

土壤處理型 除草劑가 窒素肥料의 無機化作用에 미치는 影響

1. 湛水土壤 條件

全北大學校 農科大學 農化學科

金 茂 基

The Influence of Some Soil-treated Herbicides on the Mineralization of Nitrogen Fertilizers

I. In a flooded paddy soil

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture
Jeonbug National University, Jeonju, Korea

Moo Key Kim

ABSTRACT

Effect of Butachlor[2-chloro-2, 6-diethyl N-(butoxymethyl) acetanilide], Nitrofen(2, 4-dichloro-4-nitrodiphenyl ether), Benthocarb+Simetryne [s-(4-chlorobenzyl)-N, N-diethylthiocarbamate 7%+2-methylthio-4, 6-bis (ethylamino)-s-triazine 1.5%], Propanil (3, 4-dichloropropionanilide), and Perfluidone {1. 1. 1-trifluoro-N, N-[2-methyl-4-(phenylsulfonyl) Phenyl] methanesulfon amide} on urea hydrolysis and subsequent nitrification was investigated in a flooded soil incubated at $24 \pm 1^\circ\text{C}$ for 9 weeks.

1. Butachlor and Perfluidone at the rate of 1,440 and 1,200 g, ai/10a, respectively, slightly inhibited the early stage of urea decomposition, and caused a slight decrease in the production of ammonium, which, however, was recovered readily.

2. Propanil at the rate of 2,800 g, ai/10a inhibited the first stage of nitrification, and brought about a slight increase in the ammonium concentration and a decrease in the concentration of nitrite and nitrate. This inhibitive effect was a little more evident at higher concentration of applied nitrogen. The other herbicides caused no inhibition of urea decomposition and subsequent nitrification even at the highest rate of application.

3. pH and Eh of the soil were not significantly affected by the herbicides tested.

緒 言

最近, 우리 나라에서도 省力栽培手段의 一環으로 除草劑의 使用量이 날로 크게 增加하고 있으며 이에 따라 除草劑使用에 관한 많은 研究가 이루어지고 있다.

그러나, 이들 研究는 各種 除草劑의 除草效果와 作物 藥害에 관한 研究^{28, 29, 30}가 主軸을 이루고 있으며, 이들 藥劑가 處理된 土壤環境에 미치는 여러 가지 副次的인 影響에 관한 內容의 研究는 극히 적은 것으로 생각된다.

土壤에 處理된 除草劑 혹은 그 分解產物이 直接, 間接으로 어떤 土壤微生物群의 生育이나 그 生物學의 活動을 抑制함으로써 全體 土壤微生物群, 間의 均衡을 깨뜨리게 되고 이들의 活動에 의하여 維持되고 있는 土壤內 植物養分の 循環過程을 攪亂시킴으로써 結局 土壤肥沃度 維持에 障害가 되거나 혹은 여러 가지 環境保存上의 問題點을 惹起시킬 수도 있다.

外國 여러 나라에서는 많은 研究가 除草劑와 土壤微生物間의 이러한 關係, 특히 窒素循環過程에 直接 關與하는 土壤微生物들에 대한 除草劑의 影響을 調査하였는데 그 結果는 除草劑의 理化學的 性質, 施用濃度 및 方法, 土壤性質, 氣候因子 및 微生物의 反應을 調査하는 方法上의 差異 등에 따라 크게 다른 反應을 나타내고 있음이 報告^{4,10,13,16,19,20,21,23)}되고 있다.

암모니아化作用은 有機能窒素 化合物이 無機化 되는 過程의 첫段階이며 土壤細菌의 作用으로 일어난다. 無機化作用의 第2段階 反應인 窒化作用은 Nitrosomonas 와 Nitrobacter 의 作用으로 일어나는데 이 反應은 除草劑를 비롯한 農業藥劑에 가장 敏感한 土壤微生物學的 變化作用 가운데 하나이다³⁾. 몇 가지의 除草劑가 圃場施用量 水準에서는 이에 대한 影響이 거의 없는가 하면 다른 어떤 것들은 오랜 期間에 걸쳐 뚜렷한 抑制作用을 일으킨다는 報告^{6,7,12,24,27)}도 있다.

