

几种玉米大田除草剂对 AM 真菌侵染及其酶活性的影响*

董昌金^{1,2} 赵斌[†]

(1 华中农业大学农业微生物学国家重点实验室, 武汉 430070)

(2 湖北师范学院生物系, 湖北黄石 435002)

摘要 在接种 *G. intraradices* 和 *G. etunicatum* 的玉米植株盆栽钵中, 按大田常规用量, 施用乙草胺、丁草胺、灵达、骠马、百草敌和使它隆 6 种除草剂, 对玉米植株的生物量、AM 真菌菌丝根段侵染率、菌丝碱性磷酸酶 (ALP) 和琥珀酸脱氢酶 (SDH) 活性及土壤中 AM 真菌菌丝的总量均有显著影响。第 10 周取样, 对玉米植株生物量影响较大的除草剂为骠马 (植株生物量为 21.1~31.3 g), 影响较小的为灵达 (植株生物量为 59.7~65.5 g), 而对照的生物量为 84.4~95.7 g; 对 AM 真菌侵染率影响较大的为丁草胺 (AM 真菌侵染率为 13.7%~18.1%), 影响较少的为使它隆 (AM 真菌侵染率为 30.4%~36.6%), 而对照侵染率为 63.0%~88.2%; 对 AM 真菌菌丝 ALP 和 SDH 酶活性影响较大的为丁草胺 (ALP 为 8.1%~10.4%, SDH 为 10.6%~14.6%), 影响较小的为使它隆 (ALP 为 17.0%~20.6%, SDH 为 23.1%~28.2%), 而对照的 ALP 为 38.0%~50.3%, SDH 为 49.7%~72.4%; 此外, 除草剂对土壤中 AM 真菌菌丝的总量也有显著影响。

关键词 除草剂; AM 真菌; 侵染率; ALP; SDH

中图分类号 S 154.3 文献标识码 A

丛枝菌根真菌 (Arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 存在于 80% 以上的维管植物中^[1], AM 真菌在植物根皮的皮层形成泡囊 (Vesicles) 和丛枝 (Arbuscules) 状结构, 可以通过曲利苯蓝 (Trypan blue) 等组织染色方法加以鉴别^[2,3]。AM 真菌通过增加植物对磷和其他营养物质的吸收, 以及对水分胁迫的抵抗来提高植物的生长^[4,5]。AM 真菌的菌丝一端侵入宿主植物根皮层细胞中, 另一端延伸到土壤中, 吸收土壤中的磷和其他营养元素, 并将它们转运回根部。最近研究表明, AM 真菌能够从土壤中吸收有机物, 并将其转运给宿主植物^[6]。除草剂的使用, 给农作物的生产带来方便, 它能有针对性地杀灭大田作物中的一些杂草, 但由于 AM 真菌对除草剂的吸收, 除草剂对 AM 真菌菌丝的生长和对宿主植物根的侵染产生胁迫和伤害。本研究的目的是在除草剂常规剂量使用范围内, 探索几种玉米大田除草剂对 AM 真菌侵染、菌丝的生长及其对碱性磷酸酶 (ALP) 和琥珀酸脱氢酶 (SDH) 酶活性的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 植物与 AM 真菌 以玉米 (*Zea mays* L.) 作为供试植物, 选籽粒饱满的玉米种子, 经 2% 次氯酸钠溶液浸泡 5 min 后, 用无菌水冲洗 3~5 次, 并置于水琼脂平皿内于室温下催芽。供试 AM 真菌为 *Glomus etunicatum* Be ker & Gerdemann (华中农业大学农业微生物学国家重点实验室提供)、*Glomus intraradices* S hen k & Smith (法国农业科学院 INRA, Institut National de la Recherche Agronomique-France 提供)。

1.1.2 化学除草剂 所用除草剂有 6 种, 分别为乙草胺 (A eto hlor)、丁草胺 (Buta hlor)、灵达 (Glyphosate-isopropylammonium)、骠马 (Aventis) (皆由南通江苏农药化工股份有限公司生产)、百草敌 (Di amba, 瑞士诺华产品) 和使它隆 (Fluroxypyr, 美国陶氏益农公司生产)。

