L⁻¹ 时, 3 种大豆种子的发芽率都显著降低, 且处于同一水平。转基因大豆 ARG 与其受体 n-ARG 对不同程度盐分胁迫的抗性没有显著差异。在 NaCl 质量浓度为 8 g · L⁻¹ 时, ARG 与苏豆 3 号有显著差异, ARG 的耐盐性显著低于苏豆 3 号。表明在种子萌发阶段, 转基因大豆 ARG 与其受体大豆 n-ARG 对盐分胁迫的抗性没有显著差异, 但低于我国栽培大豆苏豆 3 号。

2.4 温度对大豆幼苗生长的影响

3 种温度条件下 3 种大豆幼苗 0 ~ 20 d 的株高增长量及地上与地下部分生物量见表 4。由表 4 可知, 高温对幼苗生长的影响大于低温的影响。在 40 时, 3 种大豆幼苗于处理 5 d 后即死亡; 而 15 时 3 种大豆幼苗的生长基本正常, 只是株高增长量及生物量小于 30 。方差分析 (以 ARG 与其他 2 种大豆作比较) 表明: 30 时 ARG 的株高增长量显著大于 n-ARG, 但二者地上及地下部干重却没有显著差异; 15 时 ARG 的株高增长量及地上部干重与 n-ARG 没有显著差异, 地下部干重显著小于 n-ARG。同我国栽培大豆苏豆 3 号相比, 无论是地上还是地下部干重, ARG 都没有表现出显著差异。也就是说, 无论是高温 (40) 还是低温 (15) 胁迫下, 转基因大豆 ARG 在株高增长量和生物量方面与非转基因受体及我国栽培大豆相比都没有表现出

优势,相反,在某些情况下,反而表现出一定的劣势。

表 4 温度对大豆幼苗生长的影响

Table 4 Effect of temperature on growth of soybean seedlings

t/	品种	株高增长量 / (cm · 株 ⁻¹)					生物量 ¹⁾ / (g · 株 ⁻¹)	
		0~5 d	5~10 d	10~15 d	15~20 d	0~20 d	地上部	地下部
40	ARG	1.3						
	n-ARG	0.3						
	苏豆 3号	1.6						
30	ARG	3.6	5.1	6.1	6.0	20.8 ± 5.3	0.17 ± 0.02	0.09 ± 0.02
	n-ARG	3.9	3.2	3.4	1.9	12.3 ± 5.1*	0.18 ± 0.06	0.07 ± 0.03
	苏豆 3号	5.7	4.2	3.1	6.0	19.0 ± 1.9	0.24 ± 0.02	0.10 ± 0.02
15	ARG	3.2	1.3	0.9	1.2	6.8 ± 1.4	0.13 ± 0.00	0.07 ± 0.00
	n-ARG	3.6	1.2	1.3	1.0	7.1 ± 0.8	0.17 ± 0.01	0.11 ± 0.03*
	苏豆 3号	5.0	2.3	1.5	1.6	10.4 ± 1.3**	0.19 ± 0.02	0.09 ± 0.02

