

除草劑 處理가 콩 生育 및 根瘤菌 着生과
VA菌根菌 感染에 미치는 影響

尹哲秀 · 許祥萬 · 孫實均*

**Effects of Herbicides on the Growth, Nodulation and
VA Mycorrhizal Infection in Soybean (*Glycine max*).**

Yoon, C. S., S. M. Huh and B. K. Shon*

ABSTRACT

A field experiment was done to evaluate the growth response, rhizobia nodulation and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (VAMF) infection of soybean treated with the different concentration of three-herbicides, alachlor, simazine, linuron. The results obtained were summarized as follows ; Emergence rate of soybean was non-significantly decreased by increasing the herbicide concentration. In simazine treatment, low emergence rate showed even in recommended concentration, especially the lowest emergence rate in treble concentration of recommended dose was about 50%. The plant length of soybean lowered by increasing the herbicide concentration, but there were almost no differences in recommended dose. Particularly that in a high concentration of herbicides at three weeks after treatment(WAT) was decreased remarkably. In the plant diameter of soybean shoot, no differences in the recommended concentration of alachlor and linuron at 2 WAT, but those of recommended dose was decreased with the lapse of time, and the lowest treatment was simazine-treated plot. Leaf area and fresh weight of soybean tended to decrease over the control even in recommended concentration and it was decreased with the increment of the herbicide dose. Yield component, fresh weight of rhizobia nodule and chlorophyll content of soybean leaves were reduced with the increment of herbicide dose, especially remarkable tendency was revealed in simazine-treated plot. Seasonal infection rate of VAM showed a slight decrease by increasing of herbicide dose, and the lowest infection was simazine treatment. Significant correlation was realized among the reduction of rhizobia nodulation, VAM colonization and the agronomic characters of soybean and it was considered that the reduction of rhizobia nodulation and VAM colonization by misapplication of the herbicides might be a causal factor for decrease in soybean yield.

緒 言

전세계 作物生産량의 病害蟲 및 雜草에 의한 損失은 平均可能 收穫量の 33.8~44%에 이른다^{1,33)}. 따라서 作物栽培가 集約化되는 現代農業에서는 農産物生産의 量的·質的 向上과 生産費 節減을 위한 省力栽培의 必要性은 더욱 絶실하여 農藥에 의한 化學的 防除는 날로 急增하고 있는

추세이다. 除草劑를 비롯한 農藥의 사용은 作物의 生産性 向上을 위한 不可分의 要因이지만 非標的 生物에 대한 影響(Nontarget effect)은 하나의 害惡의 副作用으로 問題時되고 있다.

除草劑는 최근 사용량이 增加되기 때문에 土壤 微生物相의 각 集團은 深刻한 影響을 받을 수 있을 程度로 높은 水準일 수도 있고, 對象作物과 土壤에 處理될 때 目標하지 않는 生物이 致命的으로 影響을 받거나, 拮抗의인 他 群落在 除去됨

* 順天大學校 農科大學 College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon 540-070, Korea.

으로서 直接的으로 影響을 받지않는 群落에 變化를 초래할 수 있기 때문에 除草劑에 대한 作物生長 反應과 土壤微生物相의 反應은 여러 側面에서 檢討되어야 한다고 생각된다.

콩은 一般的으로 窒素施肥의 重要性이 크지 않은 作物으로 認識되고 있는데, 이는 콩 生育期間中에 所要되는 窒素量의 40-60%가 根瘤菌에 의한 空中 遊離窒素固定을 통하여 供給되기 때문이다²⁰⁾.

除草劑는 종류에 따라 根瘤菌 自體에 直接的으로 影響을 미치거나^{2,14,15,37)} 또는 間接的으로 寄主作物에 작용하여 根瘤菌의 侵入, 根瘤 活性 및 窒素 固定 能力 등의 根瘤菌 活性에 影響을 미치게 되며^{17,22,36)}, 또한 土壤 生態系에는 수많은 微生物相을 包含하고 있어 高等植物의 生育에 直接·間接으로 影響을 끼치고 있다.

除草劑와 豆科植物의 根瘤菌着生과 窒素固定에 관련된 研究들은 다양한 條件에서 修行되어 왔는데, Johnen과 Drew²²⁾는 linuron이 루핀의 根瘤菌 生長을 抑制하는데 그 程度는 菌主에 따라 差異가 있다고 하였으며, Grossbrad¹⁶⁾은 atrazine, dinoseb, asulam 및 linuron 등이 콩의 根瘤 形成과 窒素固定能力을 減少시킨다고 하였다. Simon-Syovestre 등³⁶⁾도 2,4-DB와 dalapon을 混用할 경우 根瘤形成과 窒素固定能力은 顯著히 減少하였는데 이는 根部의 非正常 生育에 起因한 것이라고 報告하였다. Anderson²⁾은 simazine을 培地上에서 使用勸獎濃度보다 높은 濃度로 處理했을때 根瘤菌의 增殖抑制 效果를 나타냈으며 DNOC, dinoseb, pyrazon 및 linuron 등은 抑制作用이 크다고 하였으며, Greaves 등^{14,15)}도 除草劑를 비롯한 각종 農藥의 사용이 根瘤菌의 活性과 콩의 生育에 害惡的으로 作用할 수 있음을 強調하였다. Alachlor의 경우 Audus⁴⁾는 使用勸獎濃度에서는 一般細菌의 增殖에 影響이 없다고 하였고, simazine處理에 의해서는 根瘤菌의 增殖이 減少하였으며 그 減少하는 濃度에서는 암모니아 生成이 遲延된다고 報告하였다. 具¹⁸⁾ 등도 alachlor, simazine, linuron의 藥害程度의 差異를 報告하였는데, 除草劑 處理水準의 增大에 따른 莖, 根 및 根瘤形成 抑制의 影響은 相互有意的 關係下에서 增大되는 傾向이었다고 報告하였다. 吳·韓³¹⁾에 의하면 根瘤菌數는 除草劑의 處理濃度가 增加함에 따라 正比例的으로 減少하였

고 그 程度는 除草劑의 種類에 따라 그리고 品種에 따라 顯著한 差異가 있었다고 報告하였다. 辛³⁷⁾의 報告에 따르면 室內實驗에서 콩 根瘤菌은 alachlor와 linuron의 使用勸獎濃度인 400ppm 處理에서도 각각 27.4와 57.9%의 生存率을 보여 有意的인 根瘤數의 減少를 보였고 simazine은 供試藥劑中에서 가장 影響이 적었다고 報告하였다.

最近 關心이 높아지고 있는 VA菌根菌(Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi)은 19세기말 植物과 絲狀菌과의 共生關係를 菌根菌이라는 名稱을 附與한 이래¹²⁾ 세계 각국의 研究者들에 의해 研究되고 있다.

Asai는 豆科植物 窒素固定에서 VA菌根菌의 重要性을 實證할 바 있고³⁾ 磷酸缺乏土壤에서 磷酸吸收 增進效果에 그 關心이 集中되어 졌으며, 그의 많은 研究에서 豆科植物의 生物的窒素固定에서 根瘤活性和 VA菌根菌 感染에 影響을 미친다고 報告된 바 있다^{5,10,11)}.

Bagyaraj 등⁶⁾은 VA菌根菌과 rhizobium을 각각 接種하고, VA菌根菌과 rhizobium을 동시에 接種한 比較實驗에서 地上部の 窒素含量과 乾物重이 콩에 있어서 有意性있게 增加한다고 報告하였고 Carling 등¹⁰⁾은 總乾物重, 根瘤乾物重, 窒素酵素 및 窒素還元酵素가 活性化된다고 報告하였다.

土壤中 農藥에 관련된 研究로서는 植物生長의 役割로 잘 알려진 VA菌根菌과의 共生에서 農藥들이 作物의 生育에 대하여 有害한 影響을 끼친다는 점이 報告된바 있다^{25,28,29)}.