* 欧盟项目 (INCO-DEV Proje t ICA4 30014) 和国家自然科学基金项目 (30270051) 资助

† 通讯作者, E-mail: binzhao@mail.hzau.edu.cn

作者简介: 董昌金 (1963~), 男, 湖北黄石人, 副教授, 博士研究生, 主要从事 AM 真菌生理生化、生态及分子生物学研究

收稿日期: 2003-11-24; 收到修改稿日期: 2004-03-08

1.2 盆栽种植

采集表皮 10 m 以下, 低磷、未曾施过化学除草剂的田间耕作土 (pH 7.2, 有机质为 10.3 g kg^{-1} , 全 N 为 0.84 g kg^{-1} , Olsen-P 为 0.27 mg kg^{-1} , 有效 K 为 92.3 mg kg^{-1}), 晒干后过筛, 按砂: 土为 1: 2 (v/v) 的比例混匀, 126°C 高压灭菌 2 h 后备用。在盆栽钵的下层装入 70% 高度的灭菌土, 按总体积 5% 的量平铺一层 AM 真菌接种剂, 再覆盖一层灭菌土, 用蒸馏水一次性浇透土壤, 并植入已发芽的玉米种子, 每盆

种 2 株。最上层覆盖一层小玻璃珠 ($\phi 0.8 \text{ mm}$) 以防土壤表面污染。室内 $25\sim 30^\circ\text{C}$ 光照培养, 光照时间每天 12 h, 并浇一次蒸馏水。

1.3 试验设计与除草剂的施用

对于每种 AM 真菌, 试验进行 6 个处理 (6 种除草剂, 每种除草剂为一个处理), 另设 1 个对照 (不施除草剂, 以浇蒸馏水为对照), 每种处理 (包括对照) 设 6 个重复。玉米植株生长 4 周后, 盆栽处理组按大田正常使用量施用一次除草剂, 见表 1。

表 1 试验所用除草剂及其用量

Table 1 Dosages of the herbicides applied

名称 Name	含量 Content (%)	剂型 Form	药剂用量 Dosage (ml hm^{-2})
乙草胺 A eto hbr	50	乳油 Oil emulsion	2 250
丁草胺 Buta hlor	60	乳油 Oil emulsion	150
灵达 Glyphosate isopropylammonium	41	水剂 Aqua	3 750
骠马 Aventus	53	水剂 Aqua	900
百草敌 Diamba	48	水剂 Aqua	300
使它隆 Fluroxypyr	20	乳油 Oil emulsion	900

1.4 玉米植株的生物量与 AM 真菌菌丝根段侵染率的测定

玉米播种后, 第 4 周开始使用除草剂, 第 7 周、第 10 周各取一次样。每次取样 3 个重复, 测量植株地上、地下部分鲜重。采用 Phillips 和 Hayman 的方法^[2], 将部分洗净的玉米根系剪成约 1 m 长的根段, 121°C 下 10% KOH 溶液透明 30min, 自来水冲洗 3~5 次, 2% HCl 浸泡中和 5 min, 水洗后置于 0.08% 曲利苯蓝 (Trypan blue) 染色液中, 沸水浴 30 min, 水洗, 取样镜检, 计算 AM 真菌根段侵染率。

1.5 AM 真菌菌丝 ALP 和 SDH 酶活性染色

每次取样, 玉米植株供试根段用冰水洗净, 并立即保存在冰上。取 0.5 g 1 m 长的根样, 用纤维素酶和果胶酶 [$20 \text{ ml } 0.05 \text{ mol L}^{-1}$ 三羟甲基氨基甲烷柠檬酸缓冲液 (Tris/ Tris a id, pH 9.2)、 50 mg mL^{-1} 山梨醇 (Sorbitol)、 15 units mL^{-1} 纤维素酶 (Cellulase) 和 15 units mL^{-1} 果胶酶 (Pectinase)] 在室温下透明 2 h, 用冰水清洗根段后立即进行组织化学染色, AM 真菌菌丝琥珀酸脱氢酶 (Succinate dehydrogenase, SDH) 采用 Smith 和 Gianinazzi-pearson 方法^[3], 碱性磷酸酶 (Alkaline phosphatase, ALP) 采用 Tisserant 等的方法^[8] 进行酶活性染色。SDH 染色液为 0.2 mol L^{-1} 三羟甲基氨基甲烷盐酸缓冲液 (Tris/HCl, pH 7.4) 5 ml 、 5 mmol L^{-1} MgCl_2 2 ml 、 4 mg mL^{-1} NBT (氮蓝四

