

除草剂氟乐灵对大豆结瘤、固氮和 生育产量影响的研究

汤树德 李汉昌 石晶波

(黑龙江八一农垦大学)

提 要

于1979—1981年在白浆土、草甸白浆土、草甸黑土和冲积砂壤土上进行了盆栽、小区和大田实验,同时辅以人工光照室内的单株水培和土培试验。查明了氟乐灵对大豆有效性结瘤和根瘤固氮活性的抑制效应及其季节动态;初步探明由于施药土层中大豆根系侧根形成和生长严重受阻,根毛消失。从而减少了根瘤菌入侵“门户”是导致大豆有效共生体系受阻抑的主要原因;由于氟乐灵对大豆整个生育期中植株生长发育和结瘤固氮产生显著的抑制影响,故在田间常用量下使大豆籽实减产11.5—15.7%,施用高剂量下(2.5公斤/公顷)则减少30%以上。氟乐灵(Trifluralin)是一种二硝基苯胺类选择性土壤处理的化学除草剂。七十年代以来已在国内外广泛用于豆田和棉田的杂草防除。近年来在我国黑龙江垦区国营农场中也成为大豆田杂草防治的主要化学除草剂,其应用面积每年达数十万公顷;并日趋扩大。

关于氟乐灵对大豆结瘤的影响,1974年以来有一些报导(Morgan T.H.Jr等,1975; Corolo L.等,1976; Cheboter N. I. 1979; Giaridin A.R.等1979)。汤树德等(1981)也就此进行了证实,同时发现氟乐灵对大豆根瘤乙炔还原活性的抑制,但是对这一影响的后果却持有不同看法。Staniforth D. W.等, Cheboter N.I. (1979), Massariol A.A.等(1974)认为,在普通剂量下氟乐灵对大豆结瘤的抑制作用,由于在大田条件下大豆对这一影响具有很强的恢复能力,故这些初始(和暂时)的抑制作用也就逐渐消失,因而对产量无明显影响。Parker M. B.等人(1976)则指出,氟乐灵不但减少大豆结瘤量,而且在公顷施量1.12公斤时使大豆籽实减产10.5%。

我们自1979年以来对氟乐灵影响大豆共生固氮体系及其调节进行了较系统研究。本文从大豆结瘤状况、固氮酶活性和生育产量来讨论氟乐灵的影响。

材 料 和 方 法

整个试验设置了人工光照室的培养试验、盆栽、田间小区（或微区）和大田生产试验。盆栽放置在轨道式遮雨棚条件下进行。

氟乐灵为意大利产，含有有效量 48% 的乳油，按有效剂量 0.5—2.5 公斤/公顷喷雾于表土后随即耙入 0—5 或 0—7 厘米土层，施药后 5—7 天播种大豆。试验期间土层不翻动。

于大豆各生育期（苗期、分枝期、盛花期、结荚期和鼓粒期）进行结瘤状况分析，按离体根瘤——乙炔还原法测定根瘤固氮酶活性（采用上海 100 型气相色谱仪检测）。各期测定植株干鲜重，成熟后按常规考查经济性状。

表 1 试验土壤主要理化性状

土壤类型	有机质 (%)	全 N (%)	全 P_2O_5 (%)	水解 N (毫克/100克土)	速效 P_2O_5 (毫克/100克土)	pH (水)
白浆土	3.16	0.13	0.24	3.52	0.5—1.0	5.9
草甸白浆土	4.19	0.27	0.16	5.43	2.30	6.3
草甸黑土	4.54	0.18	0.17	4.93	13.60	6.2
冲积砂壤土	4.67	0.39	0.16	13.17	4.04	—

