

607-411

28564(10)

三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida*) 对大豆根系生长及其结瘤的影响

祝心如 王威 赵国镇 王大力

S565.101

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

A

摘要 沈阳郊区实地考察中观察到, 邻近三裂叶豚草生长的大豆的根瘤形成受到了抑制. 土箱实验中得到了和野外调查一致的结果, 但大豆根系发育和分布不受影响. 施用三裂叶豚草水浸液的实验表明, 是三裂叶豚草水浸液, 即: 水浸液中的化学物质, 抑制了根瘤菌的活动, 从而影响大豆根瘤的形成. 文章给出了调查和实验的结果, 并进行了分析.

关键词 三裂叶豚草, 大豆, 根瘤形成抑制, 根系生长

EFFECT OF *Ambrosia trifida* ON ROOT GROWTH AND NODULATION OF SOYBEAN

Zhu Xinru Wang Wei Zhao Guozhen Wang Dali

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing, 100085, China)

Abstract A unique phenomenon was observed when soybean grew adjacent with *Ambrosia trifida*, that the nodulation of soybean was remarkably inhibited. In the designed experiment in which soybean grew with or without *A. trifida* and the soil was spiked with *Bradyrhizobium japonicum*, the same phenomenon appeared. Soybean has less amount and smaller sizes of nodes when growing with *A. trifida*, compared with that growing without *A. trifida*. The same result was obtained in experiment by spraying aqueous extract of stem and root of *A. trifida* to the sand medium where soybean grew in. The results indicate that the activity of *B. Japonicum* was inhibited by the materials in the aqueous extract.

The chemicals in the aqueous extract are mainly terpenoid, organic acids and polyene. Rich polyene in *A. trifida* are postulated to be the main cause of the inhibition of nodulation. However, the results of the field observation and experiment show that *A. trifida* did not have obvious influence on the root growth of soybean.

Key words: *Ambrosia trifida*, soybean, nodulation inhibition.

• 国家自然科学基金(编号 29377283)资助项目。

本研究得到中国科学院植物所荆玉祥惠赠慢生大豆根瘤菌菌种, 沈阳农业大学关广清、尹睿先生给予帮助, 在此谨致谢意。

收稿日期: 1995-08-29, 修改稿收到日期: 1995-12-25。

1 实验方法

1.1 根系生长观察

1.1.1 实地考查 以沈阳郊区沈阳农业大学附近,有三裂叶豚草侵入的大豆地为考查点,挖取三裂叶豚草和大豆,观察根生长情况。

1.1.2 斜板玻璃根箱实验 80 cm × 80 cm × 80 cm 木箱,斜放玻璃板,板上置土,板下避光。箱内植三裂叶豚草 2 株,大豆 2 株,共 2 箱;另 2 箱内,每箱植大豆 4 株作为对照。通过斜板玻璃观察根生长及分布。

1.1.3 网格根箱实验 80 cm × 80 cm × 80 cm 木箱,用尼龙线按 10 cm 为间距平拉成网,箱内共置网 3 层,层间距 15 cm,每箱内植三裂叶豚草两株,大豆 2 株,共 2 箱;另两箱内,每箱内植大豆 4 株作为对照。豆和草生长两个半月后,用水小心冲去泥土,植株根系位置被网格固定,可观察根系分布情况。图 1 为两种根箱的结构示意图。(为避免线条太多,使图混乱不清,土中根系分布于另图示出。)

1.2 大豆结瘤情况的实地调查

选沈阳郊区有三裂叶豚草侵入的大豆地为调查点。选择和三裂叶豚草株距小于 10 cm 的大豆 30 株,挖取大豆全根,查根瘤数。另选和三裂叶豚草相距大于 30 cm 的大豆 30 株,挖取全根,查根瘤数。

1.3 三裂叶豚草对大豆根瘤结瘤影响实验

1.3.1 土箱内种植三裂叶豚草,待长高约 15 cm,将已长出一叶的豆苗移入,3d 后,施入大豆根瘤菌,连续施 3d。土箱内只种大豆的作为对照。1 个月后,用水冲去泥土,检查结瘤情况。