唑, Nitro-blue Tetrazolium) 5 ml 、 2.5 mol L^{-1} 琥珀酸钠 (Na-succinate) 2 ml 和水 6 ml ; ALP 染色液为 0.05 mol L^{-1} 三羟甲基氨基甲烷柠檬酸缓冲液 (Tris/ Tris a id, pH 9.2) 18 ml 、 1 mg mL^{-1} α -磷酸萘酯 (α -naphthyl acid phosphate) 20 ml 、 1 mg mL^{-1} 坚牢兰 RR 盐 (Fast Blue RR salt) 20 ml 、 0.5 mg mL^{-1} MgCl_2 1 ml 和 0.8 mg mL^{-1} $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1 ml 。显微镜下镜检, SDH 为紫黑色颗粒, ALP 为深棕色颗粒。

1.6 土壤中 AM 真菌菌丝总量的测定

用打孔器在盆栽钵的不同地点进行取样、混匀、晾干。称取 2 g 土壤样品, 测量其中所含 AM 真菌菌丝的总量。2g 土壤样品中的 AM 真菌菌丝用 240~300 目的筛网进行抽提, 多次清洗后, 用曲利苯蓝进行 TB 染色, 菌丝的总长度用网格交叉法 (A modified line intersect method) 在显微镜下进行测量^[9]。

1.7 统计分析

所有数据运用 SAS 软件在 $p = 0.05$ 水平上进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 除草剂对玉米植株生物量的影响

从表 2、表 3 看出, 除草剂对接种 AM 真菌的玉米植株生物量有显著影响, 第 10 周取样, 与对照 (生

表2 除草剂对接种 *G. intraradices* 的玉米植株生物量的影响¹⁾Table 2 Impact of herbicides on biomass of maize inoculated with *G. intraradices*

处理 Treatment	玉米生物量 Biomass of maize (g)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	58.8 a	85.4 a
乙草胺 A eto hlor	35.4	49.6
丁草胺 Buta hlor	43.0 b	49.3
灵达 Glyphosate isopropylammonium	38.0	59.7 b
骠马 A ventis	19.5 e	21.1 e
百草敌 Di amba	30.2 d	41.3 d
使它隆 Fluroxypyr	28.5 d	37.3 d

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

表3 除草剂对接种 *G. etunicatum* 的玉米植株生物量的影响¹⁾Table 3 Impact of herbicides on biomass of maize inoculated with *G. etunicatum*

处理 Treatment	玉米生物量 Biomass of maize (g)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	58.9 a	95.7 a
乙草胺 A eto hlor	38.5 b	55.9 b
丁草胺 Buta hlor	43.4 b	50.9
灵达 Glyphosate isopropylammonium	44.4 b	65.5 b
骠马 A ventis	21.2 d	31.3 d
百草敌 Di amba	28.4	36.8 d
使它隆 Fluroxypyr	26.2 d	29.3 d

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

物量为 85.4~95.7 g) 相比, 影响较大的除草剂为骠马(生物量为 21.1~31.3 g), 其次为百草敌和使它隆(生物量为 29.3~41.3 g), 影响较小的为灵达(生物量为 59.7~65.5 g)。

2.2 除草剂对 AM 真菌菌丝根段侵染率的影响

从表 4、表 5 看出, 除草剂对 AM 真菌菌丝玉米

根段侵染率有显著影响, 第 10 周取样, 与对照(AM 真菌侵染率为 63.0%~88.2%) 相比, 影响较大的除草剂为丁草胺(AM 真菌的侵染率为 13.7%~18.1%), 影响较小的为使它隆(AM 真菌的侵染率为 30.4%~36.6%)。