한편, Dubey 및 Rodriguez⁹⁾는 土壤 自體의 窒化能力(Nitrifying capacity)과 除草劑의 窒化作用에 대한 影響力과의 關係를 調査하고 窒化能力이 큰 土壤에서는 窒化能力이 작은 土壤에서보다 除草劑의 窒化作用 抑制效果가 작다고 하였다.

土壤의 生態系에 重要한 影響을 줄지도 모르는 이러한 重大한 問題들은 除草劑가 實用化되기 以前에 綿密히 檢討되어야 할 일이나 事實上 藥劑의 實用化에 오히려 뒤따르고 있는 實情이다.

따라서, 本 研究에서는 現在 우리 나라에서 널리 利用되고 있거나 앞으로 有望視되고 있는 몇 가지 土壤處理型 및 莖葉處理型 除草劑에 대하여 이들이 湛水土壤內에서 施用된 尿素肥料의 分解와 그 後의 酸化過程에 미치는 影響을 調査하였든 바 몇 가지 얻어진 結果를 報告하는 바이다.

本 研究는 1976 年度 產學協同財團 學術研究補助費에 의하여 이루어진 것으로서 當 財團 및 本 研究費를 周旋하여 주신 關係官 여러분들께 衷心으로 感謝드리 는 바입니다. 또한, 本 研究의 遂行에 있어서 여러 가지로 指導하여 주신 梁桓承 博士님께 感謝드리오며 分析實驗을 도와준 土壤肥料學室 박찬수군과 이승용군에 게 感謝한다.

材料 및 方法

供試藥劑 Butachlor[2-chloro-2,6-diethyl N-(butoxymethyl) acetanilide], Nitrofen(2,4-dichloro-4'-nitrodiphenyl ether), Benthicarb+Simetryne [s-(4-chlorobenzyl)-N,N-diethylthiocarbamate 7%+2-methylthio-4,6-bis(ethylamino)-s-triazine 1.5%], Propanil (3,4-dichloropropionanilide) 및 Perfluidone[1,1,1-trifluoro-N-[2-methyl-4-(phenylsulfonyl) phenyl]methanesulfon amide]를 供試藥劑로 使用하였는데 Perfluidone 은 5% 粒劑, Butachlor 는 6%, Benthicarb +Simetryne 과 Nitrofen 은 7% 粒劑를 各各 使用하였으며 Propanil 은 35% 乳劑를 使用하였다.

供試土壤 全州市 德津洞 所在 全北大學校 農科大學 試驗畝 중에서 最近 몇 년 동안 除草劑를 使用하지 않은 土壤의 表土를 採取하여 風乾시킨 後 2mm 체로 篩別한 것을 供試土壤으로 使用하였으며 그 理化學的 特性은 Table 1 과 같다

處理內容 供試土壤 50 gr 을 250 ml Erlenmyer flask

Table 1. Physical and chemical analysis of the soil used

pH H ₂ O (1:5)	OM (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	SiO ₂ (ppm)	Fe (ppm)	Exchangeable cation (me/100g)				CEC (me/100g)	Particle size distribution (%)			Textural Class
						K	Ca	Mg	Na		Sand	Silt	Clay	
5.20	2.60	0.14	33.90	18.90	14.75	0.18	2.90	1.10	0.12	11.30	20.32	34.79	44.89	LiC

에 취하여 여기에 尿素肥料를 5, 10, 15 mg/100 g soil 水準으로 各各 處理하였는데 이것은 圃場에 施用된 尿素가 15 cm 깊이의 作土層에 고루 섞인다고 생각할 때 各各 10, 20, 30 kgN/10 a 水準이 된다. 各 處理水準別로 供試藥劑를 各各 實用濃度, 實用濃度の 2 배, 4 배,

8 배의 4 水準으로 處理하였다. 모든 處理는 3 反復으로 하였다. 肥料와 藥劑處理가 끝난 後 土壤을 1 cm 깊이로 湛水시키고 室內에서 24±1°C 로 63 日間 培養하란서 2 週間隔으로 암모니아태, 아질산태 및 질산태 질소의 變化 및 pH 와 Eh 의 變化를 調査하였다. 培養期間

중 蒸發에 의한 湛水深의 減少는 水시로 蒸溜水를 補充하여서 1 cm 湛水深을 계속 維持하였다.

分析 및 測定 培養한 Erlenmeyer flask 에 2N-KCl 100 ml 를 添加하여 往復振盪機에서 1時間 동안 振盪시킨 後 濾過하여 250 ml 로 定容하고 이 濾液의 一部를 냉장고에 保管하여 두고 分析試料로 使用하였다.