Ocampo 등²⁹⁾은 cabamate除草劑를 植物의 잎에 撒布하거나 土壤에 直接 撒布할 경우에 VA菌根菌의 量에 影響을 주지 않는다고 하였으며, 除草劑 施用後 時間이 經過함에 따라 作物은 正常狀態로 回復된다고 報告하였다^{9,30,32,38)}.

Trappe 등⁴³⁾에 의하면 除草劑는 植物의 生長과 代謝作用을 통해 VA菌根菌에 影響을 끼치기 때문에 除草劑에 대한 正確한 影響을 區別하기 힘들다고 報告하였다. Garcze-Romera 등¹³⁾은 除草劑를 基準量으로 處理했을때 植物生長에 대해 VA菌根菌 效果가 認定되나 使用勸獎濃度보다 높게 除草劑를 處理할 경우 그 效果가 低下되었다고 報告한 바 있다.

VA菌根菌은 다른 土壤微生物과 마찬가지로 대부분 植物根圈에 棲息하고 있기 때문에 處理된

農藥들이 根瘤菌이나 VA菌根菌 協生에 影響을 미칠 수 있으며, 특히 콩밭 除草劑의 대부분이 土壤處理劑인데도 불구하고 除草劑의 處理가 作物生育 反應과 根瘤微生物에 미치는 影響에 관한 研究는 많지 않은 實情이지만 外國에서는 다소의 研究가 遂行되고 있다^{14,16,29,36,43}. 그러나 우리나라에서는 具等¹⁸⁾ 몇몇 研究者들에 의해 作物 藥害程度의 차이와 根瘤着生에 대한 단편적인 研究報告가 있으나 VA菌根菌과 관련된 研究報告는 거의 없는 실정이다. 따라서 本 實驗은 콩밭 除草劑로 널리 사용되어진 藥劑(acid amide系:alachlor, triazine系:simazine, urea系:linuron)를 系統別로 處理하여 藥劑 種類와 處理濃도가 共生育과 收量에 미치는 影響, 그리고 콩에 대한 根瘤菌의 根瘤着生과 VA菌根菌 感染에 미치는 除草劑의 影響을 究明함으로써 除草劑의 效率의 使用方法에 대한 基礎資料는 얻고자 遂行한 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

本 實驗은 1989년 6월 20일 부터 1991년 3월 10일까지 順天大學校 西面農場 田作圃에서 遂行되었다. 土壤은 高川統 砂壤土로 排水는 약간 양호하며 有效土深은 50-100cm 程度이고 心土는 暗黃褐色 砂壤土로서 有機物含量이 豊富한 條件에서 遂行되었다.

供試品種은 全國獎勵品種인 中生種이며, 多分 枝型인 光敎로 하였으며 施肥量은 N-P₂O₅-K₂O=4-7-6 kg/10a 水準으로 施用하였다.

供試藥劑는 表 1에서와 같이 콩밭 除草劑로 널리 사용되어진 土壤處理 除草劑를 系統別로 分類

하여 acid amide 系統의 alachlor, triazine系統의 simazine, urea 系統의 linuron을 使用하였다. 播種은 7월 6일에 60×20 cm間隔으로 1株當 2粒을 點播하고 發芽 後에 疎아서 1株1本으로 하였다. 試驗區 配置는 亂塊法 3反復으로 하고 區當面積은 6 m²로 하였으며 藥劑處理는 表 2와 같이 無處理, 1 除草區 그리고 除草劑를 系統藥劑別로 使用勸獎濃度, 2倍濃度, 3倍濃度の 水準으로 播種 後 土壤表面에 噴霧處理하였다. 管理는 慣行栽培로 하였다.

調査項目은 播種 2週 後에 出現率의 調査와 播種 後 2週째부터 1週日 間격으로 草長, 莖太, 葉面積(1株1本), 地上部·地下部 生體重을 각 4回 調査하고 收穫 後에 株當莢數, 粒數, 百粒重을 調査하였으며 調査方法은 農村振興廳 農事試驗 調査基準²⁶⁾에 따라 遂行하였다.

根瘤重 調査는 直徑 20 cm, 길이 30 cm의 밑이 둥근 原型 비닐포트를 圃場에 묻고 播種 後 藥劑處理하여 管理하면서 播種 2週 後 부터 1週日 間격으로 4回 調査하였다.

VA菌根菌 感染은 植物體 뿌리를 採取하여 수도물로 洗滌한 다음 水分을 제거하고 FAA溶液 (Formalin 13 ml + Acetic acid 5 ml + Ethyl alcohol 50%液 200 ml)에 뿌리를 貯藏한 後 貯藏하였던 뿌리를 Phillips와 Hayman 方法³²⁾에 의해 다음과 같이 행하였다. 즉 뿌리를 약 1 cm 길이로 잘라 FAA溶液에 貯藏된 뿌리를 10% KOH液으로 90°C dry oven에 20~60분간 處理하고, KOH液을 수도물로 3回 이상 行구어 내고 alkaline hydrogen peroxide液으로 漂白化시키고, 2%의 HCl로 3~4분 酸性化시킨 다음 0.01% acid fuchine lactophenol(lactic acid 875

Table 1. Herbicides

Common name	Formula-tion	Chemical name	Structural formula
Alachlor	43.7% EC	2-chloro-2, 6diethyl-n-(methoxymethyl) acetanilide	
Simazine	50.0% WP	2-chloro-4, 6-bis(ethylamino)-s-triazine	
Linuron	50.0% WP	3-(3, 4-dichlorophenyl)-1-methoxy-1-methylurea	

Table 2. Herbicides treatment

Tret. No.	Herbicide common name	Application concentration ^x				
		rate ai/ha	water/ha	C ₁	C ₂	C ₃
1	Control (W · C)	-	-	-	-	-
	Handweed (H · W)	-	-	-	-	-
2	Alachlor	200ml	100l	200l	400l	600l
3	Simazine	200g	120l	200g	400g	600g
4	Linuron	150g	150l	150g	300g	450g

X : Plots were treated with recommended concentration of herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control, handweed plot.

ml, glycerine 63 ml, acid fuchine 0.1 g)을 넣고 dry oven에 90°C로 10~60분 동안 染色시킨後 光學顯微鏡下에서 感染樣相을 觀察하였고, Read 等의 方法³⁴⁾에 따라 30切片 試料의 感染與否를 判定하여 다음의 式로 計算하였다.

$$VA\text{菌根菌 感染率} = \frac{VA\text{菌根菌에 感染된 뿌리 切片數}}{\text{調査된 뿌리의 切片數}} \times 100$$

結果 및 考察

1. 콩의 生長反應

1) 出現率

Alachlor, simazine 그리고 linuron 藥劑를 각각 使用勸獎濃度, 2倍濃度, 3倍濃度로 處理하여 播種 2週 後에 無處理區와 比較한 藥劑間, 處理濃度間 出現率을 調査한 結果는 그림 1에서 보는 바와 같다.