结 果 分 析

一、氟乐灵对大豆结瘤状况的影响

经三年在不同类型土壤上进行十次试验一致证实，氟乐灵于播种前 5—7 天施用有效量 0.5—2.5 公斤/公顷拌入 0—7 厘米土层中，对大豆结瘤产生显著的抑制效应。据表 2 大豆花期调查资料表明，在氟乐灵影响下，植株结瘤个数和鲜重以及有效瘤鲜重皆明显下降。例如，施用常量（1.0—1.5 公斤/公顷）下，在白浆土上分别降低 18.2、33.6 和 49.5%；在黑土上分别下降 35.3、43.3 和 49.3%。于各生育期对根瘤有效性分析证明，氟乐灵对大豆根瘤着生量的阻抑主要表现在有效根瘤上，无效根瘤未发现本质影响（图 1）。同时表明，随氟乐灵施用量增加，其抑制程度明显加剧。

根瘤粒径分级调查（图 1）表明，氟乐灵对大豆结瘤的抑制，以粒径 3 毫米以下有效瘤为主；3—5 毫米粒径有效瘤只在施药量 1.5 公斤以上才观察到明显减少。各粒

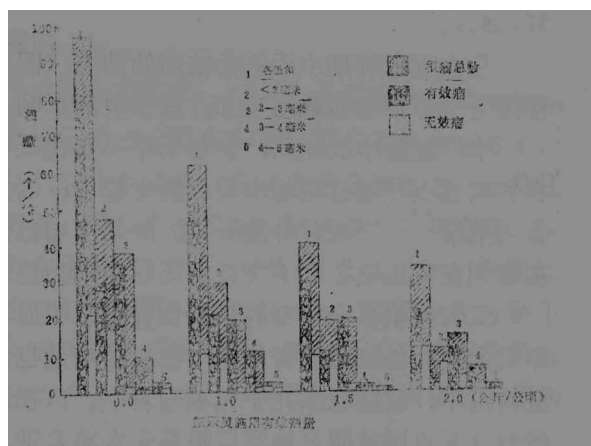


图 1. 氟乐灵对大豆结瘤状况的影响
(草甸黑土, 小区试验, 盛花期, 1980)

级无效瘤虽然也表现负影响,但在施药剂量之间未表现规律。

表 2 氟乐灵对大豆结瘤和固氮酶活性的抑制效应 (花期调查)

试 验 年 份	土 壤 类 型	施用有效量 (公斤/公顷)	单株瘤总数	单株瘤鲜重	单株有效瘤鲜	固氮酶活性下降 (%)	
			减少 (%)	降低 (%)	重降低 (%)	克 瘤	单 株
大田, 1979	白浆土	1.8	22.2—43.5	65.4—76.7	—	—	—
大田, 1979	草甸白浆土	1.5	—	46.2	45.9	36.3	91.0
小区, 1979	草甸白浆土	1.5—2.0	27.0—43.3	57.4—73.3	—	—	—
小区, 1979	草甸黑土	1.0—2.0	—	11.2—24.5	25.6—35.3	44.7—67.1	38.1—56.7
小区, 1980	草甸黑土	1.0—2.5	36.3—85.9	36.0—63.9	30.7—71.3	12.5—77.3	31.5—85.8
小区, 1981	草甸黑土	1.0—2.5	35.7—63.3	57.1—71.4	53.2—73.7	44.7—83.3	14.8—69.1
小区, 1981	冲积砂壤土	1.0—2.5	72.9—81.0	32.9—58.7*	14.5—49.2*	7.8—48.2	37.9—72.3
小区, 1981	白浆土	1.0—2.5	14.1—51.7	—	2.5—30.0	0.0—49.1	3.3—68.2
盆栽, 1981	白浆土	0.5—2.5	9.8—33.2	9.1—68.2	33.4—72.7	42.0—56.5	18.4—81.6
盆栽, **1981	白浆土	1.0—2.0	42.4—55.2	34.1—38.6	18.5—25.1	23.5—44.7	0.0—9.8