表4 除草剂对 *G. intraradices* 侵染率的影响¹⁾Table 4 Impact of herbicides on infection rates of *G. intraradices*

处理 Treatment	侵染率 Infection rate (%)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	72.8 a	88.2 a
乙草胺 A eto hlor	7.4 d	25.2 de
丁草胺 Buta hlor	8.9 d	18.1 f
灵达 Glyphosate isopropylammonium	18.9	24.8 e
骠马 A ventis	10.7 d	31.1 b
百草敌 Di amba	24.8 b	30.8 d
使它隆 Fluroxypyr	27.1 b	36.6 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

表 5 除草剂对 *G. etunicatum* 感染率的影响¹⁾Table 5 Impact of herbicides on infection rates of *G. etunicatum*

处理 Treatment	感染率 Infection rate (%)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	50.7 a	63.0 a
乙草胺 A eto hlor	10.7 b	30.7 b
丁草胺 Buta hlor	6.3 b	13.7 d
灵达 Glyphosate isopropylammonium	6.7 b	23.7 b
骠马 A ventis	9.3 b	15.6 d
百草敌 Di amba	14.1 b	16.7 d
使它隆 Fluroxypyr	11.5 b	30.4 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

2.3 除草剂对 AM 真菌菌丝 ALP 和 SDH 酶活性的影响

除草剂对 AM 真菌菌丝 ALP 和 SDH 酶活性有显著影响。表 6 结果表明, 第 10 周取样, 与对照 (ALP、SDH 酶活性分别为 50.3% 和 72.4%) 相比, 影响较大的除草剂为丁草胺 (ALP、SDH 酶活性分别为 10.4% 和 14.6%), 影响较小的为使它隆 (ALP、SDH

酶活性分别为 20.6% 和 28.2%); 表 7 结果表明, 与对照 (ALP、SDH 酶活性分别为 38.0% 和 49.7%) 相比, 影响较大的除草剂为丁草胺、骠马和百草敌 (ALP 酶活性为 8.1% ~ 9.7%, SDH 酶活性为 10.6% ~ 13.2%), 影响较小的为乙草胺 (ALP、SDH 酶活性分别为 18.2% 和 23.9%) 和使它隆 (ALP、SDH 酶活性分别为 17.0% 和 23.1%)。

表 6 除草剂对 *G. intraradices* 菌丝 ALP 和 SDH 酶活性的影响¹⁾Table 6 Impact of herbicides on ALP and SDH activities of *G. intraradices* hyphae (%)

处理 Treatment	第一次取样 The first samples		第二次取样 The second samples	
	ALP	SDH	ALP	SDH
对照 Control	54.3 a	69.9 a	50.3 a	72.4 a
乙草胺 A eto hlor	5.2 d	6.5 d	14.8 de	19.6 d
丁草胺 Buta hlor	5.9 d	8.0 d	10.4 f	14.6 e
灵达 Glyphosate isopropylammonium	13.0	17.1	14.4 e	19.6 d
骠马 A ventis	6.2 d	9.5 d	17.5 d	24.5 b
百草敌 Di amba	17.2 b	21.9 b	18.2 b	23.8 d
使它隆 Fluroxypyr	18.8 b	24.4 b	20.6 b	28.2 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

表 7 除草剂对 *G. etunicatum* 菌丝 ALP 和 SDH 酶活性的影响¹⁾Table 7 Impact of herbicides on ALP and SDH activities of *G. etunicatum* hyphae (%)

处理 Treatment	第一次取样 The first samples		第二次取样 The second samples	
	ALP	SDH	ALP	SDH
对照 Control	35.5 a	45.4 a	38.0 a	49.7 a
乙草胺 A eto hlor	7.5 b	9.6 b	18.2 b	23.9 b
丁草胺 Buta hlor	4.6 b	5.9 b	8.1 e	10.6 d
灵达 Glyphosate isopropylammonium	4.6 b	6.2 b	13.9 d	18.5
骠马 A ventis	6.5 b	8.4 b	8.9 e	12.1 d
百草敌 Di amba	9.7 b	12.6 b	9.7 de	13.2 d
使它隆 Fluroxypyr	7.9 b	10.2 b	17.0 b	23.1 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