数据为平均值 ± 标准差, *表示差异显著 (P < 0.05), **表示差异极显著 (P < 0.01)。1)以干重计。

2.5 水分对大豆幼苗生长的影响

生物量测定结果见表 5。

4种水分条件下 3种大豆幼苗的株高增长量及

表 5 水分对大豆幼苗生长的影响

Table 5 Effect of soil moisture on growth of soybean seedlings

相对含水量 / %	品种	株高增长量 / (cm · 株 ⁻¹)					生物量 ¹⁾ / (g · 株 ⁻¹)	
		0~5 d	5~10 d	10~15 d	15~20 d	0~20 d	地上部	地下部
100	ARG	7.4	8.5	6.8	5.5	28.2 ± 3.9	0.21 ± 0.05	0.09 ± 0.01
	n-ARG	6.7	4.9	12.3	7.5	31.4 ± 2.9	0.30 ± 0.09	0.11 ± 0.05
	苏豆 3号	7.9	6.1	7.5	7.5	29.0 ± 6.4	0.36 ± 0.09	0.10 ± 0.05
70	ARG	4.6	5.8	6.4	7.0	23.8 ± 1.2	0.28 ± 0.03	0.10 ± 0.01
	n-ARG	4.4	3.4	9.8	6.6	24.2 ± 3.5	0.34 ± 0.06	0.12 ± 0.01
	苏豆 3号	6.1	4.6	4.8	5.4	20.9 ± 2.2	0.34 ± 0.06	0.12 ± 0.01
55	ARG	1.8	2.7	3.8	3.6	11.9 ± 3.7	0.13 ± 0.03	0.07 ± 0.01
	n-ARG	2.7	2.6	5.1	4.1	14.5 ± 0.5	0.18 ± 0.02*	0.08 ± 0.00
	苏豆 3号	2.8	2.1	3.0	4.1	12.0 ± 1.3	0.14 ± 0.02	0.08 ± 0.00
35	ARG	0.5	2.9	4.5	4.4	12.3 ± 7.4	0.13 ± 0.03	0.08 ± 0.01
	n-ARG	0.5	1.9	3.5	1.7	7.6 ± 1.2	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.02
	苏豆 3号	0.8	1.8	1.6	1.5	5.7 ± 1.8*	0.11 ± 0.00	0.08 ± 0.01

数据为平均值 ± 标准差, *表示差异显著 (P < 0.05)。1)以干重计。

由表 5可知,在渍水(相对含水量为 100%)和供水良好(相对含水量为 70%)时,ARG的株高增长量及生物量与受体 n-ARG及苏豆 3号均没有显著差异;轻度干旱胁迫(相对含水量为 55%)时,除 ARG的地上部干重与 n-ARG有显著差异(小于 n-ARG)外,其余没有显著差异;在重度干旱胁迫(相对含水量为 35%)时,ARG的株高增长量和生物量与受体 n-ARG没有显著差异,但其株高增长量与苏豆 3号有显著差异(大于苏豆 3号),生物量则没有

显著差异。表明无论是供水良好还是水分胁迫条件下,转基因大豆的株高增长量及生物量与其非转基因受体相比,没有表现出优势,在有些情况下反而表现较弱。

2.6 盐度对大豆幼苗生长的影响

各盐分处理结果表明,6,8和 10 g · L⁻¹盐度胁迫处理后较短时间内 3个品种的幼苗即萎蔫死亡,其余 3种处理条件下 3种大豆幼苗的株高增长量及生物量测定结果见表 6。

表 6 盐度对大豆幼苗生长的影响

Table 6 Effect of soil salinity on growth of soybean seedlings

NaCl质量浓度 / (g · L ⁻¹)	品种	株高增长量 / (cm · 株 ⁻¹)				生物量 ¹⁾ / (g · 株 ⁻¹)		
		0 ~ 5 d	5 ~ 10 d	10 ~ 15 d	15 ~ 20 d	0 ~ 20 d	地上部	地下部
0	ARG	4.6	5.8	6.4	7.0	23.8 ± 1.2	0.28 ± 0.03	0.10 ± 0.01
	n-ARG	4.4	3.4	9.8	6.6	24.2 ± 3.5	0.34 ± 0.06	0.12 ± 0.01
	苏豆 3号	6.1	4.6	4.8	5.4	20.9 ± 2.2	0.34 ± 0.06	0.12 ± 0.01
2	ARG	2.6	3.4	3.9	6.3	16.2 ± 7.4	0.14 ± 0.00	0.05 ± 0.01
	n-ARG	2.4	2.2	3.4	2.7	10.7 ± 3.4	0.17 ± 0.03	0.08 ± 0.02*
	苏豆 3号	2.9	2.0	2.6	4.0	11.4 ± 3.1	0.12 ± 0.01*	0.06 ± 0.01
4	ARG	1.4	0.8	0.7	0.0	2.9 ± 0.0		
	n-ARG	2.3	0.4	2.2	3.2	8.1 ± 0.6	0.13 ± 0.01	0.05 ± 0.02
	苏豆 3号	2.3	1.8	3.0	4.9	12.0 ± 7.2	0.15 ± 0.07	0.08 ± 0.01

