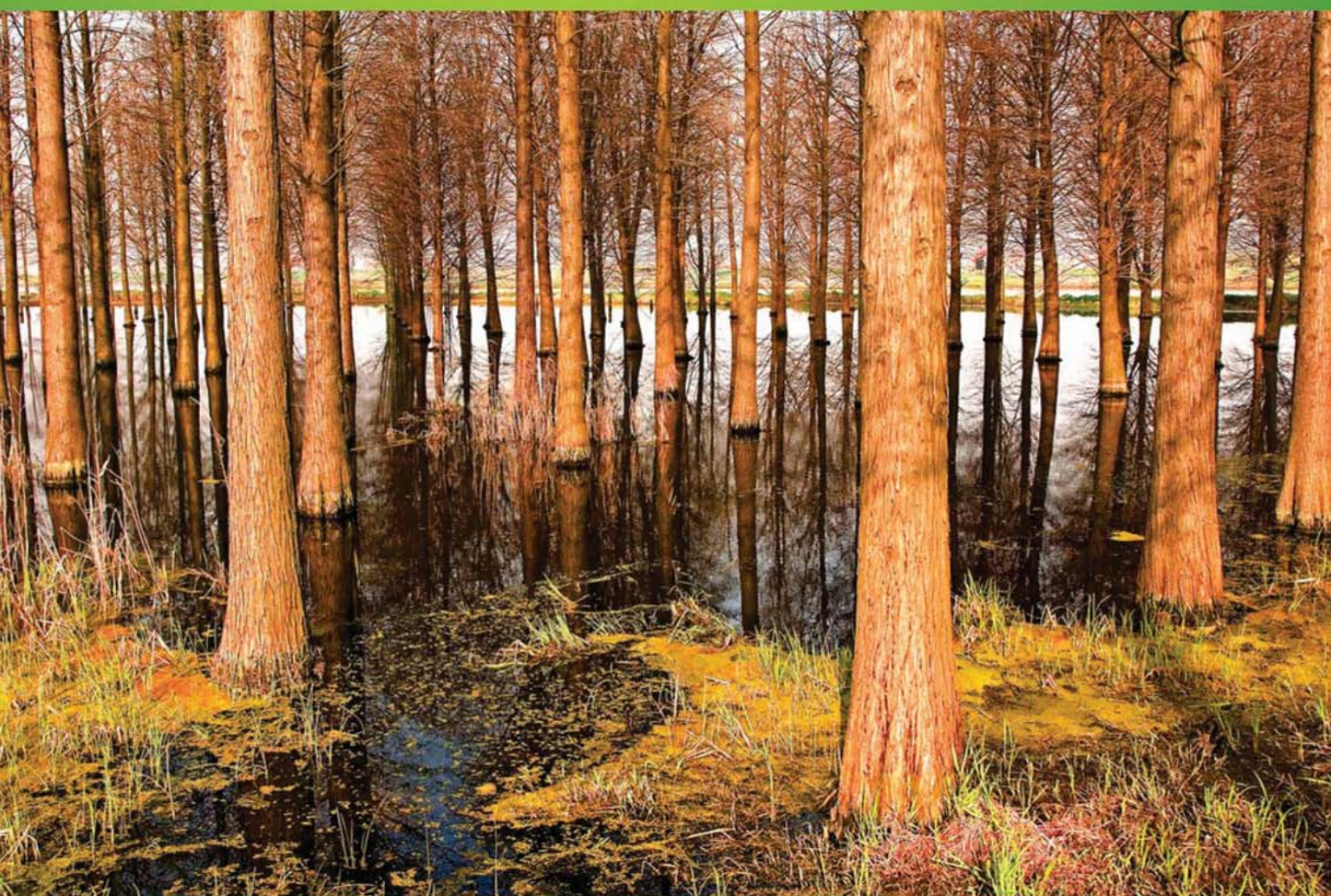


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第3期 Vol.32 No.3 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 3 期