2.4 土壤中 AM 真菌菌丝总量的测定

从表 8、表 9 看出, 除草剂对土壤中 AM 真菌菌丝总量有显著影响。第 10 周取样, 与对照(2 g 土样中 AM 真菌菌丝总量为 902.0~1 036.0 m)相比, 影

响较大的除草剂为丁草胺(2 g 土样中 AM 真菌菌丝总量为 176.7~196.7 m), 影响较小的为使它隆(2 g 土样中 AM 真菌菌丝总量为 386.0~393.0 m)。

表 8 土壤样品中 *G. intraradices* 菌丝总长度¹⁾

Table 8 Total length of *G. intraradices* hyphae in 2 g of soil samples (m)

处理 Treatment	菌丝总长度 Hyphal length (m)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	703.0 a	1036.0 a
乙草胺 A eto hlor	67.0 d	271.3 d
丁草胺 Buta hlor	84.3 d	196.7 d
灵达 Glyphosate isopropylammonium	168.7	262.0 d
骠马 Aventus	98.3 d	327.7 b
百草敌 Di amba	224.7 b	318.0 b
使它隆 Fluroxypyr	246.0 b	386.0 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

表 9 土壤样品中 *G. etunicatum* 菌丝总长度¹⁾

Table 9 Total length of *G. etunicatum* hyphae in 2 g of soil samples (m)

处理 Treatment	菌丝总长度 Hyphal length (m)	
	第一次取样 The first samples	第二次取样 The second samples
对照 Control	637.0 a	902.0 a
乙草胺 A eto hlor	140.3 d	393.0 b
丁草胺 Buta hlor	76.3 e	176.7 e
灵达 Glyphosate isopropylammonium	83.0 e	304.7
骠马 Aventus	114.7 d	200.3 d
百草敌 Di amba	178.3 b	222.0 d
使它隆 Fluroxypyr	146.7	393.0 b

1) 表中数据代表每次取样 3 个重复的平均值, 同一列数据, 相同的字母差异性不显著 The data represent the mean values of 3 replicates, values in each column followed by the same letter do not differ significantly ($p = 0.05$)

3 讨论

1) 几种常见玉米大田除草剂对 AM 真菌菌丝侵染率、ALP 和 SDH 酶活性, 及土壤中 AM 真菌菌丝的总量都有显著影响, 这可能与除草剂对 AM 真菌的代谢及宿主植物对 AM 真菌营养供给的影响有关。AM 真菌菌丝不仅吸收土壤中的 P、Zn、Cu 等营养元素^[10, 11], 也吸收对其有害的除草剂, 所以农业化学物质, 如化肥、农药、除草剂等对菌丝的生长和代谢有毒害作用。

2) 除草剂除对 AM 真菌侵染和菌丝酶活性产

生影响外, 被 AM 真菌侵染的玉米根段中, AM 真菌的丛枝、泡囊数也急剧减少。其原因可能是除草剂影响了 AM 真菌菌丝的代谢和生理生化, 并降低了与生长、代谢及分化有关的酶的活性。

3) 玉米植株播种后的第 7 周, AM 真菌菌丝 ALP 和 SDH 酶活性最高, 随着时间的推移, 菌丝 ALP、SDH 酶活性会下降, 其可能原因一是随着菌丝的老化, ALP、SDH 酶逐渐失活, 二是除草剂对菌丝 ALP、SDH 酶的活性也有显著影响。

4) 用网格交叉法测定土壤样品中 AM 真菌菌丝的总量, 除 AM 真菌菌丝外, 还可能少量的其他真菌菌丝。这是因为尽管供试土壤已灭菌, 又淋浇

蒸馏水, 但由于培养材料是在恒温室中开放式培养, 空气中的少量杂菌(如霉菌等)孢子难免会掉到土壤表面上, 萌发后可能会在土壤浅表生长, 由于曲利苯蓝染色不能区分 AM 真菌菌丝与其他真菌菌丝, 所以, 严格地说, 测定出的菌丝总长度应该是土壤中所有真菌菌丝的总长度。