注: * 为干重, ** 亩施玉米秸粉1000公斤。

大豆整个生育期中,其植株有效性结瘤的动态,在所有处理中皆呈现一致规律(图2)。单株有效瘤干重都从分枝期急剧上升至结荚期达最高峰,此后又缓慢下降。但是,氟乐灵对大豆有效结瘤的抑制程度则以花期最大,分枝期最小。也就是说,氟乐灵对大豆有效性结瘤的最大抑制效应时期的出现,是在植株有效结瘤量最大时期到来之前。例如氟乐灵有效施用量为0.5—1.5公斤/公顷条件下,对大豆有效瘤干重的平均抑制率,在分枝期、花期、结荚期和鼓粒期分别为30.9、48.5、37.7和33.2%。平均为37.58%。

从大豆生育期中无效性结瘤的动态(图3)看出,所有处理大豆植株无效性结瘤量都随着生育推进而急速增加,氟乐灵的影响未表现任何规律。

水培试验中观察到,在基质中不存在氟乐灵条件下,大豆自第一对真叶展开时其主根和侧根上开始出现幼小根瘤的突起物;而施药处理的植株,根瘤突起物的开始出现却推迟至第一片三出复叶展开期,其幼小瘤数量随药量增加而减少。在黑土小区试验中也观察到在氟乐灵影响下大豆幼苗现瘤期约延迟3—5天。

从大豆根系上根瘤的分析位置可以明显观察到,在施药的0—7厘米土层位置中,不仅大豆植株侧根发育极差,该层结瘤量也显著减少。特别在1公斤/公顷以上的高剂量情况下,该层根系几乎无根瘤着生。但在施药土层以下,大豆根系生长完全正常,其结瘤状况也同对照植株同层根系无实质差别。这说明,由于氟乐灵的水溶度极低(0.1—0.3ppm, 27℃),在土层中移动性很小,故它在土层中分布的层次性也就造成了大豆根系生长和根瘤着生的同步性差异,从而导致大豆根系结瘤集中部位的下移。

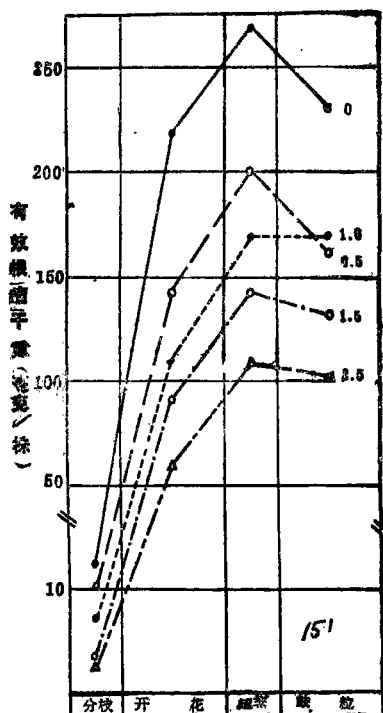


图2. 氟乐灵对大豆有效性结瘤影响的季节动态(白浆土, 盆栽试验, 1981)

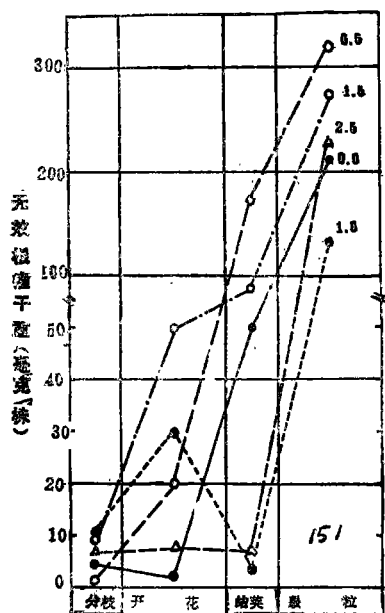


图3. 氟乐灵对大豆无效性结瘤影响的季节动态(白浆土, 盆栽试验, 1981)