2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

夏季可可西里雌性藏原羚行为时间分配及活动节律	连新明, 李晓晓, 颜培实, 等 (663)
热带印度洋黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 张禹, 张衡, 等 (671)
洪湖水体藻类藻相特征及其对生境的响应	卢碧林, 严平川, 田小海, 等 (680)
广西西端海岸四种红树植物天然种群生境高程	刘亮, 范航清, 李春千 (690)
高浓度 CO ₂ 引起的海水酸化对小珊瑚藻光合作用和钙化作用的影响	徐智广, 李美真, 霍传林, 等 (699)
盖度与冠层水深对沉水植物水盾草光谱特性的影响	邹维娜, 袁琳, 张利权, 等 (706)
基于 C-Plan 规划软件的生物多样性就地保护优先区规划——以中国东北地区为例	栾晓峰, 孙工棋, 曲艺, 等 (715)
城市化对本土植物多样性的影响——以廊坊市为例	彭羽, 刘雪华, 薛达元, 等 (723)
利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种	刘芳, 李迪强, 吴记贵 (730)
基于树木起源、立地分级和龄组的单木生物量模型	李海奎, 宁金魁 (740)
千岛湖社鼠种群遗传现状及与生境面积的关系	刘军, 鲍毅新, 张旭, 等 (758)
气候变化对内蒙古草原典型植物物候的影响	顾润源, 周伟灿, 白美兰, 等 (767)
中国西北典型冰川区大气氮素沉降量的估算——以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例	王圣杰, 张明军, 王飞腾, 等 (777)
植被类型对盐沼湿地空气生境节肢动物功能群的影响	童春富 (786)
黔西北铅锌矿区植物群落分布及其对重金属的迁移特征	邢丹, 刘鸿雁, 于萍萍, 等 (796)
云南中南部季风常绿阔叶林恢复生态系统萌生特征	苏建荣, 刘万德, 张志钧, 等 (805)
筑坝扩容下高原湿地拉市海植物群落分布格局及其变化	肖德荣, 袁华, 田昆, 等 (815)
三峡库区马尾松根系生物量的空间分布	程瑞梅, 王瑞丽, 肖文发, 等 (823)
兴安落叶松林生物量、地表枯落物量及土壤有机碳储量随林分生长的变化差异	王洪岩, 王文杰, 邱岭, 等 (833)
内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力	何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞 (844)
不同林龄马尾松凋落物基质质量与土壤养分的关系	葛晓改, 肖文发, 曾立雄, 等 (852)
不同丛枝菌根真菌侵染对土壤结构的影响	彭思利, 申鸿, 张宇亭, 等 (863)
不同初始含水率下粘质土壤的入渗过程	刘目兴, 聂艳, 于婧 (871)
不同耕作措施的温室气体排放日变化及最佳观测时间	田慎重, 宁堂原, 迟淑筠, 等 (879)
外源铅、铜胁迫对不同基因型谷子幼苗生理生态特性的影响	肖志华, 张义贤, 张喜文, 等 (889)
温度和盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼鳃 Na ⁺ -K ⁺ -ATPase 活力的联合效应	王海贞, 王辉, 强俊, 等 (898)
基于元胞自动机的喀斯特石漠化格局模拟研究	王晓学, 李叙勇, 吴秀芹 (907)
边缘细胞对荞麦根尖铝毒的防护效应和对细胞壁多糖的影响	蔡妙珍, 王宁, 王志颖, 等 (915)
川中丘陵区人工柏木防护林适宜林分结构及水文效应	龚固堂, 黎燕琼, 朱志芳, 等 (923)
基于 AHP 与 Rough Set 的农业节水技术综合评价	翟治芬, 王兰英, 孙敏章, 等 (931)
基于 DMSP/OLS 影像的我国主要城市群空间扩张特征分析	王翠平, 王豪伟, 李春明, 等 (942)
生态旅游资源非使用价值评估——以达赉湖自然保护区为例	王朋薇, 贾竞波 (955)
专论与综述	
基于有害干扰的森林生态系统健康评价指标体系的构建	袁菲, 张星耀, 梁军 (964)
硅对植物抗虫性的影响及其机制	韩永强, 魏春光, 侯茂林 (974)
研究简报	
光照条件、植株冠层结构和枝条寿命的关系——以桂花和水杉为例	占峰, 杨冬梅 (984)
Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响	陈小文, 祁鑫, 王海永, 等 (993)
汶川大地震灾后不同滑坡体上柏木体内非结构性碳水化合物特性	陈博, 李志华, 何茜, 等 (999)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-02



封面图说: 难得的湿地乔木——池杉池杉为落叶乔木, 高达 25 米, 主干挺直, 树冠尖塔。树干基部膨大, 常有屈膝状吐吸根, 池杉为速生树, 强阳性, 耐寒性较强, 耐干旱, 更极耐水淹, 多植于湖泊周围及河流两岸, 是能在在水里生长的极少数的大乔木之一, 故有湿地乔木之称。池杉原产美国弗吉尼亚沼泽地, 中国于本世纪初引种到江苏等地, 之后大量引种南方各省, 尤其是长江南北水网地区作为重要造树和园林树种而大量栽种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201106290973

陈小文, 祁鑫, 王海永, 郭玉海, 董学会. Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响. 生态学报, 2012, 32(3): 993-998.

Chen X W, Qi X, Wang H Y, Guo Y H, Dong X H. Effects of maize straw with Bt gene return to field on growth of wheat seedlings. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(3): 993-998.

Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响

陈小文, 祁鑫, 王海永, 郭玉海, 董学会*

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要:以已进入中间试验阶段的 Bt 玉米及其亲本(非 Bt 玉米)秸秆为材料,与营养土及蛭石混合后培养小麦幼苗,同时以未使用秸秆的相应土为空白对照,在室内条件下研究了 Bt 玉米与亲本秸秆还田对后茬小麦的影响。结果表明:(1)不同秸秆还田对小麦幼苗出苗率、株高没有显著影响;(2)非转基因玉米与转 Bt 玉米秸秆拌土后地上部鲜重仅为对照鲜重的 51% 和 65%,干重仅为对照的 62% 和 72%,均达到差异显著水平;(3)Bt 玉米秸秆还田降低小麦幼苗生长素(IAA)含量,郑 58 秸秆拌土增加了幼苗脱落酸(ABA)含量;(4)两种处理均提高了幼苗的超氧化物歧化酶(SOD)总活性。因此,秸秆拌土对小麦幼苗的处理效应一致,与秸秆类型无关,该研究可为评价转 Bt 玉米环境安全提供一定的理论依据。

关键词:出苗率;内源激素;秸秆;转 Bt 玉米;抗氧化物酶 n

Effects of maize straw with Bt gene return to field on growth of wheat seedlings

CHEN Xiaowen, QI Xin, WANG Haiyong, GUO Yuhai, DONG Xuihui*

College of Agronomy and Biotechnology, China Agriculture University, Beijing 100193, China