出現率은 除草劑 種類에 따라 差異가 뚜렷하였으며 濃度가 增加함에 따라 減少하였다. 각 處理 藥劑의 濃度別 出現率은 alachlor 경우 無處理, 使用勸獎濃度, 2倍, 3倍濃度에서 100, 99.8, 93.4, 81.8%로서 3倍濃度에서 低調함을 보여 주었으나 Duncan檢定 結果 2倍濃度에서도 有意性이 인정되지 않았으며 linuron 藥劑는 100, 99.8, 98.5, 91.7 및 81.0%로 alachlor藥劑와 비슷한 出現率을 보였다. Simazine의 경우는 使用勸獎濃度에서 90.1%로 alachlor 藥劑의 2倍濃度の 出現率과 비슷하였고 有意性이 인정되지 않았으나 2倍濃度, 3倍濃度는 71.0%, 49.0%로 出現率이 극히 低調하였다. 本 實驗結果는 具 等¹⁸⁾의 實驗과 같은 結果를 나타냈으며 simazine 藥劑는 藥害 誘發의 危險性이 認定되어 使用法 開發에 어려움이 생긴다는 報告²⁷⁾와 같은 實驗結果를

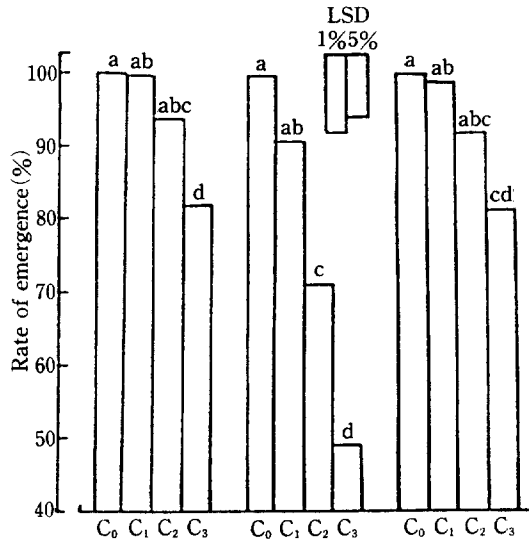


Fig. 1. Percent emergence of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Z) : Values within a row followed by the same letter are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test.

- C₀ : Control
- C₁ : Recommended concentration of the herbicide
- C₂ : Double concentration of the herbicide
- C₃ : Treble concentration of the herbicide

보였으며 현재 콩밭에 이의 사용이 回避되고 있는 실정이다. 藥害의 程度는 土性, 有機物含量, 土壤酸度, 播種深度, 降雨量 等에 따라 다르다^{8,19,24,35,41,44)}. 일반적으로 콩 종자의 發芽에는 酸素要求度가 کم을 감안할 때 本 實驗 圃場은 砂壤土로서 通氣가 양호하기 때문에 2倍濃度 處理에서도 出現率이 향상된 것으로 여겨진다.

2) 草長

除草劑處理가 콩의 草長에 미치는 影響은 表 3에서 보는 바와 같이 除草劑種類, 藥劑處理濃度, 調査時期에 따라 統計的으로 高度의 有意性이 認

Table 3. Seasonal changes in plant height (cm) of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Herbicide	Weeks	Concentration ^x			
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Alachlor	2	16.2 ^{ab2)}	16.0 ^{ab}	14.9 ^{abc}	13.4 ^c
	3	22.5 ^a	21.8 ^{ab}	20.4 ^c	18.6 ^{cd}
	4	40.9 ^a	40.2 ^{ab}	36.6 ^c	32.3 ^{cd}
	5	74.1 ^a	72.3 ^{ab}	71.3 ^c	66.7 ^{cd}
	Mean	38.4	37.1 ^{ns}	34.2 ^{**}	30.9 ^{**}
Simazine	2	16.2 ^a	15.5 ^{ab}	14.1 ^c	13.5 ^{cd}
	3	22.5 ^a	20.4 ^{ab}	18.9 ^c	16.8 ^{cd}
	4	40.9 ^a	37.5 ^b	31.5 ^c	22.9 ^d
	5	74.2 ^a	70.1 ^b	62.4 ^c	56.9 ^d
	Mean	38.4	35.9 ^{**}	31.7 ^{**}	27.5 ^{**}
Linuron	2	16.2 ^a	16.2 ^{ab}	15.5 ^{abc}	14.4 ^{cd}
	3	22.5 ^a	22.3 ^{ab}	20.4 ^c	19.0 ^{cd}
	4	40.9 ^a	40.3 ^{ab}	35.2 ^c	31.7 ^d
	5	74.1 ^a	72.1 ^{ab}	69.1 ^c	64.8 ^d
	Mean	38.4	37.7 ^{ns}	35.0 ^{**}	32.5 ^{**}

ANOVA	F. Value	LSD	
		1%	5%
Herbicides (A)	29.29 ^{**y)}	0.05	0.01
Concentration (B)	103.89 ^{**}	1.05	0.79
Weeks (C)	5481.61 ^{**}	1.12	0.92
A×B	5.31 ^{**}	1.12	0.92
A×C	4.68 ^{**}	2.10	1.59
B×C	10.72 ^{**}	2.10	1.59
A×B×C	1.33 ^{ns}	2.42	1.83

X : Plots were treated with recommended concentration of herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control plot (c₀).

Z) : Values within a row followed by the same letter are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test.

Y) *, ** : Significant at 0.05 and 0.01, respectively.

定되었다. 除草劑 種類的 濃度間 평균치는 對照區 38.4 cm와 비교하여 alachlor藥劑는 處理水準間에 각각 37.1, 34.2, 30.9 cm 로서 使用勸獎濃度에서는 有意성이 없었으나 2倍·3倍濃度에서는 高度의 有意성이 인정되었다. Linuron 藥劑는 alachlor와 비슷한 結果를 보여주었고, 특히 simazine 藥劑에서는 각각 35.9, 31.7, 27.5%로 使用勸獎濃度에서도 高度의 有意성이 인정되었다. 調査時期에 따른 初期 藥害症狀은 Duncan 檢定結果 3週 以後에 나타났다.

3) 莖太

除草劑 處理가 莖太에 미치는 影響은 表 4에서와 같이 藥劑間, 濃度間, 時期別 要因分析結果 全體 相互間에는 有意성이 없었으나 各 要因間, 二 要因間에는 高度의 有意성이 인정되었다.

藥劑間 比較에 있어서 無處理區와 比較하여 alachlor 藥劑는 使用勸獎濃度에서 無處理區의 4.55 mm에 비해 4.50 mm로 有意성이 없었고, simazine 藥劑는 3.93 mm로 高度의 有意성을 보였으며 linuron 藥劑는 4.25 mm로 5%水準에서 有意성이 認定되었다. 그러나 모든 藥劑에 있어서 濃度가 增加함으로써 莖太가 減少하였다. 本實驗의 結果는 一般의 藥劑의 殺草機作에 있어서 光合成 阻害除草劑에서 그 減少現狀이 뚜렷하였고 代謝抑制劑인 alachlor 藥劑에서는 크게 影響을 미치지 않음을 보여주었다.

4) 葉面積

除草劑 處理가 葉面積에 미치는 結果는 表 5에서와 같이 藥劑間 濃度間 調査時期에 따라 高度의 統計的 有意성이 認定되었다. 對照區와 比較

Table 4. Seasonal changes plant shoot diameter(mm) of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Herbicide	Weeks	Concentration ^x			
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Alachlor	2	2.53 ^{a21}	2.50 ^{ab}	2.07 ^c	1.91 ^d
	3	3.25 ^a	3.20 ^{ab}	2.80 ^c	2.16 ^d
	4	4.89 ^a	4.49 ^b	3.93 ^c	3.79 ^d
	5	7.51 ^a	7.62 ^{ab}	7.33 ^c	6.41 ^d
	Mean	4.55	4.50 ^{ns}	4.03 [*]	3.57 ^{**}
Simazine	2	2.53 ^a	2.43 ^{ab}	2.17 ^c	1.98 ^{cd}
	3	3.25 ^a	2.91 ^b	2.55 ^c	1.79 ^d
	4	4.89 ^a	3.45 ^b	3.11 ^c	2.42 ^d
	5	7.51 ^a	7.03 ^b	6.68 ^c	6.06 ^d
	Mean	4.55	3.93 ^{**}	3.63 ^{**}	3.06 ^{**}
Linuron	2	2.53 ^a	2.50 ^{ab}	2.30 ^c	2.06 ^d
	3	3.25 ^a	3.08 ^b	2.72 ^c	2.13 ^d
	4	4.89 ^a	4.21 ^b	3.80 ^c	3.62 ^{cd}
	5	7.51 ^a	7.20 ^b	7.17 ^{bc}	6.37 ^d
	Mean	4.55	4.25 ^{ns}	4.00 [*]	3.55 ^{**}
ANOVA		LSD			
		F. value	1%	5%	
Herbicide (A)		26.26 ^{**y)}	0.05	0.01	
Concentration (B)		124.98 ^{**}	0.14	0.11	
Weeks (C)		2393.20 ^{**}	0.16	0.12	
A × B		3.54 ^{**}	0.28	0.21	
A × C		6.75 ^{**}	0.28	0.21	
B × C		6.72 ^{**}	0.33	0.25	
A × B × C		1.07 ^{ns}	0.40	0.30	

X : Plots were treated with recommended concentration of herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control plot (c₀).