1.3.2 沙基种植大豆。共 4 箱,其中 2 箱为对照。待大豆长至 1 叶,每日取 0.5kg 三裂叶豚草茎和根,破碎后以蒸馏水浸取,将浸取液施于沙箱,随后施大豆根瘤菌,连续施 5 d,对照组沙箱不施三裂叶豚草水浸液。1 月后,冲去沙土,检查结瘤情况。

1.4 慢生大豆根瘤菌(*Bradyrhizobium japonicum*)的培养

培养液为 Mannitol 10.0 g, KH_2PO_4 0.25 g, K_2HPO_4 0.25 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2 g, NaCl 0.1 g, CaCO_3 4.0 g, 酵母浸膏 1.0 g, 于 1000 ml 蒸馏水中, pH6.8~7.0。于 25℃ 自然光照下培养。

2 结果与讨论

2.1 三裂叶豚草对大豆根系生长的影响

玻璃斜板根箱实验使得可随时观察三裂叶豚草和大豆根生长的情况,也可观察根系分布。网格根箱实验可观察根系在三维空间的分布(图 2)。三裂叶豚草主根发育不显著,有非常发达的须根,四散分布。根呈微红色。大豆可见主根及侧根。从根系分布看,大豆的侧根与三裂叶豚草的根互相交错,无明显的趋或避现象。

在沈阳实验地内挖取的三裂叶豚草有较粗的主根,在根基部呈明显红色,须根很多,色暗褐。邻近生长的大豆的主根直,并不歪向或回避三裂叶豚草的根,大豆侧根于主根四周均匀生长,与豚草相邻的一侧也未见大豆侧根生长有异。

根据根箱实验结果和对自然状态下邻近三裂叶豚草生长的大豆根系的观察,可以认为,三裂叶豚草不影响大豆根系生长发育,即不存在三裂叶豚草根系分泌物影响大豆根系生长的情况。

2.2 三裂叶豚草对大豆根系结瘤的影响

网格根箱实验中观察到,在未施大豆根瘤菌的情况下,与三裂叶豚草生长在一起的大豆的根瘤数,明显少于对照组大豆的根瘤数。结果示于表 1。

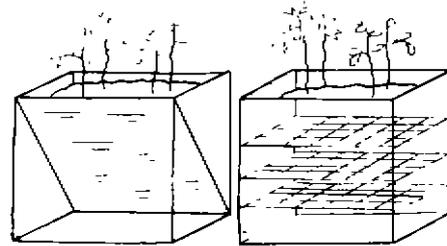


图 1 玻璃斜板根箱和网格根箱示意图

Fig. 1 Schema of the pot with glass or with thread net

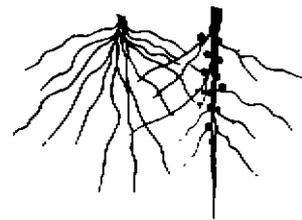


图 2 豚草和大豆根系发布示意

Fig. 2 Schema of roots of soybean and *A. trifida*

表 1 根箱种植大豆的根瘤数比较

生长条件 Growing condition	大豆-豚草混长 Soybean grew with <i>A. trifida</i>	大豆单独生长 Soybean grew solely
大豆株数 Plant number of soybean	4*	4
根瘤总数 Total number of node	39	104

* 取自两个根箱。

在沈阳郊区考察发现,当大豆附近生长有三裂叶豚草时,其根瘤数目和根瘤径级均小于单独生长的大豆的根瘤。当破开栓皮后,根瘤呈淡粉红色。两种情况下,根瘤色泽一致。表 2 给出了两者的比较。

野外考察、不施根瘤菌的实验、以及施撒根瘤菌的实验,给出了一致的结果,即:三裂叶豚草虽不影响大豆根系发育,却使大豆根瘤结瘤数减少了。结果是肯定的。

表 2 沈阳郊区调查点大豆的根瘤数

根瘤径级(mm) Diameter of node	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
30 株根瘤总数 ^a Total nodes in 30 plants	469	191	188	52	35	12	3
株平均根瘤数 ^a Everage node number per plant	15.6	6.4	6.3	1.7	1.2	0.4	0.1
30 株根瘤总数 ^b Total nodes in 30 plant	589	342	317	150	68	21	0
株平均根瘤数 ^b Everage node number per plant	19.6	11.4	10.6	5.0	2.3	0.7	0

a: 三裂叶豚草-大豆株距小于 10cm, 共 30 株, 30 plants of soybean each of which and plant of weed are less than 10 cm apart.

b: 三裂叶豚草-大豆株距大于 30cm, 共 30 株, 30 plants of soybean each of which and plant of weed are more than 30 cm apart.