Abstract: Fast popularization and widespread application of transgenic Bt corn have raised the issue of environmental safety. Despite considerable work in this field recently, no consensus on the effects of Bt corn on environmental safety has emerged, indicative of the complexity of this issue. Traditional study on environmental safety of transgenic crops often focused on the risks of weediness of genetic modified crop itself, gene flow, negative impact on useful insects or microbe in soil, while ignored the effect of transgenic crops on succeeding crops. Therefore, the major objective of this study is to investigate the effect of Bt corn straw incorporated into soil on growth of winter wheat (*Triticum aestivum*) seedlings. The chopped straw of transgenic Bt corn inbred (Bt-38) and non-Bt corn (Zheng 58, the receptor of Bt-38) was mixed with nutrient soil and vermiculite (1:3:3) to be as the growth media for winter wheat (cv. Duokang 1), with the media without corn straw as the control. The results showed that the emergence rate, shoot height and root length of seedlings were decreased by corn straw incorporated into media compared with the control. Similarly, corn straw reduced biomass of wheat seedlings. For example, the fresh and dry weight of wheat seedlings grown in media added with corn straw were only equal to 51%—65% and 62%—72% of those of control, respectively. The lower level of indole-3-acetic acid (IAA) and higher level of abscisic acid (ABA) in seedlings grown in media containing corn straw compared with the control partly explained the differences related to morphology and biomass. The corn straw added to media did not influence soluble protein and antioxidant enzymes such as peroxidase (POD) and catalase (CAT), as well as malondialdehyde (MDA), indicative of membrane damage, in wheat seedlings, however, increased the activity of superoxide dismutase (SOD), which was probably associated with more reactive oxygen species (ROS) in seedlings grown in media containing corn straw. We did

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项(2011ZX08011-003);博士科研创新专项(kycx2010020)

收稿日期:2011-06-29; **修订日期:**2011-11-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuehuidong@cau.edu.cn

not find any significant differences in above results between Bt corn straw (Bt-38) and non-Bt corn straw (Zheng 58). Therefore, it was concluded that transgenic Bt corn had no environmental risk, referring in particular to the seedling growth of succeeding crop (winter wheat), under our experimental condition.

Key Words: emergence rate; endogenous hormones; straw; Bt transgenic maize; anti-peroxidase

转 Bt 抗虫作物的种植减少了杀虫剂的使用,提高了经济效益^[1-3],但 Bt 作物的种植可能带来的生态环境安全性是倍受争议的问题,如何选用合适的方法评估和确定转 Bt 作物环境释放的安全性,建立合理的安全评价机制显得尤为重要。

目前 Bt 作物影响土壤生态系统的关注主要集中在 Bt 作物释放的 Bt 蛋白在土壤中的残留与降解^[4-5]、对土壤生态系统的影响^[6-8]及 Bt 作物秸秆分解对土壤生态系统的影响^[9-11]等方面。研究表明,秸秆分解是 Bt 蛋白进入土壤中的主要方式,作物秸秆还田技术在农业生产上的推广应用,为 Bt 蛋白流入土壤提供了有利条件^[12-13],但 Bt 玉米秸秆培养 45d 时,土壤中细菌、放线菌和真菌的数量较相应的非转基因秸秆没有显著差异^[14],Bt 玉米秸秆的分解对土壤脱氢酶、蛋白酶和磷酸酶等活性也没有明显影响^[15]。Bt 作物秸秆还田对后茬作物的影响也有相关报道,刘苏兰等^[16]报道了转 Bt 基因棉花秸秆拌土对指示植物萝卜幼苗的影响与对照没有显著差异,另有学者对 Bt 残留对后茬作物安全性展开研究,结果发现在含 Bt 蛋白的土壤中种植常规玉米、萝卜、甘蓝或胡萝卜,植株中并不能检测到 Bt 毒素^[17]。然而,转 Bt 作物秸秆还田对后茬作物的形态、生理生化特性方面的研究还少有报道。

转 Bt 玉米是目前全球商品化速度较快的转抗虫基因作物之一^[18],我国也有部分转 Bt 玉米的研究进入中间试验环节阶段,环境释放而产生的 Bt 秸秆若还田是否会对后茬作物的影响还不甚明了。本研究以转 Bt 玉米秸秆与其受体亲本(非转基因)郑 58 秸秆为材料,在室内条件下研究了不同秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响,以期对转 Bt 基因玉米的环境安全提供新的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

玉米秸秆来自本实验室种植的转 Bt 基因玉米(Bt-38,由国家玉米改良中心提供)及其近源亲本郑 58。自然风干后采用高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司,FW100 型)粉碎成粉末,Bt 玉米秸秆与郑 58 秸秆粉末中 Bt 蛋白含量(水提取 24h)分别为 85 ng/g 干重和 0 ng/g 干重^[19]。供试小麦品种为多抗一号,购于中国农业科学研究院。

1.2 试验设计

试验于 2011 年 2 月 23 日至 3 月 8 日在中国农业大学转基因基地玻璃温室中进行。试验采取盆栽的方法,选用直径 20cm 营养钵进行播种,每盆土壤比例为秸秆:营养土:蛭石 1:3:3,每盆播小麦 25 粒,3 次重复,以无秸秆处理为空白对照,每盆土壤比例为营养土:蛭石 1:1。播后 5d,统计小麦出苗率,播后 15d 测定小麦的形态指标及各项生理指标。

