

# 新型解毒剂 T 对异噁草松造成玉米药害的缓解作用

李晓薇<sup>1</sup> 李重九<sup>1\*</sup> 万春侯<sup>2</sup> 赵亚波<sup>1</sup> 宋淑玲<sup>1</sup> 张伟国<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业大学 100094) (<sup>2</sup> 北京市万春生物科技公司 100084)

**摘 要** 通过测定植株叶绿素含量与荧光光谱特征动态变化,分析除草剂异噁草松和解毒剂 T 对玉米植株的生理作用。随着除草剂浓度升高,叶绿素浓度下降,单位叶绿素荧光强度比不断上升,而解毒剂 T 可缓解上述伤害。

**关键词** 异噁草松; 解毒剂 T; 叶绿素; 荧光强度比

光合作用的基本功能是将无机物转化为绿色植物生命活动必需的有机物。当某些种类的除草剂进入植物体内后,通过作为希尔反应和光合磷酸化过程中的电子传递抑制剂及解偶联剂,抑制光合作用 PSII 的电子传递来抑制二氧化碳的固定和氧气的释放,造成植物体内糖分缺乏而死亡<sup>[1,2]</sup>。异噁草松是我国常用的除草剂,它能控制敏感植物叶绿素的生物合成,被侵染植物的种子虽然能萌芽出土,但因无色素,在短期内即会死亡<sup>[3]</sup>。故使用异噁草松除草的同时,要避免对敏感作物产生药害。为保护农作物,减少经济损失,需要研究出快速、有效地缓解除草剂药害的解毒剂,但目前国内外尚未见相关报道。

本课题组自行研制的新型解毒剂 T 为一种含钛金属络合物,它可缓解异噁草松对禾本科作物产生的药害。本研究利用光谱法分析玉米植株在施用除草剂和解毒剂后叶绿素含量及荧光特征光谱的变化,验证了解毒剂 T 对除草剂的拮抗作用。

## 1 材料及方法

### 1.1 供试药剂

40%异噁草松(clomazone)乳油(美国 FMC 公司提供),分别稀释成 50、100、150 mg/L;解毒剂 T (antidote)(本课题组研制),主要成分 4% Ti<sup>4+</sup>,稀释 1 000 倍、500 倍,相当于 4、8 mg/L;无水乙醇、丙酮均为分析纯。

### 1.2 仪器

UV-190 型紫外可见分光光度计及 850 型荧光分光光度计(日本岛津公司)。

### 1.3 实验方法

1.3.1 实验材料 盆栽玉米共 40 盆。

1.3.2 生物测定 选择生长条件相同的玉米幼苗,当长至 45 d、6~7 叶时喷除草剂异噁草松,1 h 后喷解毒剂 T。实验设 4 组:1)空白对照;2)解毒剂对照,即只喷除草剂;3)喷除草剂后喷 4 mg/L 解毒剂 T;4)喷除草剂后喷 8 mg/L 解毒剂 T。在喷施除草剂及解毒剂的同时,对照喷施等量清水,每次喷雾均以叶表面润湿为止。施药 30 d 后的生长状态见图 1,此时每盆取植株顶端第二片叶,测其荧光光谱及叶绿素含量。实验共设 4 次重复。

1.3.3 光谱分析方法之一 荧光光谱法。本方法的作用机理是:当植物进行光合作用时,如电

子传递中的电子流未被适当的接受体来接受,则被激发的电子迅速回复其原来的能量水平,所释放的能量可通过不同的方式转变,通常是释放出来比原来吸收波长较长的荧光<sup>[4]</sup>。测定玉米叶片喷施除草剂和解毒剂后发射荧光的强度,即可了解植株的生长状态。F685、F740 分别为光系统 II (PS II) 及光系统 I (PS I) 发射的荧光。具体方法为从叶基部(避开叶脉)3 cm 处,取 0.5 cm×1.0 cm 叶片,放入自制样品夹中,在荧光分光光度计上测出它们的荧光强度值。首先测定激发及发射波长,根据结果确定实验条件,并用该条件分析各组样品。

1.3.4 光谱分析方法之二 由于异噁草松可控制敏感植物叶绿素的生物合成,而解毒剂可缓解除草剂所造成的伤害,因此利用本方法研究植物喷施除草剂、解毒剂后其叶绿素含量的变化,可表明除草剂的功能。方法为:将已检测出荧光值的叶片立刻放入 3 mL 提取液中<sup>[5]</sup>,密封在 4℃ 冰箱中,黑暗下浸泡 24 h 后,用 UV-190 型紫外可见分光光度计测定提取液在  $\lambda$ 663、645 nm 的吸光度,由 Armon 公式计算出叶绿素 a、叶绿素 b 的含量<sup>[6]</sup>。