Z) : Values within a row followed by the same letter are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test.

Y) *, ** : Significant at 0.05 and 0.01, respectively.

하여 alachlor 藥劑를 除外한 simazine, linuron 藥劑에서는 使用勸獎濃度에서도 高度의 有意性이 認定되었다. 特히 simazine 藥劑에서는 使用勸獎濃度에서 無處理區 平均치 1,216 cm²와 比較하여 872.2 cm²로 약 30%의 減少를 보였다. 그리고 濃도가 增加함으로써 모든 藥劑에서 比例적으로 減少하였다. 또한 供試藥劑의 殺草作用機作을 보면 simazine, linuron 藥劑는 光合成을 阻害하며, alachlor 藥劑는 代謝抑制劑로서 核酸 및 蛋白質合成에 關與하는 각종 酵素의 作用을 阻害한다는 報告⁷⁾를 감안할 때 alachlor보다 simazine 과 linuron에서 初期 生育이 阻害되어 葉面積이 감소 되는 것으로 생각되었다.

5) 地上部·地下部 生體重

藥劑處理에 따른 地上部·地下部 生體重에 미

치는 結果는 表 6에서와 같이 모든 要因에서 高度의 有意性을 보여 地上部 生體重에서는 無處理區 54.9 g에 비해 alachlor, simazine, linuron 藥劑의 使用勸獎濃度에서 각각 50.0, 41.4, 38.9 g으로 有意性이 認定되었다. 그러나 地下部の 生體重에 있어서는 無處理區 4.24 g과 比較하여 alachlor 藥劑 4.17 g, linuron 藥劑 4.04 g으로 有意性이 認定되지 않았으나, simazine 藥劑는 2.95 g으로 使用勸獎濃度에서도 高度의 有意性이 認定되었다.

6) 收量

收量에 미치는 影響은 表 7에서와 같이 莢數, 粒數, 100-粒重을 調査하였으며 그 結果는 다음과 같다.

Table 5. Seasonal changes in leaf area (cm²) of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Herbicide	Weeks	Concentration ^x				
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	
Alachlor	2	56.7	54.8	39.3	26.6	
	3	155.5	145.8	121.6	96.6	
	4	568.3	571.7	473.6	381.4	
	5	4083.9	3947.4	381.4	2379.1	
	Mean	1216.1	1179.9 ^{ns}	981.9 ^{**}	720.9 ^{**}	
Simazine	2	56.8	53.2	32.9	15.2	
	3	155.5	91.3	42.8	28.3	
	4	568.3	394.3	183.6	130.7	
	5	4083.9	2949.9	1626.0	1334.9	
	Mean	1216.1	872.2 ^{**}	471.3 ^{**}	377.3 ^{**}	
Linuron	2	56.8	54.2	38.9	26.8	
	3	155.5	142.5	119.4	91.4	
	4	568.3	465.4	409.3	262.3	
	5	4083.9	3705.6	2235.8	1964.8	
	Mean	1216.1	1091.9 ^{**}	950.9 ^{**}	586.3 ^{**}	
ANOVA					LSD	
		F. value			1%	5%
Herbicide (A)		113.87 ^{**}			52.9	40.08
Concentration (B)		25.57 ^{**}			61.17	46.27
Weeks (C)		761.93 ^{**}			61.17	46.27
A×B		177.80 ^{**}			105.96	80.17
A×C		64.13 ^{**}			105.96	80.17
B×C		185.89 ^{**}			122.34	92.57
A×B×C		10.68 ^{**}			149.92	113.37

X : Plots were treated with recommended concentration of the herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control plots (c₀).

Y) *, ** : Significant at 0.05 and 0.01, respectively.

(1) 莢數

株當莢數는 除草劑 處理時 藥劑間, 處理濃度間 差異가 있었으며 藥劑間에는 simazine 藥劑에서 가장 低調하여 使用勸獎濃度에서도 對照區와 比較하여 13%의 減少를 보여 有意性이 認定되었으나 alachlor, linuron 藥劑는 각각 5.4, 0.7% 감소하여 有意性이 認定되지 않았다. 그러나 모든 藥劑에서 濃度가 增加함으로써 株當莢數가 현저히 減少하였다. 特히 雜草放任區에 있어서는 alachlor, simazine, linuron 藥劑에서 손 除草區와 比較하여 각각 62.1%의 減少率을 보였고, 각 供試藥劑의 3倍濃度에서는 각각 35.8, 42.8, 28.6% 減少하였다.

(2) 粒數

除草劑에 의한 株當粒數 調查結果는 株當莢數와 類似한 傾向을 보여 藥劑間, 處理濃度間에 有

意性이 認定되었다. 藥劑間과 濃度間 比較에 있어서 alachlor 藥劑는 손 除草區와 比較하여 使用勸獎濃度, 2倍濃度, 3倍濃度에서 각각 2.1, 18.8, 35.1%의 減少率을 보였으며, 使用勸獎濃度에서는 有意性이 없었으나 濃度가 增加함으로써 현저히 減少되었다. Simazine 藥劑에서는 18.2, 40.1, 51.2%의 減少를 보였으며 使用勸獎濃度에서도 有意性이 인정되었다. Linuron 藥劑의 경우는 각 處理間에 각각 0.17, 14.3, 32.0%의 減少로 使用勸獎濃度에서는 오히려 無處理보다 收量이 增受하였으나 濃度가 增加함에 따라 減少하였으며 特히 雜草放任區에서는 손 除草區와 比較時 57.5%의 株當粒數가 減少하였다.