1.3 测定方法

1.3.1 形态指标的测定

播后 15d,取不同处理小麦幼苗全株,将根用自来水冲洗干净,去除胚乳,测定幼苗的株高、根长及鲜重,然后将幼苗 80℃ 烘干至恒重用于干物重测定。

1.3.2 抗内源激素的测定

激素测定采用酶联免疫(ELISA)^[20]法,主要测定脱落酸(ABA)、赤霉素(GA3)、玉米素核苷(ZR)及生长素(IAA)。

1.3.3 抗逆指标测定

过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法^[21],过氧化物酶(POD)活性根据 Kar^[22]的方法,超氧化物歧化

酶(SOD)活性参考 Dhindsa 等^[23]方法, 丙二醛(MDA)含量测定参考 Li 等^[24]的方法。

1.3.4 可溶性蛋白的测定

可溶性蛋白测定选用考马斯亮蓝法^[21]。

1.4 数据处理

数据整理采用 Excel 2007, 方差分析和差异显著性检验 DPS 数据处理系统, 多重比较采用 Duccan 法, 显著水平设为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 对出苗率及幼苗形态的影响

从图 1 可以看出, 郑 58 秸秆拌土与转 Bt 玉米秸秆拌土后小麦的出苗率分别为 72.0% 和 78.7%, 与对照 (82.7%) 相比有所降低, 但差异并不显著。三种不同拌土方式下, 空白对照幼苗的长势 (株高与稠密度) 优于转 Bt 秸秆拌土处理, 优于郑 58 秸秆拌土处理。

对不同处理下的幼苗株高和根长测定的结果 (图 2) 表明, 郑 58 和转 Bt 玉米秸秆处理后株高较对照分别下降了 21.2% 和 18.2%, 但未达到差异显著水平; 根长方面, 两个处理与对照的变化幅度在 $\pm 2\%$ 以内, 没有明显差异。

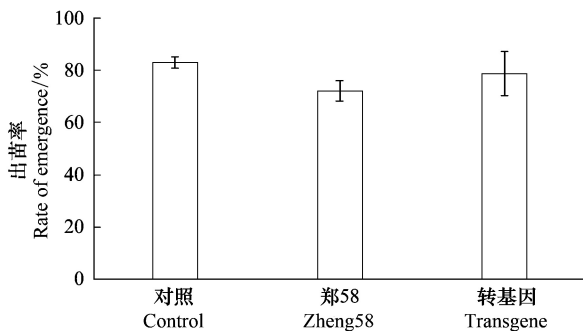


图 1 不同处理方式下的出苗率

Fig. 1 Rate of emergence under different treatments

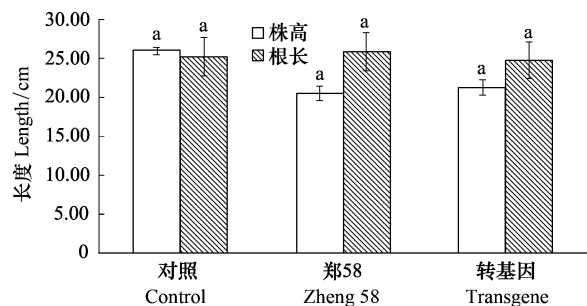


图 2 不同处理对幼苗形态的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on wheat seedling morphology

2.2 不同处理对幼苗激素含量的影响

激素测定的结果如表 1 所示。郑 58 秸秆拌土后, 幼苗植株的 ABA 含量达到 2366 ng/g 鲜重, 而对照与转 Bt 玉米秸秆拌土后的幼苗植株中 ABA 含量分别为 1780 ng/g 鲜重和 1752 ng/g 鲜重, 形成显著差异。而转 Bt 玉米秸秆拌土后, 幼苗植株中 IAA 的含量显著降低, 仅为 1000 ng/g 鲜重, 仅为对照与郑 58 秸秆拌土后幼苗体内 IAA 含量的 68% 和 64%。

表 1 不同处理条件下幼苗的激素含量比较 (单位: ng/g 鲜重)

Table 1 Comparison of different treatments on seedling endogenous hormones concentration

	ABA	IAA	GA	ZR
对照 Control	1780±246b	1474±110a	75.9±1.7a	1050±38b
郑 58 Zheng 58	2366±148a	1553±53a	71.7±3.9a	1164±44a
转 Bt Transgene	1752±41b	1000±43b	75.4±2.7a	1130±18ab

不同字母间表差异显著

2.3 不同处理对幼苗生理活性的影响

从表 2、图 3 可以看出, 不同的秸秆拌土对幼苗的 POD 活性、CAT 活性、植株体内 MDA 的含量及可溶性蛋白含量的影响不大, 与对照无明显差异。但对 SOD 的活性影响显著, 表现为郑 58 秸秆拌土后明显提高了幼苗的 SOD 活性, SOD 总活性可达 91.9 u/g 鲜重, 而对照与转 Bt 玉米秸秆拌土后 SOD 总活性仅为郑 58 秸秆

处理后的 68% 和 79%。

表 2 不同处理方式对幼苗抗氧化酶及 MDA 含量的影响

Table 2 Effect of different treatments on activities of anti peroxidase and content of MDA