二、氟乐灵对大豆根瘤固氮酶活性的影响

已知豆血红蛋白是根瘤中固氮酶活性表现的防氧保护剂, 所以剖面呈现红色特征的根瘤才具有活跃的固氮酶活性, 故称为有效根瘤。由于氟乐灵主要阻抑有效根瘤的着生, 则势必使单株根瘤固氮酶的总活性降低。从我们十次试验, 花期进行离体根瘤—乙炔还原法测得资料(2)表明, 在氟乐灵的影响下, 不仅单株根瘤的固氮酶总活性下降, 并且克瘤固氮酶活性也明显降低。例如氟乐灵常用量(1.0—1.5公斤/公顷)下, 单株根瘤固氮酶总活性和克瘤固氮酶活性在白浆土上分别下降43.5和44.1%; 在黑土上分别下降67.7和53.5%。说明氟乐灵不仅由于阻抑单株有效瘤着生量, 而减少了单株根瘤固氮细胞组织的总体积, 致使单株根瘤固氮酶总活性降低; 同时亦降低了等体积根瘤组织的固氮酶活性。

氟乐灵对大豆根瘤固氮酶活性的阻抑效应, 在大豆生育不同时期表现了差异。获得的资料(图4)表明, 在所有剂量处理下皆以花期的抑制程度最大, 鼓粒期最小。例如氟乐灵有效量为0.5—1.5公斤/公顷时, 于分枝期、花期、结荚期和鼓粒期的抑制率分别为45.5、47.7、45.2和24.8%, 平均为40.78%。可以看出, 氟乐灵对大豆单株根瘤固氮酶活性抑制效应最大表现时期是同单株根瘤固氮酶活性最大值出现的时期相吻合。

试验证明, 单株根瘤固氮酶活性同单株有效结瘤量随着氟乐灵施用量提高而递减, 呈显著负相关 (图 5)。至于上述资料中大豆单株有效结瘤量和根瘤固氮酶活性在生育

期中出现的高峰期不一致, 可以解释为试验年份中测定日前五天平均温度在荚期高于花期 (前者为 29.5°C , 后者为 24.5°C), 而结瘤最适温度却高于根瘤固氮酶活性最适温度 (前者为 30°C , 后者为 25°C) (Lindemann W. C. 1979) 故结瘤高峰出现在结荚期, 根瘤固氮酶活高峰出现在花期。

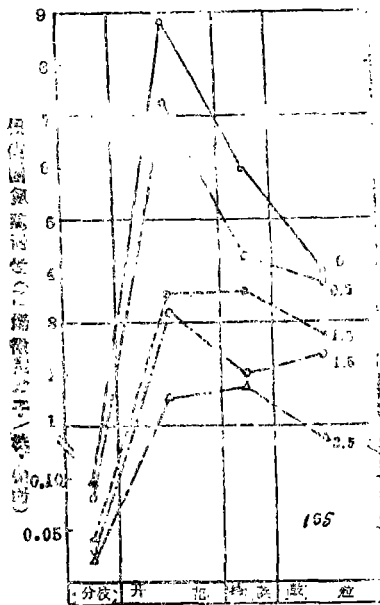


图4. 氟乐灵对大豆根瘤固氮酶活性影响的季节动态 (白浆土, 盆栽试验, 1981)

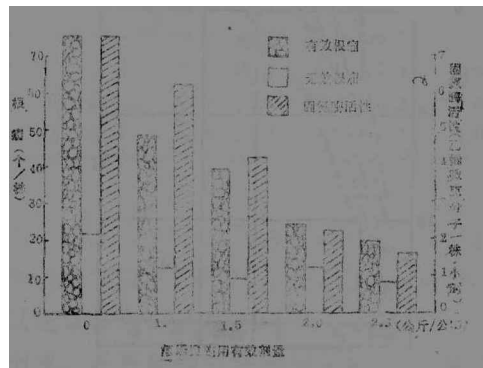


图5. 氟乐灵施用量对大豆根瘤有效性和固氮酶活性的影响 (白浆土, 盆栽试验, 盛花期, 1981)