## 2 结果及讨论

### 2.1 施用异噁草松后玉米叶片的变化

施用异噁草松后,玉米植株生长状态有明显变化(见图 1)。与空白对照相比植株明显矮小,颜色较浅,这种变化随着异噁草松浓度增大而加剧。其光谱测量值见表 1。

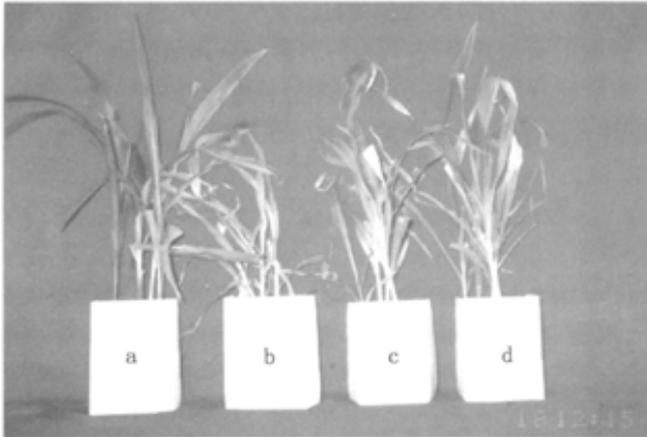


Fig. 1 The growth appearance of corn leaves before and after application of clomazone

a;CK    b;clomazone 50 mg/L    c;clomazone 50 mg/L    d;clomazone 50 mg/L  
antidote 0 mg/L    antidote 4 mg/L    antidote 8 mg/L

由表 1 可知除草剂对叶绿素浓度及单位浓度叶绿素荧光强度比的影响均非常显著,异噁草松浓度增大,叶绿素浓度减少,而单位浓度叶绿素荧光强度比上升。这是由于除草剂使叶绿素 a 的合成受到显著抑制,从而使光能在两个光系统之间的传递受阻,光合作用不能正常进行,被激发的 PS II 色素分子以荧光发射的形式释放能量。从新复极差测验结果看到,当各组间异噁草松浓度相差 1 倍时,作用差异不很明显;当各组间异噁草松浓度相差 3 倍时,则差异非常显著。由于叶绿素 b 在施用除草剂后新复极差测验不显著,因此在以后的研究中不再作考查。© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

Table 1 The result of spectrographic analysis of corn leaves after application clomazone

Clomazone/mg · L <sup>-1</sup>	Chlorophyll a/mg · g <sup>-1</sup>	Chlorophyll b/mg · g <sup>-1</sup>	Fluorescence ratio (F685/F740)
0	141.0a	17.05a	1.57 × 10 <sup>-2</sup> c
50	87.87b	32.54a	2.08 × 10 <sup>-2</sup> b
100	82.72b	10.82a	3.00 × 10 <sup>-2</sup> b
150	74.95bc	14.44a	3.72 × 10 <sup>-2</sup> a

Note: a, b, c indicate no difference, difference, significant difference, respectively ( $P < 0.05$ , HSD). Same as below.

### 2.2 玉米叶片荧光光谱研究

以  $\lambda 685 \text{ nm}$  作为检测波长, 在  $\lambda 360 \sim 670 \text{ nm}$  范围内对玉米叶片作激发光谱扫描, 发现  $440 \text{ nm}$  与  $480 \text{ nm}$  有明显激发峰(见图 2-A), 比较各组样本的荧光激发光谱, 发现它们的激发峰位置相同, 而强度发生变化, 因而选择较灵敏的  $480 \text{ nm}$  作为激发波长。

以  $\lambda 480 \text{ nm}$  为激发波长, 在  $\lambda 500 \sim 800 \text{ nm}$  范围作荧光的发射光谱扫描, 发现在  $560 \text{ nm}$ 、 $685 \text{ nm}$ 、 $740 \text{ nm}$  处有

明显的发射峰(见图 2-B), 经比较各样品的发射峰位置均相同, 只是强度有所改变。由于光合电子能量传递方向为从 PS II 至 PS I, 如果电子传递链被打断, PS II 反应中心的原出反应就不能正常进行, 导致荧光强度上升, 因而用单位叶绿素荧光强度比(F685/F740)可说明叶片的生长状态。

### 2.3 玉米植株施用解毒剂 T 后的变化

从图 1 可清楚看到, 喷施解毒剂 T 后, 异噁草松对植株的伤害得到缓解。其光谱分析结果见表 2 及表 3。由表 2 可见, 对喷施过不同浓度异噁草松的玉米植株喷施解毒剂 T 后, 叶绿素 a 的浓度均有恢复。新复极差测验表明, 无论喷施  $4 \text{ mg/L}$  还是  $8 \text{ mg/L}$  的解毒剂, 它们与对照均有显著差异。这说明解毒剂 T 确能缓解异噁草松对叶绿素合成的抑制作用。

Table 2 The function of antidote to chlorophyll a (mg/g)

Antidote /mg · L <sup>-1</sup>	Clomazone/mg · L <sup>-1</sup>		
	50	100	150
0	87.87a	82.72a	74.95b
4	173.21b	139.59b	132.78a
8	151.61c	142.64b	137.16a