	POD 活性 POD Activity /($\text{u} \cdot \text{g}^{-1}$ 鲜重 $\cdot \text{min}^{-1}$)	CAT 活性 CAT Activity /($\text{u} \cdot \text{g}^{-1}$ 鲜重 $\cdot \text{min}^{-1}$)	SOD 总活性 SOD Activity /(u/g 鲜重)	MDA 含量 Content of MDA /($\mu\text{mol/g}$ 鲜重)
对照 Control	4236 $\pm$ 238a	21.69 $\pm$ 5.70a	62.4 $\pm$ 12.7b	3.87 $\pm$ 0.54a
郑 58 Zheng 58	4400 $\pm$ 185a	20.38 $\pm$ 4.74a	91.9 $\pm$ 2.1a	3.43 $\pm$ 0.37a
转 Bt Transgene	4042 $\pm$ 549a	30.78 $\pm$ 2.55a	72.4 $\pm$ 10.6ab	2.99 $\pm$ 0.40a

2.4 不同处理方式对幼苗生物量的影响

不同处理方式对幼苗生物量的影响见表 3。从表中可以看出,秸秆拌土降低了植株地上部分的鲜重和干重,且与对照形成显著差异。郑 58 和转 Bt 玉米秸秆拌土后,小麦幼苗地上部的鲜重分别为 0.19g 和 0.24g,是对照鲜重的 51% 和 65%;两种处理地上部干重也分别仅占对照 62% 和 72%。虽然处理的地上部分鲜重和干重都较对照有所降低,但处理较对照显著增加了根鲜重和根干重,未添加秸秆的幼苗根鲜重和干重分别为 0.11g 和 0.015g,而郑 58 和转 Bt 玉米秸秆拌土后小麦幼苗的根鲜重分别为 0.18g 和 0.15g,干重分别为 0.021g 和 0.023g,是相应对照的 1.64 倍、1.36 倍和 1.40 倍、1.53 倍,均达到显著差异。

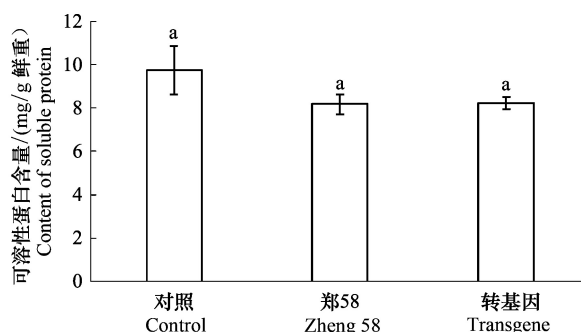


图 3 不同处理方式下幼苗的可溶性蛋白含量

Fig. 3 Content of soluble protein in seedlings under different treatments

表 3 不同处理方式对幼苗生物量的影响

Table 3 Effect of different treatments on seedling biomass

	地上部鲜重/g Fresh weight of shoot	根鲜重/g Fresh weight of root	地上部干重/g Dry weight of shoot	根干重/g Dry weight of root
对照 Control	0.37 $\pm$ 0.05a	0.11 $\pm$ 0.04b	0.047 $\pm$ 0.007a	0.015 $\pm$ 0.004b
郑 58 Zheng 58	0.19 $\pm$ 0.02c	0.18 $\pm$ 0.06a	0.029 $\pm$ 0.004b	0.021 $\pm$ 0.003a
转基因 Transgene	0.24 $\pm$ 0.06b	0.15 $\pm$ 0.07ab	0.034 $\pm$ 0.008b	0.023 $\pm$ 0.005a

2 讨论与结论

秸秆还田改善土壤理化性质的同时,其残体可以向环境中释放一些次生代谢产物对后茬作物产生影响。马永良^[25]等人的试验结果表明玉米秸秆还田能够促进后茬小麦的生长,提高小麦产量,然而高茂盛^[26]等人报道秸秆还田量过高能导致了接茬作物产量的下降,试验结果显示空白对照的小麦幼苗长势优于两个处理,因此推测可能是秸秆的添加量较高引起幼苗的生长受抑制。

Bt 玉米中 Bt 基因是外源导入的,其秸秆分解可以释放 Bt 蛋白并可在土壤中迅速降解,降解过程呈现前期大量快速降解,中后期极少量稳定两个阶段^[27-29],Bt 蛋白前期的大量积累可能会对后茬作物种子的萌发和幼苗生长产生影响。Bt 秸秆处理和郑 58 秸秆处理后,较对照在出苗率和株高上均有所降低,根长均有所增加,较对照无显著差异,与所添加的秸秆类型无关,这与目前报道的转 Bt 棉秸秆对萝卜生长发育的影响一致^[16]。此外,用不同浓度 Bt 蛋白溶液及秸秆浸提液处理小麦,证实 Bt 蛋白不会对小麦产生不利影响^[19]。

植物激素作为植物体内的信号分子,既包括调控植物自身的生长发育,又通过与植物所生存的外部环境互相作用调节其对环境的适应^[30],如 IAA 可以促进植株的伸长生长,ABA 可以抑制幼苗的生长。转 Bt 玉米

秸秆拌土显著降低小麦幼苗内源 IAA 的含量,而郑 58 秸秆拌土后小麦幼苗的内源 ABA 含量明显增加,这与两种处理的小麦幼苗株高低于对照结果一致,说明两种处理均改变了土壤环境,幼苗生长受到抑制,同样与秸秆的类型无关。