암모니아태, 아질산태 및 질산태 질소는 Bremner 法⁵⁾으로 측정하였으며 pH는 硝子電極法으로 측정하고, Eh는 TOA Redox Meter Model RM-1 을 使用하여 측정하였다.

結果 및 考察

尿素分解에 대한 影響 湛水土壤중에서 施用된 尿素的 分解와 그 후의 窒化作用에 대한 供試藥劑의 影響을 Table 2, 3, 4, 5 및 6 에 表示하였다.

尿素는 酵素 Urease 에 의하여 加水分解되어 암모니아로 變化되는데 土壤속에서는 *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Corynebacterium*, *Clostridium* 屬 細菌과 여러 가지의 絲狀菌 및 放線菌類가 Urease 를 生成한다¹⁾.

尿素的 分解結果 生成된 암모니아태 질소의 經時的 變化를 보면 對照區의 경우 各 處理水準 모두 培養 3 週째 가장 높은 濃度에 이르렀다가 5 週째 상당량이 減少되었고 7 週 以後로는 別 큰 變化없이 거의 같은 水準으로 維持되었다. 5 週째의 암모니아태 질소의 減少는 窒化에 의한 結果라 생각된다. 尿素的 高濃度 施用區에서 全般的으로 處理된 窒素量에 比하여 암모니아태 질소의 生成量이 比較的 적은데 이것은 尿素的 分解結果 암모니아가 多量 生成되고 그 結果 pH의 上昇으로 生成된 암모니아의 상당량이 遊離 암모니아의 形

Table 2. Effect of Butachlor on urea hydrolysis and subsequent nitrification in a submerged soil

Urea added (mg/100g soil)	Butachlor (g, ai/10a)	NH ₄ ⁻ , NO ₂ ⁻ , and NO ₃ ⁻ -N formed after the treatment of Butachlor, weeks														
		1			3			5			7			9		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃
		ppm														
	0	26.88	tr	2.72	29.94	1.01	6.17	23.25	1.84	11.35	21.65	tr	2.74	21.28	—	2.83
	180	27.01	tr	2.81	28.72	1.52	6.42	24.03	2.12	11.03	21.83	tr	2.01	21.48	—	2.34
5	360	27.41	—	2.74	29.01	1.42	6.56	23.78	1.89	11.54	22.27	—	1.98	21.25	—	3.07
	720	26.01	—	2.96	29.17	1.06	5.92	23.13	1.93	10.78	22.52	—	2.47	21.78	tr	2.92
	1,440	25.42*	—	2.04	28.48	1.47	6.14	23.72	2.21	11.02	22.12	—	2.68	22.01	tr	2.82
	0	41.44	1.21	4.03	46.27	2.24	8.57	38.45	1.72	11.75	35.63	—	3.74	34.36	tr	3.12
	180	41.27	tr	4.57	45.78	1.92	7.86	38.02	1.18	11.54	34.92	tr	3.14	34.01	—	3.14
10	360	41.01	tr	4.02	45.97	1.84	7.81	39.25	2.06	10.95	35.84	tr	3.87	35.07	—	3.78
	720	39.04*	—	4.01	46.72	1.85	8.24	38.54	1.82	11.27	35.21	—	3.15	34.08	tr	3.01
	1,440	39.21**	—	3.76*	47.01	1.85	8.45	39.83*	1.95	10.69	36.76	—	3.98	34.95	tr	3.68
	0	50.16	1.27	6.58	53.58	1.53	9.75	46.08	1.95	12.65	42.81	1.71	4.75	43.22	1.17	4.41
	180	50.15	1.85	5.82	54.01	2.01	8.52	46.94	2.11	12.31	41.27	1.38	3.92	43.61	1.41	3.72
15	360	49.24	1.61	5.82	53.98	1.86	8.98	47.47	1.67	12.82	42.02	1.47	4.71	43.82	1.02	3.92
	720	47.23*	1.46	6.24	53.74	1.74	9.07	47.21	2.21	12.21	42.27	1.78	4.02	43.07	1.06	4.54
	1,440	46.37**	1.72	5.19*	52.86	1.97	9.21	47.68	2.08	10.78*	41.693	1.81	3.98	42.96	1.21	4.21

* Significantly different at the 5% level

** Significantly different at the 1% level

態로 大氣 中에 揮散¹⁾되어 버린 때문이 아닌가 생각된다. 金¹⁸⁾은 湛水土壤 中에서 施用된 窒素肥料의 半量 以上이 脫窒되었으며 특히 尿素가 다른 肥料에 比하여 脫窒量이 많다고 하였다.