三、氟乐灵对大豆生长发育和产量性状的影响

氟乐灵对大豆植株生长发育的抑制性影响, 从大豆子叶出土直至成熟的整个生育期中都有所表现。大概是在种子发芽生根之时, 通过初生根系开始接受药物的作用。前人对二硝基苯胺类除草剂对作物根系生长影响的研究报告较多, 但定量研究氟乐灵与根系生长的关系, 及系统研究它对共生固氮体系的抑制作用尚未有报导。我们通过水培试验查明, 氟乐灵浓度为 0.005ppm 对就表现对大豆根系的强烈抑制, 从 $0-10\text{ppm}$ 基质中, 大豆根系鲜重与药剂浓度呈高度负相关 ($r = -0.992$)。在田间试验条件下也观察到氟乐灵对大豆幼苗根系生长的阻抑, 阻止侧根和根瘤的出现, 其抑制程度随药量增加而加重 (图 6)。当氟乐灵有效量超过田间常用量 ($1.0-1.5$ 公斤/公顷) 以后, 大豆幼苗就表现严重的药害现象, 此时不仅出现大量畸形苗, 同时急剧降低了保苗率 (图 6)。大豆根系受抑制的典型症状表现: 大豆下胚轴肿大, 胚根短而粗; 随着植株生长, 主根和侧根明显加粗, 尖端纯圆而膨大成火柴头状; 侧根难以形成, 次生组织分化出的侧根虽突破中柱鞘, 但不突破表皮, 或虽突破表皮, 但露出的根尖停止生长而膨大成一个疣状物; 侧根上着生的细根数量极大减少, 根毛数量急剧下降 (表 3)。无疑, 侧根和根毛的极大减少, 从而减少了根瘤菌对宿主的侵入“门户”和着瘤基地, 而导致根瘤着结数量的急剧下降。

表 3 氟乐灵对大豆侧根和根毛着生数量的影响 (光照室小型土培幼荚期)

处 理	根鲜重 (克/株)	在每 10 厘米段一级侧根上面					
		二 级 侧 根		二 级 侧 根 长 度		根 毛	
		条	%	厘 米	%	总 数	%
对 照	2.50	32.3	100	729.6	100	4,263,855.4	100
氟乐灵 2ppm	2.00	19.0	58.8	25.2	3.45	43,428.7	1.02
氟乐灵 5ppm	0.75	4.5	13.9	3.5	0.48	28,793.8	0.67

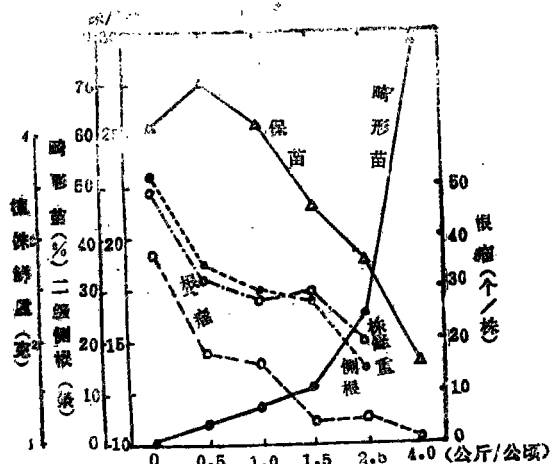


图6. 氟乐灵对田间大豆苗期生育的影响 (甸草黑土, 小区, 1980)