(3) 100-粒重

除草劑處理에 따른 100-粒重의 調查結果는 表 7에서와 같다. 손 除草區와 각 藥劑의 濃度間 比

Table 6. Seasonal changes in fresh weight (g) of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Herbicide	Weeks	Concentration ^x							
		Top fresh weight				Root fresh weight			
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Alachlor	2	2.6	2.5	2.0	1.3	0.48	0.51	0.39	0.26
	3	4.7	4.2	3.7	2.9	1.20	1.42	0.69	0.57
	4	17.6	18.0	12.4	10.4	2.60	2.32	1.87	1.41
	5	184.9	175.4	142.7	85.5	12.66	12.43	10.80	8.75
	Mean	54.9	50.0*	40.2**	25.0**	4.24	4.07 ^{ns}	3.44*	2.75**
Simazine	2	2.6	2.3	1.6	1.2	0.48	0.44	0.29	0.21
	3	4.7	2.5	1.8	1.4	1.20	1.02	0.40	0.32
	4	17.6	12.4	6.3	5.8	2.60	1.58	0.72	0.50
	5	194.9	148.4	86.5	29.0	12.66	8.76	8.23	4.57
	Mean	54.9	41.4**	24.0**	9.3**	4.24	2.95**	2.41**	1.49**
Linuron	2	2.6	2.5	1.8	1.7	0.48	0.47	0.38	0.26
	3	4.7	3.9	3.3	2.5	1.20	1.04	0.78	0.51
	4	17.6	16.6	12.5	6.9	2.60	2.45	1.83	1.16
	5	194.9	132.5	127.1	65.2	12.66	12.18	11.38	9.70
	Mean	54.9	38.9**	36.2**	19.2**	4.24	4.04 ^{ns}	3.60 ^{ns}	2.91**
Total mean	54.9	43.4	33.5	17.9	4.24	3.72	3.15	2.91	
ANOVA		LSD				LSD			
		F. value	1%	5%	F. value	1%	5%		
Herbicide (A)		53.67** ^y	2.55	1.93	4.77**	0.88	0.67		
Concentration (B)		388.80**	2.95	2.23	8.63**	1.02	0.77		
Weeks (C)		6227.32**	2.95	2.23	254.90**	1.02	0.77		
A×B		11.45**	5.11	3.86	0.6 ^{ns}	1.76	1.33		
A×C		36.60**	5.11	3.86	2.73**	1.76	1.33		
B×C		297.63**	5.90	4.46	3.90**	2.03	1.54		
A×B×C		9.59**	10.22	7.70	1.88*	3.52	2.66		

X : Plots were treated with recommended concentration of the herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control plot (c₀).

Y) *, ** : Significant at 0.05 and 0.01, respectively.

Table 7. Yield of soybean treated with different concentration of the three herbicides.

Herbicide		Control (W/C)	H/W	Concentration ^x		
				C ₁	C ₂	C ₃
Alachlor	P	23.3 ^{d2}	61.5 ^a	58.2 ^{ab}	45.3 ^c	39.5 ^c
	S	49.5 ^e	116.4 ^a	114 ^{ab}	94.5 ^c	75.6 ^d
	HW	21.4 ^b	25.4 ^a	24.5 ^a	23.4 ^{ab}	20.4 ^{bc}
Simazine	P	23.3 ^e	61.5 ^a	53.4 ^b	42.2 ^c	35.2 ^d
	S	49.5 ^e	116.4 ^a	95.2 ^b	69.7 ^c	56.8 ^d
	HW	21.4 ^b	25.4 ^a	22.4 ^{ab}	20.5 ^b	18.8 ^c
Linuron	P	23.3 ^e	61.5 ^a	61.1 ^{ab}	50.6 ^c	43.9 ^c
	S	49.5 ^e	116.4 ^{ab}	116.6 ^a	99.8 ^c	79.1 ^d
	HW	21.4 ^b	25.4 ^a	25.5 ^a	23.4 ^{ab}	20.5 ^b

X : Plot were treated with recommended concentration of the herbicide (c₁), double (c₂), treble (c₃), and without herbicide as a control (H/C), handweed (H/W).

Z) : Values within a row followed by the same letter are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test. P : No. of pods. S : No. of seeds. HW : weight of 100-seed.

Table 8. VA mycorrhizal colonization(%) in soybean root treated with different concentration of the three herbicide.

Herbicide	Weeks	Concentration ^x			
		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Alachlor	2	28.9	24.4	17.6	14.4
	3	48.9	50.0	46.7	36.7
	4	82.2	94.4	84.4	78.9
	Mean	53.3	56.3 ^{ns}	49.6 ^{ns}	43.3 ^{**}
Simazine	2	28.9	30.0	13.3	8.9
	3	48.9	44.4	43.3	38.9
	4	82.2	53.3	46.7	40.0
	Mean	53.3	42.6 ^{**}	34.4 ^{**}	29.2 ^{**}
Linuron	2	28.9	22.2	20.0	33.3
	3	48.9	46.7	34.4	41.1
	4	82.2	91.1	68.9	44.4
	Mean	53.3	53.3 ^{ns}	41.1 ^{**}	39.6 ^{**}
Total mean		53.3	50.7	41.7	37.4
ANOVA		F. value		LSD	
Herbicide(A)		38.69 ^{**y)}		1%	5%
Concentration(B)		54.90 ^{**}		2.14	2.85
Weeks(C)		759.20 ^{**}		2.48	2.29
A×B		4.83 ^{**}		2.48	2.29
A×C		30.42 ^{**}		4.29	5.70
B×C		8.00 ^{**}		4.29	5.70
A×B×C		9.62 ^{**}		4.95	6.59
				8.58	11.41

X : Plot were treated with recommended concentration of the herbicide(c₁), double(c₂), treble(c₃), and without herbicide as a control plot(c₀).

Y) *, ** : Significant at 0.05 and 0.01, respectively.

較에 있어서 alachlor 藥劑는 각각 3.5, 7.8, 19.7%의 減少로서 2倍濃度에서도 統計的 有意性이 인정되지 않았으나 3倍濃度에서는 극히 低調하였다. Simazine 藥劑에서는 11.8, 19.3, 26.0%의 減少로 使用勸獎濃度에서는 統計的 有意性이 없었으나, 2倍濃度이상 에서는 有意性이 인정되었다. Linuron 藥劑는 각각 0.4, 7.9, 19.3% 감소로 使用勸獎濃度에서는 오히려 種實重이 增加함을 보여주고 2倍濃度에서도 統計的 有意性은 認定되지 않았으나 3倍濃度에서는 有意性이 認定되었으며 特히 雜草放任區에서는 15.7%의 種實重 減少를 보였다.

2. 根瘤着生

除草劑 處理別 콩의 根瘤着生을 調査한 결과는 그림 2와 같다. 一般的으로 根瘤는 콩 播種 後 15~20일경부터 肉眼觀察이 가능할 정도로 根瘤

가 形成되고 35~40일경에 leghemoglobin色素가 根瘤表面에 發現하여 왕성히 窒素固定을 하고 차차 赤色에서 褐色으로 변하여 약 60~65일경이 되면 體積의 增大가 停止, 70~80일경부터 根瘤의 表面이 綠色으로 변하고 이 때에는 窒素固定作用도 中止되며 根瘤는 退化해 버리기 때문에²³⁾ 調査時期를 根瘤形成力이 가장 활발한 시기를 택하여 根瘤重을 調査하였다. 그림 2에서 보면 除草劑種類, 處理濃度, 調査時期에 따라 뚜렷한 差異를 보였다. 根瘤重은 藥劑間에서 alachlor, linuron, simazine 順으로 나타났으며 處理濃도가 增加함에 따라 比例的으로 減少하였다. 또 無處理區의 平均치와 比較하면 alachlor, linuron 藥劑의 使用勸獎濃度 平均치에서는 각각 7.6, 14.4% 減少로 統計的 有意性이 認定되지 않았지만 simazine 藥劑 平均치에서는 30.1% 減少로 有意性이 認定되었다. Alachlor, linuron 藥劑

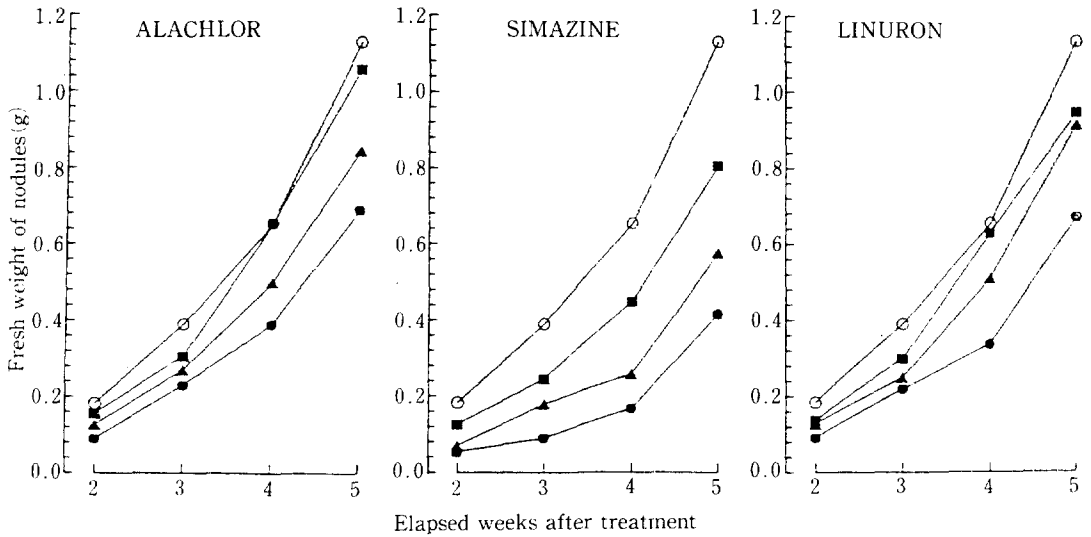


Fig. 2. Fresh weight of nodule per plant in soybean treated with different concentration of the three herbicide, Alachlor, Simazine and Linuron in field.