培養 中期에 處理區別로 窒素 全量의 水準이 多少 높아진 것은 원래 土壤 中에 存在하는 有機物의 無機化에 의한 影響으로 생각된다. 이와 같은 암모니아태 질소의 變化傾向은 藥劑處理區에서도 生成量의 差異는

Table 3. Effect of Nitrofen on urea hydrolysis and subsequent nitrification in a submerged soil

Urea added (mg/100g soil)	Nitrofen added (g, ai/10a)	NH ₄ ⁻ , NO ₂ ⁻ , and NO ₃ ⁻ -N formed after the treatment of Nitrofen, weeks														
		1			3			5			7			9		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃
ppm																
5	0	26.88	tr	2.72	29.94	1.01	6.17	23.75	1.84	11.35	21.65	tr	2.74	21.28	—	2.83
	210	26.27	tr	2.75	30.06	1.87	6.43	24.03	2.37	11.45	22.01	—	2.38	21.61	—	2.61
	420	25.98	—	2.32	29.62	1.36	6.15	23.95	1.84	10.97	21.92	—	2.89	21.84	—	2.14
	840	26.87	—	2.84	30.49	1.78	6.34	24.13	2.04	11.21	22.15	tr	2.58	21.58	tr	2.12
	1,680	26.67	tr	2.74	30.28	1.09	6.24	23.81	1.92	10.98	21.49	tr	2.75	21.31	—	2.94
10	0	41.44	1.21	4.03	46.27	2.24	8.57	38.45	1.72	11.75	35.63	—	3.74	34.36	tr	3.12
	210	42.06	1.32	4.47	45.53	1.92	8.75	38.68	1.58	11.54	35.01	—	3.61	33.85	—	3.17
	420	41.97	1.64	4.12	46.29	1.63	8.69	39.15	2.01	10.94	35.95	—	3.98	34.72	tr	3.04
	830	41.08	1.91	4.07	45.92	1.68	8.92	39.01	1.94	11.56	35.72	tr	3.41	34.13	tr	3.51
	1,680	40.89	1.32	4.26	45.84	1.87	7.98	39.12	2.36	10.87	35.04	tr	3.08	34.92	tr	3.41
15	0	50.16	1.21	6.58	53.58	1.53	9.75	46.08	1.95	12.65	42.81	1.71	4.75	43.22	1.19	4.41
	210	49.80	1.21	5.92	54.27	1.71	8.86	46.58	2.04	12.17	42.21	2.02	3.97	42.78	1.41	3.95
	420	49.67	1.91	6.78	54.02	1.92	9.46	46.91	1.85	11.94	42.56	1.61	3.94	42.91	1.36	4.01
	840	50.26	1.63	6.84	53.78	1.84	9.04	46.07	2.24	12.42	42.01	1.57	3.78	43.02	1.04	4.64
	1,080	49.94	1.92	6.25	54.31	1.68	8.92	46.62	1.92	11.93	42.34	1.84	3.47	43.14	1.12	4.28

Table 4. Effect of Benthiocarb+Simetryne on urea hydrolysis and subsequent nitrification in a submerged soil