施撒大豆根瘤菌的土箱实验结果示于图 3。对照组大豆平均每株结瘤 56 个,而与三裂叶豚草混生长的大豆平均每株结瘤 26.8 个。差距是明显的,并与野外考察结果一致。

2.3 三裂叶豚草影响大豆根瘤形成的原因分析

沈阳考查中发现,有三裂叶豚草侵入的大豆地,三裂叶豚草生长旺盛,植株高大,有很宽阔的叶片。对阳光的竞争显然优于大豆。邻近大豆生长的三裂叶豚草还要与大豆竞争营养和水分。豚草根系吸肥能力强,形成 1t 豚草干物质,需耗氮 14.5 kg^[3]。这些都会影响大豆的生长,但从大豆根瘤形成考虑,土壤中氮肥的减少,应有利于根瘤菌的活动,促进形成更多的根瘤。表 1 的数据说明情况正好相反。

在土箱实验中,实验组和对照组,均使用事先均匀混合的土壤,并进行了含氮量的测定(表 3)。在三裂叶豚草生长一段时间,移入豆苗之前,又分别对土壤含氮量进行了测定。土壤含氮量稍有降低,在这样条件下,实验结果也显示出大豆结瘤数的差异。

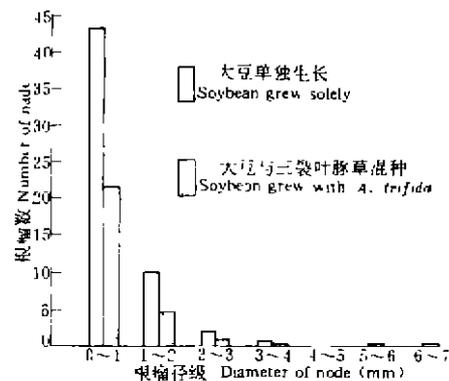


图 3 土箱实验大豆根瘤数比较

Fig. 3 Comparison of node numbers in pot experiment

表 3 土箱实验中土壤含氮量

Table 3 NO_2^- -N, NO_3^- -N, NH_4^+ -N in soil in pot experiment

项目 Item	实验前 测定值 Determined before trial	实验初期 对照箱豆-豆 Determined at start soybean-soybean	实验初期 实验箱豆-草 Determined at start soybean- <i>A. tiffida</i>
鲜土水分 Water in fresh soil (%)	6.97	22.1	22.6
风干土水分 Water in dry soil (%)	1.45	3.28	3.37
亚硝态氮(鲜土) NO_2^- -N in fresh soil ($\mu\text{g/g}$)	0.19	0.007	0.005
亚硝态氮(干土) NO_2^- -N in dry soil ($\mu\text{g/g}$)	0.20	0.009	0.006
硝态氮(鲜土) NO_3^- -N in fresh soil ($\mu\text{g/g}$)	16.5	7.0	1.0
硝态氮(干土) NO_3^- -N in dry soil ($\mu\text{g/g}$)	17.7	9.0	1.3
铵态氮(鲜土) NO_4^- -N in fresh soil ($\mu\text{g/g}$)	11.2	2.2	2.0
铵态氮(干土) NO_4^- -N in dry soil ($\mu\text{g/g}$)	12.0	2.8	2.6
总氮(风干土) Total N in air dried soil ($\mu\text{g/g}$)	573.5	486.3	488.9
总氮(干土) Total N in dry soil ($\mu\text{g/g}$)	581.9	502.8	506.0

又安排了施用三裂叶豚草植株水浸液的沙基培养实验。结果表明(图 4):在同样施用大豆根瘤菌的情况下,从结瘤数和根瘤径级来看,对照组高于施用三裂叶豚草水浸液的实验组。综合上述,可以看出,三裂叶豚草确实减少了大豆根瘤的数目。而且,三裂叶豚草水浸液起了相当的作用。