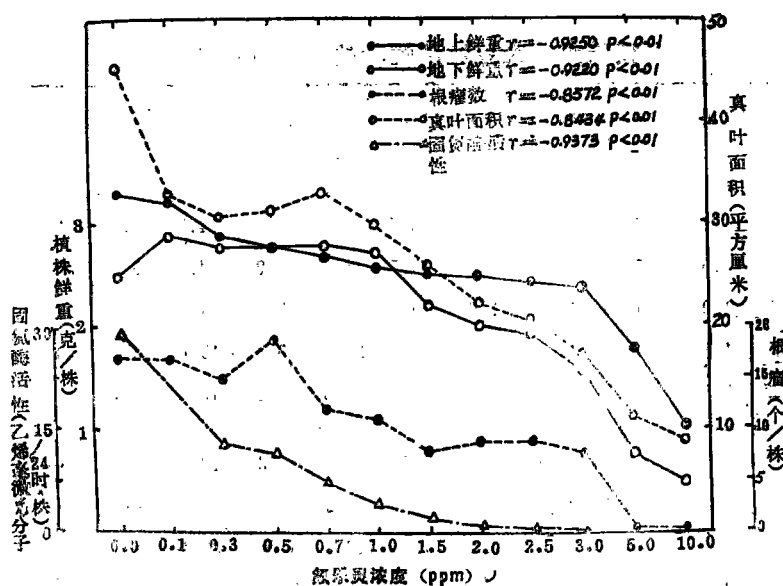


图7. 氟乐灵剂量同大豆生育和根瘤固氮状况指标的相关性 (人工光照室小型土培, 花末期, 1981)

通过人工光照室小型土培剂量试验查明,当施入土壤中氟乐灵浓度为0.1ppm时,大豆植株生育和结瘤固氮状况各项指标皆表现抑制效应;随着药剂浓度的依次增加,其抑制程度亦趋加大,即氟乐灵浓度同测定的指标数值呈现高度显著的负相关(图7);当浓度达5ppm时,就完全阻抑主根伸长、侧根生长和根瘤形成;浓度高至10ppm时,大豆植株生育至初花期而死亡。

氟乐灵对大豆植株的抑制作用在整个生育期中,植株地上部分的受抑制程度远轻于地下部分。例如盆栽(白浆土,1981)中氟乐灵有效量为每公顷1.0公斤条件下,大豆苗期地上植株干重为对照植株的97.2%,根系干重却为对照植株的49.3%;盛花期分别为对照植株的81.2和65.0%;鼓粒期分别为92.0和70.0%。

所有试验都表明,氟乐灵对大豆地上植株的抑制程度在花荚期表现最大;而对地下根系的最大抑制程度则出现在苗期至分枝期;无论地上植株或根系受氟乐灵抑制影响的程度,皆在花荚期以后明显减轻,但是,直至成熟期仍然不能完全解除其抑制影响。

由于氟乐灵对大豆整个生育期中植株生长发育和根瘤固氮所产生显著的抑制效应,其结果,必然影响到大豆经济性状和籽实产量。从我们试验中获得的资料(表4)表明,氟乐灵主要减少单株荚粒数而导致籽实减产。在1981年雨量过多年份中,氟乐灵施用常量(1.0—1.5公斤/公顷)下使大豆籽实减产:白浆土上为11.6—15.9%,冲积砂壤土上为11.3—14.6%。施用高剂量2.5(公斤/公顷)时,在白浆土上减产36.6%,冲积砂壤土上减产31.9%。

从表4资料还看出,氟乐灵明显提高底荚高度1—2厘米,并有减少分枝和茎重的趋势。

表 4 氟乐灵对大豆经济性状的影响 (1981)

土 壤 和 试验方法	处 理 (公斤/公顷)	株 高 (厘米)	底荚高 (厘米)	分枝/株 (个)	荚/株 (个)	粒/株 (个)	粒重/株 (克)	百粒重 (克)	茎重/株 (克)	茎/粒 (克/平方米)	产 量 (克/平方米)	相对 产量
白浆土、 盆栽试验	对 照	50.7	11.3	1.3	19.7	42.7	6.3	14.8	8.6	1.37	157.5	100
	氟乐灵0.5	50.1	12.0	0.3	18.7	41.3	5.9	14.4	8.0	1.35	147.5	93.7
	氟乐灵1.0	49.0	12.0	1.0	18.5	37.4	5.6	14.9	8.3	1.48	140.0	88.4
	氟乐灵1.5	48.4	12.2	0.3	13.4	28.2	5.3	15.0	6.2	1.46	132.5	84.1
	氟乐灵2.5	39.2	13.6	0.8	11.8	24.0	4.0	16.6	5.4	1.34	100.0	63.4
冲 积 砂 土、田间 试验*	对 照	81.3	10.6	4.7	8.5	23.7	4.53	19.1	—	—	114.1	100
	氟乐灵1.5	53.7	13.3	2.7	8.1	22.2	4.02	18.1	—	—	101.2	88.7
	氟乐灵1.5	53.3	12.7	2.3	3.1	19.8	3.58	28.1	—	—	97.8	85.4
	氟乐灵2.5	48.0	12.0	2.0	6.1	18.4	3.13	17.0	—	—	77.7	68.1