Urea added (mg/100g soil)	Benthiocarb+Simetryne added (g, ai/10a)	NH ₄ ⁻ , NO ₂ ⁻ , and NO ₃ ⁻ -N formed after the treatment of Benthiocarb+Simetryne, weeks														
		1			3			5			7			9		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃
ppm																
5	0	26.88	tr	2.72	29.94	1.01	6.17	23.75	1.84	11.35	21.67	tr	2.74	21.28	—	2.83
	210	26.61	tr	2.74	30.85	1.58	6.34	23.51	2.01	11.21	21.78	tr	2.69	21.47	—	2.78
	420	26.93	—	2.79	29.46	1.21	6.51	24.03	1.74	11.43	22.01	—	2.01	21.35	—	3.27
	840	26.84	—	2.82	30.48	1.41	6.37	23.74	1.96	10.61	21.84	tr	2.68	22.28	tr	2.88
	1,680	25.94	tr	2.84	30.42	1.07	6.24	23.12	2.07	10.82	22.25	tr	2.03	21.74	tr	2.75
10	0	41.44	1.21	4.03	46.27	2.24	8.57	38.45	1.72	11.75	35.63	—	3.74	34.36	tr	3.12
	210	41.27	1.43	4.52	45.85	1.89	8.68	38.58	1.81	11.54	35.41	tr	3.21	34.01	tr	3.41
	420	41.84	1.74	4.37	46.54	1.63	8.71	39.04	2.02	10.91	35.84	—	3.78	34.75	—	3.27
	840	41.35	1.71	4.44	45.81	1.28	7.84	39.27	1.58	10.01*	35.21	—	3.51	35.01	—	3.51
	1,680	40.54	1.24	4.25	45.75	1.85	7.51	39.04	1.92	10.03*	36.67	tr	4.02	34.92	tr	3.51
15	0	50.16	1.27	6.58	53.58	1.53	9.75	46.08	1.95	12.65	42.91	1.71	4.75	43.22	1.17	4.41
	210	49.87	1.01	6.21	54.21	2.05	9.25	46.92	2.01	12.03	43.05	1.42	3.59	43.07	1.28	3.91
	420	49.61	1.85	5.97	54.07	1.98	9.87	46.61	1.75	11.94	42.21	1.59	4.01	43.92	1.95	3.01
	840	50.18	1.54	6.71	53.98	2.01	9.01	47.04	2.21	12.31	43.01	1.64	4.37	43.68	1.47	3.71
	1,680	49.44	1.11	6.31	54.21	1.74	8.94	46.74	1.82	11.02*	43.21	1.74	4.78	43.75	1.84	4.01

* Significantly different at the 5% level

Table 5. Effect of Propanil on urea hydrolysis and subsequent nitrification in a submerged soil

Urea added (mg/100g soil)	Propanil added (g, ai/10a)	NH ₄ ⁻ , NO ₂ ⁻ , and NO ₃ -N formed after the treatment of Propanil, weeks														
		1			3			5			7			9		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃
ppm																
	0	26.88	tr	2.72	29.94	1.01	6.17	23.25	1.84	11.35	21.65	tr	2.74	21.28	—	2.83
	350	26.44	—	2.76	30.14	1.65	6.25	23.18	2.07	11.27	22.24	—	2.17	22.34	—	2.49
5	700	26.98	tr	2.63	29.54	1.47	6.47	23.69	1.94	11.24	21.78	—	2.41	22.29	—	2.17
	1,400	27.01	tr	2.57	30.21	1.87	5.98	23.74	2.04	10.47	22.04	—	2.04	22.07	—	2.49
	2,800	28.66**	—	—	33.26**	tr	3.84**	23.78	1.93	9.29	22.12	tr	2.11	22.18	—	2.42
	0	41.44	1.21	4.03	46.27	2.24	8.57	38.45	1.72	11.75	35.63	—	3.74	34.36	tr	3.12
	350	41.97	1.18	4.52	45.57	1.85	7.84	38.21	1.62	11.62	35.01	—	3.04	35.21	—	3.15
10	700	42.02	1.27	4.25	46.83	1.32	8.68	39.57	1.87	10.89	36.12	—	3.68	35.57	—	2.98
	1,400	41.09	1.87	4.02	46.92	1.75	7.57	39.26	1.98	11.12	36.24	—	3.21	35.25	tr	2.84
	2,800	43.78**	tr	2.27**	49.32**	—	3.02**	40.38	1.74	11.47	35.98	tr	3.24	35.04	tr	2.87
	0	50.16	1.27	6.58	53.58	1.54	9.75	45.08	1.95	12.65	42.81	1.71	4.75	43.22	1.17	4.41
	350	49.27	1.27	6.14	54.21	1.58	8.27	45.57	2.24	12.34	42.95	1.47	4.72	42.78	1.41	3.98
15	700	49.92	1.92	6.21	53.78	1.93	8.54	46.03	2.03	11.25	42.01	1.91	4.27	42.21	1.57	4.04
	1,400	50.14	1.63	5.02*	54.05	1.84	8.71	45.91	1.78	12.01	42.92	1.52	4.78	42.68	1.03	4.12
	2,800	52.97**	—	3.78**	57.48**	—	4.27**	45.87	1.67	11.62	42.52	1.83	4.01	42.89	1.74	3.89