逆境条件下,植物体内活性氧代谢的平衡受到影响,体内积累较多的活性氧,加剧膜质过氧化导致膜系统受损,植物体内的抗氧化酶(POD、SOD、CAT)系统可以清除氧自由基和过氧化物,缓解植物受到的逆境胁迫。土壤中添加不同秸秆均较对照明显提高了幼苗体内 SOD 活性,说明无论 Bt 玉米秸秆还是非转基因玉米秸秆还田后对小麦幼苗产生的不利影响均在麦苗耐受范围。

生物量是指某一特定时刻(调查时)单位面积上积累的有机物质量^[31],在不同环境条件下,同一种群的生物量高低与其所受的胁迫程度相关。秸秆拌土后,小麦幼苗地上部鲜重和干重较对照显著降低,而根系重量明显增加,与秸秆类型无关。

转 Bt 基因作物对非目标生物的环境安全性评价不能仅局限于对近缘品种、有益昆虫和土壤微生物等的安全性评价,转 Bt 基因作物收获后 Bt 残留与降解对其他作物生理生态特性的影响也应作为转 Bt 作物环境安全性评价的一项重要指标。本试验在室内条件下阐明了转 Bt 玉米秸秆对后茬小麦的萌发和幼苗生长发育无显著影响,为转 Bt 作物环境安全性评价提供了一定的理论依据,但所说明的问题还不够全面,还应对转 Bt 基因作物收获后的环境安全从室内与田间进行长期、全面的跟踪检测。

References:

- [1] Brookes G, Barfoot P. GM Crops: The Global Socio-Economic and Environmental Impact-The First Nine Years. Dorchester: PG Economics, 2005.
- [2] Naseem A, Pray C. Economic impact analysis of genetically modified crops//Christou P, Chichester H K, eds. Handbook of Plant Biotechnology. UK: John Wiley and Sons, 2004, 51: 959-991.
- [3] Gómez-Barbero M, Berbel J, Rodríguez-Cerezo E. Bt corn in Spain-the performance of the EU's first GM crop. Nature Biotechnology, 2008, 26(4): 384-86.
- [4] Li Y H, Wang G R, Wu K M, Zhang Y J, Yuan G H, Guo Y Y. Progress in persistence dynamic of insecticidal proteins released from Bt crops in cropland. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2005, 11(4): 504-508.
- [5] Shen P, Zhang Y J, Chen Y, Wu K M, Peng Y F, Guo Y Y. Detection for persistence of Bt gene and bt insecticidal proteins in soil after multiple years of bt cotton planting. Cotton Science, 2008, 20(1): 79-80.
- [6] Saxena D, Stotzky G. Insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* is released from roots of transgenic Bt corn in vitro and in situ. FEMS Microbiology Ecology, 2000, 33(1): 35-39.
- [7] Zangerl A R, Mckenna D, Wrmisht C L, Carrol M, Ficarello P, Warner R, Berenbaum M R. Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2001, 98(21): 11908-11912.
- [8] Han L Z, Bai S X, Zhao J Z, Wang Z Y, Wu K M. Progress in ecological biosafety of insect-resistant transgenic cotton and corn in relation to arthropods. Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(7): 727-736.
- [9] Xu X Y, Ye Q F, Wu W X, Min H. Effects of transgenic Bt rice straw on anaerobic microbial populations and enzyme activities in paddy soil. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(1): 63-67.
- [10] Zhang Y H, Huang W, Hu H Q, Liu Y R, Chen D Q. Remaining dynamics of cryIab proteins from transgenic Bt corn in soils. Journal of Huazhong Agricultural University, 2007, (4): 486-490.
- [11] Jepson P C, Croft B A, Prate G E. Test systems to determine the ecological risks posed by toxin release from *Bacillus thuringiensis* genes in crop plants. Molecular Ecology, 1994, 3(1): 81-89.
- [12] Bai Y Y, Jiang M X, Cheng J A, Jiang Y H. Advances in safety studies of soil Bt toxin proteins released from transgenic Bt crops. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(11): 2062-2066.
- [13] Tapp H, Stotzky G. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. Soil Biology and Biochemistry, 1998, 30(4): 471-476.
- [14] Saxena D, Stotzky G. *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin released from root exudates and biomass of Bt corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(9): 1225-1230.
- [15] Stotzky G. Persistence and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* and of bacterial DNA bound on clays and humic acids. Journal Environmental Quality, 2000, 29(3): 691-705.
- [16] Liu S L, Liu F, Yi R H. Effects of transgenic Bt cotton straw on the activities of polyphenol oxidase, cellulase and toxin in soil. Guangxi