* 小区面积1×2=2m²

结 论

1. 在白浆土、草甸白浆土、草甸黑土和冲积砂壤土四种土类上施用常量（有效剂 1.0—1.5 公斤/公顷）氟乐灵于播前 5—7 天拌入 0—7 厘米表土层中，使大豆花期有效瘤鲜重、克瘤固氮酶活性和单株根瘤固氮酶总活性分别降低 $41.3 \pm 7.75\%$ 、 $54.9 \pm 15.65\%$ 和 $61.9 \pm 18.85\%$ 。

2. 氟乐灵对大豆有效结瘤量和根瘤固氮酶活性的抑制效应皆以花期表现最大，后期趋向减小；整个生育期中平均抑制效应，前者为 37.6%，后者为 40.8%；其抑制效应随氟乐灵施用量而急剧增大。

3. 氟乐灵对大豆根系的抑制程度远大于地上植株，前者以分枝期以前表现最重，后者则在花荚期表现为重，花荚期之后皆明显减轻，但直至成熟期仍不能完全解除其抑制影响。

4. 大豆根系受抑制部位只局限于分布于施药土层中，其症状表现为：大豆下胚轴肿大，胚根短粗，随植株生长，主侧根明显加粗，并尖端钝圆膨大成火柴头状；侧根形成和生长严重受阻，根毛几乎消失，也就关闭了根瘤菌入侵的“门户”而出现无瘤区；但当根系生长穿过施药土层后仍然正常生长和有效结瘤。

5. 由于氟乐灵对大豆整个生育期中植株生长发育和根瘤固氮所产生显著的抑制效应，必然影响到大豆经济性状和籽实产量。在常用量（1—1.5 公斤）下，大豆籽实减产 11.5—15.7%；施用高剂量（2.5 公斤），则减产 30% 以上。

主要参考文献

- (1) 汤树德等：《中国油料》1981年第3期。
- (2) Evans L.T.：《作物生理学》（中译本）196页，1978，农业出版社。
- (3) Giardin A.R., Lopes E.S., Deuber R.：《Planta Daninha》1979, 2 (2)：21—32。
- (4) Harvey R.G.：《Weed Science》1973, 21 (6)：517—520。
- (5) Massariol A., A. Lam-Sanchez A：《Scientifica》1974, (1)：18—23。
- (6) Morgan T. H. Jr, Overton J. R. Mullins J. A. Jeffer L. S.：《Proceedings 28th Annual Meeting Southern Weed Science Society》1975, 76 Dep Plant and Soil Sci. Univ. Tennessee, Knoxville, USA
- (7) Lindemann N.C.：《Soil Sci.》1979(6):43。
- (8) Parker M.B. et al.：《Weed Sci.》1976, 24(1)。

STUDIES ON EFFECT OF TRIFLURALINE ON NODULATION,
NITROGEN FIXATION AND YIELD OF SOYBEAN

Tang ShudeLi HanchangShi Jingpo

(August 8 Reclamation University)

Abstract

Results of experiments conducting on podzolic soil, meadow black soil and sandy loam showed that the inhibiting effect of Trifluraline on plant growth, effective nodules, nitrogen fixation activity of soybean is significant, particularly at flowering and pod filling. The results also showed that the dry weight of effective nodules, nitrogenase activity, total nitrogen fixation activity per plant and yield of soybean reduced by 44.8, 42.2, 56.4 and 11.5—15.7%, respectively, the growth of root system and root hairs decreased seriously as well.