(○ : control, ■ : recommended, △ : double concentration, ● : treble conc.)

는 2배濃度 以上에서 有意性이 인정되었으며 특히 simazine 藥劑에서 그 減少傾向이 뚜렷하여 2배, 3배濃度의 平均値 比較에서 각각 53.0, 68.4%로 減少하였다. Simon-Sylvestre³⁶⁾는 simazine을 비롯한 triazine系 除草劑가 一般土壤細菌과 根瘤菌에 影響을 미치지 않는다고 報告하였고, Audus⁴⁾는 simazine 處理에 의해서 根瘤菌의 增殖이 減少하였으며 그 減少하는 濃度에서는 암모니아 生成이 遲延된다고 報告한 바 있다. 本實驗에서는 後者의 結果와 같은 傾向을 보였으며 simazine 藥劑에서 가장 減少現狀이 두드러졌으며 調査時期에 따라 生育이 경과됨으로서 根瘤菌의 무게는 증가하였으나 生育初期에 藥害를 받은 實驗區에 있어서는 藥害症狀이 生育 後半期 까지 影響을 받는 것으로 나타났다. 5週 調査에서는 無處理區와 比較하여 alachlor 藥劑에서 각각 6.5, 25.1, 38.4%의 減少를 보였으며 linuron 藥劑는 16.3, 19.2, 40.7%의 減少로 alachlor 藥劑보다 더 높은 減少率을 보였으며 simazine 藥劑에서는 더욱 심하여 使用勸獎濃度에서도 28.7%의 減少로 alachlor 藥劑의 2배濃度와 비슷한 減少率을 보였고, 2배, 3배濃度에서 49.0, 63.2%로 심한 減少率을 보였다. 豆科作物의 營養生長에는 주로 地力 및 施肥窒素에 의한 amide-N이 利用되고 生殖生長은 주로 根瘤菌에 의해 固定供給되는 Ureid-N이 利用된다고 하였으며⁴²⁾, 따

라서 除草劑에 의한 콩의 生長抑制은 直接的인 藥害에 의한 경우외에도 根瘤菌의 活性低下로 인한 空中 遊離窒素固定能力의 減退가 한 要因이 될 수 있을 것으로 생각된다.

3. VA菌根菌 感染

一般的으로 VA菌根菌은 農作物 生長을 向上시킨다고 알려져 있으며^{6,10,21)} 특히 콩의 生育과 관련된 研究結果로는 Asai에 의해서 그 重要性이 最初로 인정된 바 있다⁴⁾.

本實驗에서 除草劑 處理에 따른 콩의 VA菌根菌 感染調査 結果는 表 8과 사진 2에서와 같다. 먼저 表 9에서 보면 각 處理藥劑의 濃度別 平均치는 alachlor 경우 無處理, 使用勸獎濃度, 2배, 3배濃度가 53.3, 56.3, 49.6 및 43.3%로서 3배濃度에서 感染이 상당히 阻害됨을 보이고 있으며, linuron藥劑는 53.3, 53.3, 41.1 및 39.6%로 2배 및 3배濃度에서 alachlor 藥劑에 비해 더 낮은 感染率을 나타냈고, simazine의 경우 使用勸獎濃度에서도 42.6%를 보여 alachlor 3배濃度와 비슷한 感染率을 나타내었고 2배濃度와 3배濃度は 각각 34.4와 29.2%로 심한 感染阻害를 보였다. 한편 生育時期別 傾向을 보면 處理濃度 2배와 3배處理에서 2週 調査時는 使用勸獎濃度와 無處理區에 비해 感染阻害가 심하였지만 4週 調査時의 alachlor는 無處理區와 비슷한 感染率로

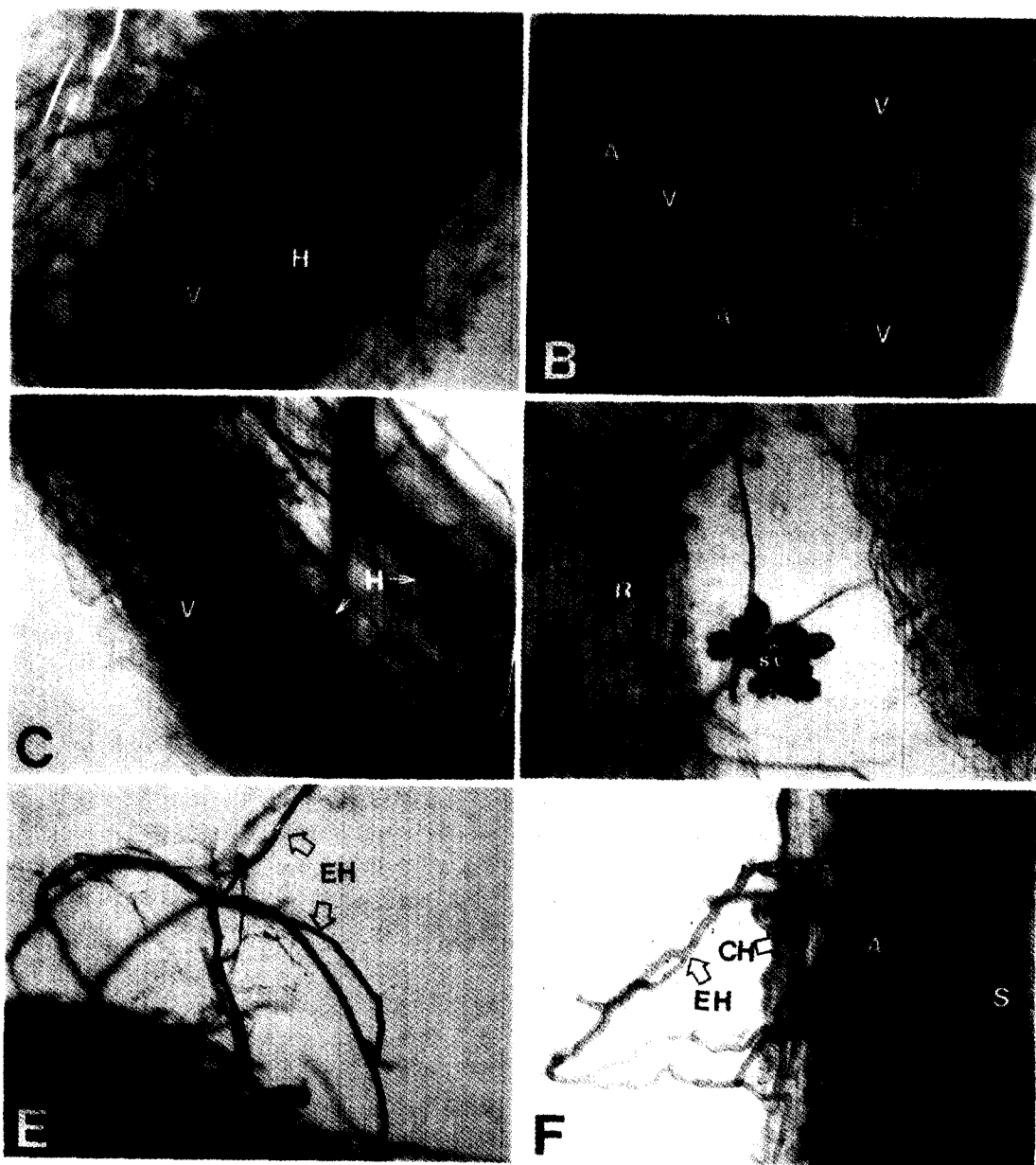


Fig. 3. Photographs of VA mycorrhizal infection features in the cleared roots of soybean.