- Agricultural Sciences, 2008, 39(1): 33-36.
- [17] Wang J W, Feng Y J. Degradation of Bt protein in soil released from Bt corn stalks and comparison of its simulation models. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(9): 1063-1067.
- [18] Chen X W, Qi X, Wang H Y, Zhang Q Y, Guo Y H, Dong X H. Effects of straw extracts of Bt transgenic maize on germination of wheat. Journal of China Agricultural University, 2011, 16(6): 20-24.
- [19] He Z P. Crop Chemical Control Experiment Guidance. Beijing: China Agricultural University Press, 1993.
- [20] Zou Q. Plant Physiology Experiments Guidance. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [21] Kar P K, Choudhuri M A. Possible mechanisms of light-induced chlorophyll degradation in senescing leaves of *Hydrilla verticillata*. Physiologia Plantarum, 1987, 70(4): 729-734.
- [22] Dhindsa R S, Dhindsa P P, Thorpe T A. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 1981, 32(1): 93-101.
- [23] Li B L, Mei H S. Relationship between oat leaf senescence and activated oxygen metabolism. Acta Phytophysiological Sinica, 1989, 15(1): 6-12.
- [24] Ma Y L, Shi H Z, Zhang S K, Lü R H. Whole maize straw addition: the changes of soil physical and chemical properties and the effect on winter wheat. Journal of China Agricultural University, 2003, 8(S1): 42-46.
- [25] Gao M S. The effects of ploughing wheat straw under soil on soil fertility and physiological effects on resistance of winter wheat under wheat-summer corn rotation[D]. Shanxi: Northwest A and F University, 2007.
- [26] Wang J W, Feng Y J, Nie C R. The ecological risk assessment of genetically modified crops — To transgenic maize with Bt gene as an example. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 9-9.
- [27] Xing Z J, Wang Z Y, He K L, Bai S X. Degradation dynamics of Cry1Ab insecticidal protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn seedling debris in field. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(2): 412-416.
- [28] Sims S R, Holden L R. Insect bioassay for determining soil degradation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* CryIA(b) protein in corn tissue. Environmental Entomology, 1996, 25(3): 659-664.
- [29] Xu Z H, Li J Y. Plant hormones research in china: past, present and future. Chinese Bulletin of Botany, 2006, 23(5): 433-442.
- [30] Zhou J, Wang C Y, Chen J Q. Indexes for assessment of genetically modified plants invasiveness. Rural Eco-Environment, 2003, 19(2): 61-64.

参考文献:

- [4] 李云河, 王桂荣, 吴孔明, 张永军, 原国辉, 郭予元. Bt 作物杀虫蛋白在农田土壤中残留动态的研究进展. 应用与环境生物学报, 2005, 11(4): 504-508.
- [5] 沈平, 张永军, 陈洋, 吴孔明, 彭于发, 郭予元. Bt 棉不同种植年限土壤中 Bt 基因及其蛋白的残留测定. 棉花学报, 2008, 20(1): 79-80.
- [8] 韩兰芝, 白树雄, 赵建周, 王振营, 吴孔明. 转基因抗虫棉花和玉米与节肢动物相关的生态安全性研究进展. 昆虫学报, 2007, 50(7): 727-736.
- [9] 徐晓宇, 叶庆富, 吴伟祥, 闵航. 转 Bt 基因“克螟稻”秸秆还田对稻田厌氧微生物种群和酶活性的影响. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 63-67.
- [10] 张运红, 黄威, 胡红青, 刘玉荣, 陈迪勤. 转 Bt 基因玉米残体 Cry1Ab 蛋白在土壤中的残留动态. 华中农业大学学报, 2007, 26(4): 486-490.
- [12] 白耀宇, 蒋明星, 程家安, 姜永厚. 转 Bt 基因作物 Bt 毒蛋白在土壤中的安全性研究. 应用生态学报, 2003, 14(11): 2062-2066.
- [16] 刘苏兰, 刘芳, 易润华. 转 Bt 基因棉花秸秆对土壤多酚氧化酶、纤维素酶活性和毒素的影响. 广西农业科学, 2008, 39(1): 33-36.
- [17] 王建武, 冯远娇. Bt 玉米秸秆 Bt 蛋白的土壤降解及其拟合模型的比较. 生态学杂志, 2005, 24(9): 1063-1067.
- [18] 陈小文, 祁鑫, 王海永, 张巧玉, 郭玉海, 董学会. 转 Bt 基因玉米及其受体品种秸秆浸提液对小麦种子萌发影响的比较研究. 中国农业大学学报, 2011, 16(6): 20-24.
- [19] 何钟佩. 农作物化学控制实验指导. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [20] 邹琦. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 马永良, 师宏奎, 张书奎, 吕润海. 玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响. 中国农业大学学报, 2003, 8(增刊): 42-46.
- [25] 高茂盛. 秸秆还田对隔茬冬小麦抗性生理及土壤肥力的影响 [D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2007.
- [26] 王建武, 冯远娇, 聂呈荣. 转基因作物的生态风险评价——以转 Bt 基因玉米为例. 北京: 化学工业出版社, 2009: 9-9.
- [27] 刑珍娟, 王振营, 何康来, 白树雄. 转 Bt 基因玉米幼苗残体中 Cry1Ab 杀虫蛋白的田间降解动态. 中国农业科学, 2008, 41(2): 412-416.
- [29] 许智宏, 李家洋. 中国植物激素研究: 过去、现在和未来. 植物学通报, 2006, 23(5): 433-442.
- [30] 周骏, 王长永, 陈建群. 转基因植物入侵性评价指标初探. 农村生态环境, 2003, 19(2): 61-64.