为了对三裂叶豚草水浸液中存在的化学物质有所认识,本实验室曾对三裂叶豚草水浸液进行过分析(另文发表),国外文献也有过报道^[3],归纳起来,三裂叶豚草水浸液中含有这样一些化学物质,列于表 4。许多类萜物质和有机酚酸都已被证明是化感物质,在低浓度时,对植物生长往往有刺激作用,而浓度稍高,就会抑制植物生长^[4]。这里要指出的是聚炔。聚炔广泛地存在于菊科植物中。最近有报道,聚炔对土壤线虫、细菌、病毒、以及子宫细胞具有毒性作用^[5]。本实验中观察到大豆根瘤形成受到抑制,这可能与聚炔的毒性作用相关。三裂叶豚草根茎部呈红色,茎节处也有明显红色,表明含有相当丰富的聚炔。显然,聚炔在抑制根瘤菌的活力,减少土壤中根瘤菌的数量,从而导致大豆根瘤数减少中,具有重要作用。

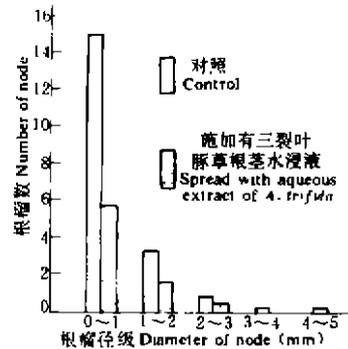


图 4 沙箱实验大豆根瘤数比较

Fig. 4 Comparison of node numbers of soybean grown in sand

表 4 存在于三裂叶豚草水浸液中的化学物质

Table 4 Chemicals in aqueous extract of *A. trifida*

化合物类别 Group	化合物名称 Chemical	资料来源 Data resource
类萜 Terpenoid	α -pinene	本实验室分析 Analysis by the authors
	β -pinene	
	bornylene	
	camphor	
	borneol	
	terpilenol	
	bicyclo [3,1,1]hept-3-en-2-one,4,6,6,-trimethyl	
有机酸 Organic acid	decanoic acid,3-hydroxy- benzoic acid,3,4-dihydroxy- 1,2-benzendicarboxylic acid bis(2-methoxyethyl)	本实验室分析
聚多炔 Polyyne	$\text{Me}(\text{C}\equiv\text{C})_5\text{CH}=\text{CH}_2$	
	$\text{Me} \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_5\text{H}_7-\text{C}(\text{C}\equiv\text{C})_2\text{CH}=\text{CH}_2$	本实验室分析* 文献:[3,6] References[3,6]
	$\text{Me}(\text{C}\equiv\text{C})_2-\text{C}_5\text{H}_7-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$	
	$\text{Me} \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_8-\text{C}(\text{C}\equiv\text{C})_2\text{CH}=\text{CH}_2$	
	$\text{Me} \text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_8-\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}=\text{CH})_2\text{H}$	

* 本实验室分析仅指出聚多炔,而未鉴定具体结构。

参 考 文 献

- 1 黄宝华. 豚草国内的分布及危害调查. 植物检疫, 1985, 1: 62~65
- 2 万方浩, 王韧. 恶性杂草豚草的生物学及生态学特性. 杂草学报, 1990, 4: 45~48
- 3 Lu, T Parodi F J, Vargas D. et al. Sesquiterpenes and Thiarubrine from *Ambrosia trifida* and its Transformed Roots. *Phytochemistry*, 1993, 33(1), 113~116
- 4 祝心如, 王大力, 何芬珠. 酚酸化合物对植物生长的影响及其在土壤中的滞留. 见, 化学生态学 1, 1991 年学术讨论会论文集. 上海, 上海科学技术文献出版社, 1993. 71~78
- 5 Towers G H N, Abramowski Z, Finlayson A J, et al. Antibiotic Properties of Thiarubrine A, a Naturally Occurring Dithiacyclohexadiene Polyine. *Planta Medica*, 1985, 51, 225~229
- 6 Christensen L P, Lam, J. Acetylenes and Related Compounds in *Heliantheae*. *Phytochemistry*, 1991, 30(1): 11~49