A-C. Vesicles(V), hypha(H) and arbuscules(A) in the root cortex of soybean. D. Soil born vesicle (auxiliary cell) on the root surface of soybean. E. Network of external hyphae(eh) on the root surface of soybean. F. External hyphae(Eh), Coiled hypha(CH), arbuscules(A), and stele(S) of VA mycorrhizal soybean root.

影響을 미치지 않았으나 simazine과 linuron은 感染阻害가 뚜렷하였고 그 정도는 simazine에서 더 심하였다. 한편 VA菌根菌의 感染實態의 顯微鏡사진은 그림 4에서 보는 바와 같이 콩 뿌리내의 囊狀體(vesicule)와 菌絲(hypha) 및 樹枝狀體

(arbuscule)가 관찰되었다(사진 A-F).

Ocampo와 Barea에 의하면 光合成 阻害除草劑인 carbamate 除草劑는 VA菌根菌에 影響을 미치지 않는다고 하였으며²⁹⁾ South와 Spoker는 光合成 除草劑는 VA菌根菌 感染에 影響을 미친다

Table 9. Correlation coefficients among agronomic characters of the soybean treated with herbicides.

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)
1) Emergence rate	-											
2) Plant height	0.997*	-										
3) Shoot diameter	0.986*	0.994**	-									
4) Leaf area per plant	0.983*	0.995**	0.997**	-								
5) Root fresh wt. per plant	0.979*	0.989*	0.999**	0.995**	-							
6) Top Fresh wt. per plant	0.986*	0.994**	0.999**	0.997**	0.999**	-						
7) Chlorophyll	0.904 ^{ns}	0.936 ^{ns}	0.948 ^{ns}	0.965*	0.951*	0.950*	-					
8) No. of pods per plant	0.975*	0.988*	0.979*	0.992**	0.975*	0.981*	0.968*	-				
9) No. of seeds per plant	0.991**	0.998**	0.990**	0.996**	0.986*	0.991**	0.951*	0.996**	-			
10) 100 seed weight per plant	0.993**	0.998**	0.991**	0.996**	0.986*	0.992**	0.946 ^{ns}	0.994**	0.999**	-		
11) Nodule fresh wt. per plant	0.959*	0.978*	0.992**	0.993**	0.995**	0.993**	0.976*	0.977*	0.979*	0.978*	-	
12) VA mycorrhizal colonization	0.969*	0.984*	0.974*	0.988*	0.969*	0.976*	0.969*	0.999**	0.993**	0.991**	0.972*	-

* and ** indicate the significant differences among treatment at the 5% and 1% level, respectively.

고 보고하였다^{39,40)}. Garcia-Romera도 cyanazine 除草劑 實驗에서 除草劑를 基準量으로 處理했을 때 植物生長에 影響을 미치지 않으나 濃度가 增加함으로써 VA菌根菌 機能이 低下된다고 보고하였다¹³⁾. 除草劑에 대한 實驗結果는 研究者들에 따라서 相異한 結果가 많음을 감안할 때 다양한 조건에서 보다 많은 研究가 遂行되어야 할 것으로 생각된다.

4. 콩 生育에 있어서 3重協生關係

除草劑 處理時 콩의 生育反應, 根瘤菌着生 그리고 VA菌根菌과의 形質相互間의 相關關係를 調査한 結果는 表 9에 나타난 바와 같다. 모든 形質들 間에는 正의 相關을 보였으며, 根瘤菌着生과 形質相互間의 比較에서는 出現率, 草長, 莢數, 粒數, 100粒重에서는 5% 水準에서 有意性을 보였고 그외 莖太, 葉面積, 地上部·地下部 生體重에서는 高度의 有意의인 相關을 보였다.

VA菌根菌 感染과 形質相互間의 比較에서는 株當莢數, 株當粒數, 100-粒重에서 高度의 正의 相關을 보였으며, 그외 形質間의 比較에 있어서는 5% 水準에서 正의 相關을 나타내었다. Trappe⁴³⁾에 의하면 除草劑는 植物의 生長과 大使作用을 通해 VA菌根菌에 影響을 주기때문에 除草劑에 대한 正確한 原因을 區別하기 힘들다고 報告하였으나 本 實驗에 있어서는 除草劑處理에 의한 生育의 減少는 藥害에 의한 直接的인 原因 외에도 VA菌根菌 感染低下 및 根瘤菌 形成 低下가 重要な 原因으로 作用할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 本 實驗의 結果로 보면 除草劑를 過多하게 使用하게되면 콩 生育에 直接的으로 影響을 미치거나 根圈內的 微生物群落의 均衡을 깨뜨려 作物의 收量減少에 直接的으로 影響을 미치는 것으로 생각되기 때문에 반드시 對象作物에 맞는 藥劑를 選擇하여야 하며 藥量은 꼭 지켜져야 할 것으로 생각된다.

摘 要

콩 밭에 사용하는 3가지 系統의 除草劑 (alachlor, simazine, linuron)를 3水準의 濃度 別로 處理하여 콩의 生育과 收量 그리고, 根瘤菌着生, VA菌根菌의 感染 등에 미치는 除草劑의 影響을 究明하기 위해 圃場實驗을 遂行한 結果는

다음과 같다.

1. 콩의 出現率은 除草劑 種類에 따라서 無處理區에 비해 基準濃度에서는 統計的 有意性이 인정되지 않았으나, 除草劑 濃度가 增加함으로써 減少하였다. Triazine계 系統인 simazine은 基準濃度에서도 對照區에 비해 出現率이 低調하였으며 특히 simazine 藥劑의 3倍 濃度에서는 약 50%의 出現率을 보였다.
2. 草長은 基準濃度에서는 거의 差異를 보이지 않았으나, 除草劑 濃度가 增加함으로써 減少하였다. 특히 3週 後에 高濃度에서 뚜렷한 減少現狀을 보였다.
3. 莖太의 경우 藥劑間에 差異를 보여 simazine 구가 가장 低調하였고 2週째 alachlor, linuron 藥劑의 使用勸獎濃度에서는 差異가 없었으나 時期가 經過함에 따라 使用勸獎濃度에서도 對照球에 비해 減少하였다.
4. 葉面積과 生體重은 無處理에 비해 使用勸獎濃度에서도 減少現狀을 보였으며 濃度가 증가함으로써 減少하였다.
5. 收量構成要素, 株當根瘤重은 除草劑 濃度의 증가에 따라 減少하였다. 특히 simazine 處理區에서 甚한 減少를 보였다.
6. 除草劑 處理시 VA菌根菌 感染率變化는 除草劑의 藥量의 增加에 따라 感染率이 다소 떨어졌으며, simazine 藥劑에서 가장 낮았다.
7. 콩의 生育 및 數量의 減少는 根瘤形成의 減少와 VA菌根菌 感染低下에 有意的 相關을 보였으며, 除草劑의 過多使用에 의한 根瘤着生과 VA菌根菌 感染率 低下는 콩 收量減少의 重要原因이 되는 것으로 여겨진다.