CONTENTS

Behavioural time budgets and diurnal rhythms of the female Tibetan gazelles in the Kekexili National Nature Reserve	LIAN Xinming, LI Xiaoxiao, YAN Peishi, et al (663)
The relationship between the temporal-spatial distribution of fishing ground of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) and thermocline characteristics in the tropic Indian Ocean	YANG Shenglong, ZHANG Yu, ZHANG Heng, et al (671)
Characteristics of algous facies of planktonic algae in lake honghu and its response to habitat	LU Bilin, YAN Pingchuan, TIAN Xiaohai, et al (680)
Tide elevations for four mangrove species along western coast of Guangxi, China	LIU Liang, FAN Hangqing, LI Chungan (690)
Effects of CO ₂ -induced seawater acidification on photosynthesis and calcification in the coralline alga <i>Corallina pilulifera</i>	XU Zhiguang, LI Meizhen, HUO Chuanlin, et al (699)
Impacts of coverage and canopy water depth on the spectral characteristics for a submerged plant <i>Cabomba caroliniana</i>	ZOU Weina, YUAN Lin, ZHANG Liquan, et al (706)
Prioritizing biodiversity in conservation planning based on C-Plan: a case study from northeast China	LUAN Xiaofeng, SUN Gongqi, QU Yi, et al (715)
Effects of urbanization on indigenous plant diversity: a case study of Langfang City, China	PENG Yu, LIU Xuehua, XUE Dayuan, et al (723)
Using infra-red cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve	LIU Fang, LI Diqiang, WU Jigui (730)
Individual tree biomass model by tree origin, site classes and age groups	LI Haikui, NING Jinkui (740)
Population genetics of <i>Niviventer confucianus</i> and its relationships with habitat area in Thousand Island Lake region	LIU Jun, BAO Yixin, ZHANG Xu, et al (758)
Impacts of climate change on phenological phase of herb in the main grassland in Inner Mongolia	GU RunYuan, ZHOU Weican, BAI Meilan, et al (767)
Atmospheric nitrogen deposition in the glacier regions of Northwest China: a case study of Glacier No. 1 at the headwaters of Urumqi River, Tianshan Mountains	WANG Shengjie, ZHANG Mingjun, WANG Feiteng, et al (777)
Effects of vegetation type on arthropod functional groups in the aerial habitat of salt marsh	TONG Chunfu (786)
The plant community distribution and migration characteristics of heavy metals in tolerance dominant species in lead/zinc mine areas in Northwestern Guizhou Province	XING Dan, LIU Hongyan, YU Pingping, et al (796)
Sprouting characteristic in restoration ecosystems of monsoon evergreen broad-leaved forest in south-central of Yunnan Province	SU Jianrong, LIU Wande, ZHANG Zhijun, et al (805)
Distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai Plateau Wetland after impoundment by damming	XIAO Derong, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (815)
Spatial distribution of root biomass of <i>Pinus massoniana</i> plantation in Three Gorges Reservoir area, China	CHENG Ruimei, WANG Ruili, XIAO Wenfa, et al (823)
Differences in biomass, litter layer mass and SOC storage changing with tree growth in <i>Larix gmelinii</i> plantations in Northeast China	WANG Hongyan, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (833)
Soil carbon sequestration rates and potential in the grazing grasslands of Inner Mongolia	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (844)
Relationships between litter substrate quality and soil nutrients in different-aged <i>Pinus massoniana</i> stands	GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (852)
Compare different effect of arbuscular mycorrhizal colonization on soil structure	PENG Sili, SHEN Hong, ZHANG Yuting, et al (863)
The infiltration process of clay soil under different initial soil water contents	LIU Muxing, NIE Yan, YU Jing (871)
Diurnal variations of the greenhouse gases emission and their optimal observation duration under different tillage systems	TIAN Shenzhong, NING Tangyuan, CHI Shuyun, et al (879)
Effects of exogenous pb and cu stress on eco-physiological characteristics on foxtail millet seedlings of different genotypes	XIAO Zhihua, ZHANG Yixian, ZHANG Xiwen, et al (889)
Combined effect of temperature and salinity on the Na ⁺ -K ⁺ -ATPase activity from the gill of GIFT tilapia juveniles (<i>Oreochromis niloticus</i>)	WANG Haizhen, WANG Hui, QIANG Jun, et al (898)
Pattern simulation of karst rocky desertification based on cellular automata	WANG Xiaoxue, LI Xuyong, WU Xiuqin (907)
The role of root border cells in protecting buckwheat root apices from aluminum toxicity and their effect on polysaccharide contents of root tip cell walls	CAI Miaozen, WANG Ning, WANG Zhiying, et al (915)
The suitable stand structure and hydrological effects of the cypress protection forests in the central Sichuan hilly region	GONG Gutang, LI Yanqiong, ZHU Zhifang, et al (923)
Comprehensive evaluation of agricultural water-saving technology based on AHP and Rough Set method	ZHAI Zhifen, WANG Lanying, SUN Minzhang, et al (931)
Analysis of the spatial expansion characteristics of major urban agglomerations in China using DMSP/OLS images	WANG Cuiping, WANG Haowei, LI Chunming, et al (942)
Evaluation of non-use value of ecotourism resources: a case study in Dalai Lake protected area of China	WANG Pengwei, JIA Jingbo (955)
Review and Monograph	
Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the harmful disturbance	YUAN Fei, ZHANG Xinyao, LIANG Jun (964)
Role of silicon in regulating plant resistance to insect herbivores	HAN Yongqiang, WEI Chunguang, HOU Maolin (974)
Scientific Note	
Relationships among light conditions, crown structure and branch longevity: a case study in <i>Osmanthus fragrans</i> and <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	ZHAN Feng, YANG Dongmei (984)
Effects of maize straw with Bt gene return to field on growth of wheat seedlings	CHEN Xiaowen, QI Xin, WANG Haiyong, et al (993)
Studies of non-structural carbohydrates of <i>Cupressus funebris</i> in different landslides after Wenchuan Earthquake	CHEN Bo, LI Zhihua, HE Qian, et al (999)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 3 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 3 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元