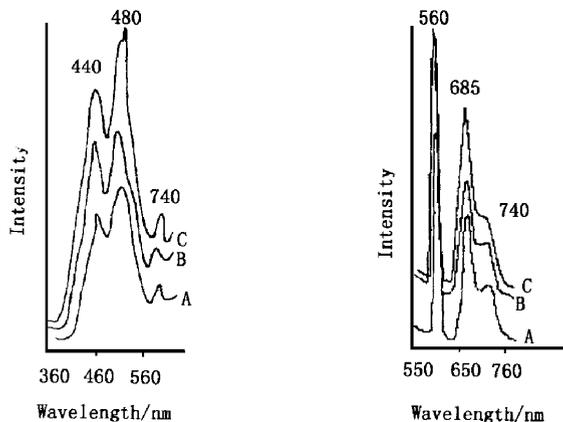


Fig 2-A. Excitation spectrum

Fig 2-B. Emission spectrum

Fig. 2 Fluorescence spectrum of corn leaf

A. CK B. clomazone and antidote C. clomazone

©当异噁草松浓度在  $150 \text{ mg/L}$  时, 对植株的伤害较轻,  $50 \text{ mg/L}$  异噁草松与  $4 \text{ mg/L}$  的解毒剂 T 组合效果较好, 优于施药的其它组合, 其叶绿素 a 浓度甚至超过健康对照(见表 1)。这可

能是由于解毒剂 T 本身对叶绿素合成也有促进作用。

Table 3 The function of antidote to raletive fluorecence(F685/F740)

Antidote /mg · L <sup>-1</sup>	Clomazone/mg · L <sup>-1</sup>		
	50	100	150
0	2.68 × 10 <sup>-2</sup> a	3.00 × 10 <sup>-2</sup> a	3.72 × 10 <sup>-2</sup> a
4	1.64 × 10 <sup>-2</sup> a	2.02 × 10 <sup>-2</sup> b	2.15 × 10 <sup>-2</sup> b
8	1.65 × 10 <sup>-2</sup> b	1.84 × 10 <sup>-2</sup> c	2.10 × 10 <sup>-2</sup> b

由表 3 可知对喷施过不同浓度异噁草松的玉米植株,无论解毒剂 T 稀释倍数如何,其新复极差测验均有显著效果。这进一步证明了解毒剂 T 确能缓解除草剂对 PS II 和 PS I 之间电子传递链的阻碍。各种组合处理之间的差异不显著,原因是解毒剂 T 本身的作用有限,荧光的修复受外界干扰较大,使得处理内误差较大。同叶绿素检测值一样,异噁草松 50 mg/L、解毒剂 T 4 mg/L 及异噁草松 50 mg/L、解毒剂 T 8 mg/L 的组合效果较好,计算值接近对照,优于其它施药后的组合。

## 2.4 讨 论

综上所述,解毒剂 T 可缓解异噁草松对植株叶绿素合成的抑制作用,并能促进植株生长。其中异噁草松浓度 50 mg/L、解毒剂 T 4 mg/L 的组合施药效果最佳,此时叶绿素 a 浓度超过对照,植株体内的电子传递得到修复。此外 UV-190 分光光度计、850 荧光分光光度计在该类除草剂及其解毒剂 T 作用机理研究方面,可发挥重要作用。

## 参 考 文 献

- 1 唐洪元,石鑫,冯文熙. 除草剂,北京化学工业出版社,1993:61~67
- 2 秦宜哲,刘清瑞. 化学除草技术问答,河南科学技术出版社,1995:18~19
- 3 王钢名,张子明. 新编农药手册,1989:534~535
- 4 北京农业大学. 植物生理学,1980:127~140
- 5 彭运生. 北京农业大学学报,1992,18(3):247~250
- 6 王继伟. 植物保护学报,1995,22(3):269~274

# Study on the Action of Antidote T to the Injury of Clomazone on Maize Plant by Fluorescence Spectrophotometric Analysis

Li Xiaowei<sup>1</sup> Li Chongjiu<sup>1\*</sup> Wan Chunhou<sup>2</sup> Zhao Yabo<sup>1</sup> Song Shuling<sup>1</sup> Zhang Weiguo<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>China Agricultural University, Beijing 100094)

(<sup>2</sup>Wanchun Biological Science & Technology Company, Beijing 100084)

**Abstract** After treating with clomazone and antidote T, the physiological changes of maize plants were studied by examining the dynamic characteristics of chlorophyll and fluorescence spectrum. The concentration of chlorophyll came down and the ratio of fluorescence strength to concentration of chlorophyll raised up as the concentration of clomazone increased. The injury from clomazone could be alleviated by antidote T. <http://www.cajep.com>

**Key words** Clomazone; Antidote T; Chlorophyll; Fluorescence spectrum