参考文献

- [1] Smith S E, Read D J. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd Ed. London: Academic Press, 1997. 1~ 605
- [2] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc., 1970, 55: 158~ 161
- [3] Trouvelot A, Kough J L, Gianinazzi-pearson V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-pearson V, Gianinazzi S. eds. Physiology and Genetical Aspects of Mycorrhizae. Paris: INRA Press, 1986. 217~ 221
- [4] Bolan N S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plant. Plant and Soil, 1991, 134: 189~ 207
- [5] Nelsen C E. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal

systems. In: Safir G R. ed. E physiology of VA Mycorrhizal Plants. CRC, Boca Raton, Fla., 1987. 71~ 91

- [6] Nedumpara M J, Mooman T B, Jayahandran K. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus epigaeus*) on herbicide uptake by roots. Biol. Fertil. Soils, 1999, 30: 75~ 82
- [7] Smith S E, Gianinazzi-Pearson V. Phosphate uptake and vesicular-arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L.: Effect of photon irradiation and phosphate nutrition. Aust. J. Plant Physiol., 1990, 17: 177~ 188
- [8] Tisserant B, Gianinazzi-pearson V, Gianinazzi S, et al. In planta histochemical staining of fungal alkaline phosphatase activity for analysis of efficient arbuscular mycorrhizal infections. Mycol. Res., 1993, 97: 245~ 250
- [9] Tennant D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol., 1975, 63: 995~ 1001
- [10] 李晓林, 曹一平. VA 菌根吸收矿质营养的机理. 土壤, 1993, 25: 274~ 277. Li X L, Cao Y P. The mechanism of VA mycorrhiza absorb nutrition (In Chinese). Soils, 1993, 25: 274~ 277
- [11] 李晓林, 张俊伶. VA 菌根与矿质营养. 土壤学报, 1994, 31 (增刊): 38~ 45. Li X L, Zhang J L. VA mycorrhiza and mineral nutrition (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1994, 31(Suppl.): 38~ 45

IMPACT OF HERBICIDES ON INFECTION AND HYPHAL ENZYME ACTIVITY OF AM FUNGUS

Dong Changjin^{1,2} Zhao Bin^{1†}

(1 State Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(2 Department of Biology, Hubei Normal University, Huangshi, Hubei 435002, China)

Abstract In a pot experiment, pots of maize inoculated with *G. intraradices* Shenk & Smith and *G. etunicatum* Becker & Gerdemann were treated with herbicides. The dosages of herbicides applied in the pots were the same as in the fields. The results showed that the herbicides (atrazin, butachlor, glyphosate-isopropylammonium, alachlor, diamba, and fluroxypyr) had significant impacts on biomass of the maize, infection rate of AM mycorrhiza fungus, and hyphal enzyme activity of alkaline phosphatase (ALP) and succinate dehydrogenase (SDH), and amount of AM mycorrhiza fungal hyphae in the soil. Samples collected at the 10th week showed that alachlor had greatest impact on biomass of the maize (21.1~ 31.3 g), and glyphosate-isopropylammonium had the least (59.7~ 65.5g), while the biomass in the control was 85.4~ 95.7 g. In terms of impact on infection rate, Butachlor ranks first among the six, resulting in an infection rate of 13.7%~ 18.1% and Fluroxypyr the last (30.4%~ 36.6%), while the infection rates in the control were 63.0%~ 88.2%. Butachlor remained to be the first in terms of impact on ALP and SDH activities of AM mycorrhiza fungal hyphae (ALP 8.1%~ 10.4% and SDH 10.6%~ 14.6%), and Fluroxypyr the last (ALP 17.0%~ 20.6% and SDH 23.1%~ 28.2%), whereas the control showed 38.0%~ 50.3% and 49.7%~ 72.4%, respectively; Besides, herbicides also affected significantly total amount of the hyphae of AM mycorrhiza fungus in the soil.

Key words Herbicides; AM fungi; Infection rate; ALP; SDH