数据为平均值 ± 标准差, *表示差异显著 ($P < 0.05$)。1)以干重计。

对大豆幼苗 0 ~ 20 d 的株高增长量及生物量进行方差分析 (以 ARG 与其他 2 种大豆作比较) 的结果表明: 当没有盐分胁迫时, ARG 株高增长量及生物量与其他 2 种大豆均没有显著差异; 当土壤盐分含量为 $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, ARG 株高增长量与其他 2 种大豆相比均没有显著差异, 地上部干重与苏豆 3 号有显著差异 (大于苏豆 3 号), 地下部干重与 n-ARG 有显著差异 (小于 n-ARG); 当土壤盐分含量为 $4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, ARG 生长至第 15 天时即全部死亡, 而其他 2 种大豆则一直正常生长至试验结束。上述结果表明在幼苗阶段, 转基因大豆 ARG 的耐盐性小于其非转基因受体 n-ARG 及我国栽培大豆苏豆 3 号。

3 结论

在本试验条件下, 转基因耐草甘磷大豆 ARG 与其受体大豆 n-ARG 及我国传统栽培大豆苏豆 3 号相比, 在种子萌发及幼苗生长阶段, 对温度、水分及盐分胁迫的抗性并没有因为转基因而得到增强, 相反, 在某些方面抗性更弱。也就是说, 从温度、水分、盐度逆境角度来看, 在种子萌发及幼苗生长阶段转基因耐草甘磷大豆 ARG 在环境中的竞争性及入侵性不强。

参考文献:

- [1] 朱守一. 生物安全与防止污染 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1999: 30 - 33.
- [2] 闫新甫. 全球转基因作物种植概况 [J]. 世界农业, 2001 (4): 22 - 24.
- [3] 孟山都远东有限公司. 2002 年全球转基因作物商业化情况回顾 [J]. 中国种业, 2002 (2): 41 - 42.

- [4] 张丽萍, 张贵云. 抗除草剂作物研究进展 [J]. 北京农业科学, 1999, 17 (5): 25 - 27.
- [5] 张永军, 吴孔明, 彭于发, 等. 转基因植物的生态风险 [J]. 生态学报, 2002, 22 (11): 1951 - 1959.
- [6] KJAR C, DAMGAARD C, KJELLSSON G, *et al* Ecological Risk Assessment of Genetically Modified Higher Plants (GMHP) [M]. Denmark: National Environmental Research Institute, Ministry of Environment and Energy, 1999: 1 - 33.
- [7] CRAWLEY M J, HA L S R S, REES M, *et al* Ecology of Transgenic Oilseed Rape in Natural Habitats [J]. Nature, 1993, 363 (6430): 620 - 623.
- [8] MARVIER M. Improving Risk Assessment for Nontarget Safety of Transgenic Crops [J]. Ecological Applications, 2002, 12 (4): 1119 - 1124.
- [9] 郭斌, 陈勇, 黄斌. 转基因大豆食品安全性及对生态环境影响初探 [J]. 农业环境与发展, 2002 (6): 29 - 31.
- [10] 郭顺堂, 生吉萍. 转基因大豆食品的安全性 [J]. 中国食物与营养, 2000 (2): 38 - 40.
- [11] 於丙军, 李锁娜, 刘友良. 大豆苗期盐害离子效应的比较 [J]. 南京农业大学学报, 2002, 25 (1): 5 - 9.
- [12] 魏爱丽, 扬臣. 盐胁迫下大豆小真叶愈伤组织可溶性蛋白含量变化的研究 [J]. 山西农业大学学报, 1997, 17 (4): 318 - 321.
- [13] 王玮, 李德全. 水分胁迫对不同耐性小麦品种芽根生长过程中 IAA, ABA 含量的影响 [J]. 作物学报, 2000, 26 (6): 737 - 742.
- [14] 张磊, 戴瓯和. 转基因大豆安全性评价与发展趋势 [J]. 安徽农学通报, 2003, 9 (1): 54 - 55.
- [15] 杨昌举, 宋林, 王竹. 转基因大豆对生物多样性的影响 [J]. 环境保护, 2002 (11): 24 - 27.
- [16] 陈新, 王长永, 朱成松, 等. 转基因抗草甘磷大豆安全性评价及对环境影响的检测 [J]. 江苏农业科学, 2003 (6): 36 - 41.

作者简介: 周军英 (1966—), 女, 安徽砀山人, 副研究员, 主要从事生态毒理学与环境安全评价方面的研究。