引用 文 獻

1. Altman, J. and C. L. Campbell. 1977. Effect of herbicides on plant diseases. Annu. Rev. Phytopathol. 15 : 358-361.
2. Anderson, J. R. 1978. Pesticide effects on nontarget soil microorganisms. In Pesticide Microbiology. Academic press. London. pp. 315-353.
3. Asai, T. 1944. Über die Mykorrhizenbildung der leguminosen pflanzen. Jpn. J. Bot. 13 : 463-484.

4. Audus, L. J. 1970. The action of herbicides and pesticides on the microflora. Meded. Fec. Landbouw. Genet. 35 : 465.
5. Bagyaraj, D. J., A. Manjunath and R.B. Patil. 1979. Interaction between a vesicular-arbuscular mycorrhiza and rhizobium and their effects on soybean in the field. New Phytol. 82 : 141-145.
6. Bagyaraj, D. J and K. R. Sreeramula. 1982. Plant and Soil 69, 375-381.
7. Bollen, W.B. 1961. Interaction between pesticides and soil microorganisms. Annu. Rev. Microbiol. 15 : 69-92.
8. Burnside, O. C. 1972. Tolerance of soybean cultivars to weed competition and herbicides. Weed Science 20 : 294-297.
9. Burpee, L. L. and H. Cole. 1978. The influence of alachlor, trifluralin and diazot on the development of endogenous mycorrhizal in soybeans. Bull. Env. Cont. Toxicol. 6 : 191-197.
10. Carling, D.E., W.G. Riehle, M.F. Brown and D.R. Johnson. 1978. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus on nitrate reductase and nitrogenase activities in nodulating and nonnodulating soybeans. Phytopath. 68 : 1590-1596.
11. Dela Cruz, R.E., M.Q. Manalo, N.S. Agganagan and J.D. Tamblo. 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and rhizobium. Plant and Soil 108 : 111-115.
12. Frank, A.B. 1885. Über die auf wurzelsymbiose beruhende Eranahrung gewisser Baume durch unter irdische pilze. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 3 : 128-145.
13. Garcze-Romera, J. A. Miquel and J.A. Ocampo. 1988. Effect of cyanazine herbicide on VA mycorrhizal infection and growth of *Pisum sativum*. Plant and Soil 107 : 207-210.
14. Greaves, M.P., H.A. Davis, J.A. Marsh and G.I. Wingfield. 1976. Herbicides and Microorganisms. CRC Critical Reviews in Microbiology. 5 : 1-38.
15. Greaves, M.P. 1982. Effect of pesticides on soil microorganisms. In Experimental Microbial Ecology. Blackwell Scientific Publication. pp.

- 613-670.
16. Grossbard, E. 1975. Techniques for the assay of effects of herbicides on the soil microflora. In Some Methods for Microbiological Assay. Academic press. NY. pp.223-256.
 17. Grossbard, E. 1976. Effect on the soil microflora In Herbicides. Academic press. London. pp. 99-147.
 18. Guh, J.O., Y.J. Kim and W.Y. Choi. 1979. Qualitative development of herbicide use in soybean production. Kor. J. Crop Sci. 24 : 89-103.
 19. Hardcastle, W.S. 1974. Differences in the tolerance of metribuzin by varieties of soybeans. Weed Research 14 : 181-184.
 20. 洪殷燾·金奭東·李英豪. 1988. 農振叢書 7. 作物栽培의 新技術. 食糧作物編. 豆類. 明倫堂.
 21. Hayman, D.S. et al. 1981. Ann. Biol. 99 : 247-253.
 22. Johnen, B.G. and E.A. Drew. 1979. Studies on the effect of pesticides on symbiotic nitrogen fixation. In Soil-Borne Plant Pathogens. Academic press, London. pp.513-523.
 23. 金奭東·俞益東·朴義浩. 1988. 根瘤菌의 利用과 展望. '88農振廳 심포지엄, 3 : 96-113.
 24. Moomaw, R.S. and A.R. Martin. 1978. Relation of metribuzin and trifluralin with soil type on soybean growth. Weed Sci. 26 : 327-331.
 25. Mosse, B. and D. S. Hayman. 1981. Mycorrhiza in agricultural plant. In Tropical Mycorrhiza Research. E. D. Mikola. University press, Oxford. pp.213-230.
 26. 農村振興廳. 1983. 農事試驗 調查研究(改正 第1版)
 27. 이재석. 1969. 대두제초제 시험. 경북농사 연보. pp.865-868.
 28. Ocampo, J. A. 1980. Micorrhizas VA. II. Effect sobre el crecimiento de las plantas. Ann. Edaf. Agrobiol. 39 : 1049-1069.
 29. Ocampo, J.A. and J.M. Barea. 1985. Effect of carbamate herbicides on VA mycorrhizal infection and plant growth. Plant and Soil. 85 : 375-383. vival of soybean nodule bacteria.
 30. Ocampo, J. A. and D. S. Hayman. 1980. Effects of pesticides on mycorrhiza in fieldgrown barley, maize and potatoes. Trans. Br. Mycol. Soc. 74 : 413-416.
 31. 吳正行·韓仁洙. 1990. 除草劑의 處理가 콩의 生育 및 根瘤形成에 미치는 影響. 韓作誌. 34(3) : 303-309.
 32. Pope, P. E. and H. A. Holt. 1981. Paraquate influences development and efficacy of the mycorrhizal glomus fasciculatus. Con. J. Bot. 59 : 512-518.
 33. Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus for rapid assesment of infection. trans. Br. mycol. Soc. 55 : 158-160.
 34. Read, D. J., H. K. Koucheki and J. Hodgson. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in native vegetation system. New Phytol. 77 : 641-653.
 35. Ryang, H.S. and S.Y. Lee. 1978. Variation in phytotoxicity movement and residual activity of herbicides in soil. Kor. J. Crop. Sci. 23 : 31-46.
 36. Simon-sylvestre, G. and J. C. Fournier. 1979. Effects of pesticides on the soil microflora. Advances in Agronomy 31 : 1-91.
 37. Shin, Y. S. and J. H. Oh. 1989. Effect of herbicides on the survival of soybean nodule bacteria (*Rhizobium japonicum*) in vitro. Kor. J. Crop Sci. 34(1) : 86-91.
 38. Smith, T. F., A. J. Noack and S. M. Cosh. 1981. The effect of some herbicides on vesicular-arbuscular endophyte abundance in the soil and on inection of host roots. Pest. Sci. 12 : 91-97.
 39. South, D. B., D. H. Gjerstad and S. T. Campbell. 1980. Comparison of methyl bromide and herbicide effects on endomycorrhizal formation, seedbeds. Eur.J. For. Pathol. 10 : 371-377.
 40. Spokes, J. R., R. M. MacDonald and D. S. Hayman. 1981. Effects of plant protection chemicals on vesicular-arbuscular mycorrhizas. Pestic. Sci. 12 : 346-350.
 41. Stanton, H. C. and R. E. Frans. 1971. Varietal response of soybean to topital application of dinoseb. Proc. South Weed Sci. Soc. 24 : 76.
 42. Streeter, J. G. 1972. Nitrogen nutrition of field grown soybean plant, seasonal variation in nitrate reductase, glutamate dehydrogenase and nitrogen constituents of plant parts. Agronomy

Journal 64 : 315-319.

43. Trappe, J. M., R. Molina and M. Castellano.
1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. *Annu. Rev.*

Phytopathol. 22 : 331-359.

44. Wax, L. M., E. W. Stoller and R. L. Bernard.
1976. Differential response of soybean cultivars to metribuzin. *Agronomy J.* 68 : 484-468.