* Significantly different at the 5% level

** Significantly different at the 1% level

Table 6. Effect of Perfluidone on urea hydrolysis and subsequent nitrification in a submerged soil

Urea added (mg/100g soil)	Perfluidone (g, ai/10a)	NH ₄ ⁻ , NO ₂ ⁻ , and NO ₃ -N formed after the treatment of Perfluidone, weeks														
		1			3			5			7			9		
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃
ppm																
	0	26.88	tr	2.72	29.94	1.01	6.17	23.25	1.84	11.35	21.65	tr	2.74	22.28	—	2.83
	150	27.42	—	2.18	28.12	1.81	6.21	24.57	2.15	11.24	22.47	—	2.14	22.21	—	2.97
5	300	27.01	—	2.01	29.07	1.54	6.84	23.92	1.98	11.74	22.83	—	2.54	22.07	—	3.24
	600	26.78	—	1.97	29.47	1.62	5.92	23.58	1.97	10.21	21.54	—	2.97	21.54	—	2.81
	1,200	25.92*	tr	1.98	29.75	1.43	6.02	24.02	2.20	10.45	21.21	tr	2.31	22.98	—	2.53
	0	41.44	1.21	4.03	46.27	2.24	8.57	38.45	1.72	11.75	35.63	—	3.74	34.36	tr	3.12
	150	42.12	—	3.87	46.78	1.87	7.96	37.74	2.04	11.27	34.94	—	3.41	34.74	—	2.87
10	300	40.28	—	3.92	45.29	2.01	8.21	39.92	2.14	10.59	35.27	—	2.97	35.18	—	2.64
	600	49.54	tr	4.24	45.97	1.57	8.24	37.76	1.83	11.27	36.74	tr	3.15	36.02	—	3.07
	1,200	38.01**	tr	3.81	46.92	1.92	7.87	37.94	1.95	10.98	36.21	tr	3.21	36.14	tr	3.29
	0	50.16	1.27	6.58	53.58	1.53	9.75	46.08	1.95	12.65	42.81	1.71	4.75	43.22	1.17	4.41
	150	50.47	1.92	5.72	54.12	1.92	8.72	45.94	2.33	12.78	43.02	tr	3.75	42.72	1.42	3.67
15	300	50.53	1.14	5.94	53.78	1.68	8.99	47.27	1.94	12.12	41.93	tr	4.27	42.84	1.42	3.92
	600	46.07**	1.32	6.27	54.54	1.57	9.21	46.74	2.07	11.98	42.27	1.57	4.05	43.02	1.78	3.59
	1,200	45.78**	1.28	5.18*	52.47	2.01	8.54	47.51	2.31	12.01	43.35	1.81	3.92	43.98	1.45	4.07

* Significantly different at the 5% level

** Significantly different at the 1% level

있으나 비슷하게 나타나고 있으며 모든 藥劑가 圃場施用濃度 水準에서는 물론 그 4 倍量 水準에서도 尿素의 分解에 의한 암모니아의 生成에 있어서 對照區에 比하여 아무런 差異를 나타내지 않았으며 Nitrofen과 Benthicarb+Simetryne은 圃場施用量的 8 倍(各各 1,680, 1,680 g, ai/10 a) 水準에서도 큰 差異가 없었다. 다만, 발아억제형 제초제인 Perfluidone 및 Butachlor 등의 고농도(施用量的 8 倍) 處理區에서 배양 1주째 암모니아태 질소의 濃도가 對照區에 比하여 다소 낮았고 Propanil 처리구에서는 배양 1주와 3주에 암모니아태 질소가 집적되었는데 이것은 藥劑에 의한 영향으로 생각되며 이러한 현상은 尿素의 高濃度水準에서 좀더 明確하게 나타났다.

Propanil 처리구의 집적은 藥劑의 窒化抑制效果 때문이고, Perfluidone과 Butachlor 처리구의 減少는 藥劑에 의한 尿素의 分解抑制效果 때문인 것 같다. 그러나, 培養 중기 이후부터는 암모니아태 질소의 농도가 거의 正常水準으로 增加되었는데 이것은 그 동안에 藥劑의 有效成分이 土壤 중에서 經時的으로 分解, 消失되기 때문에 이에 따라 分解抑制效果가 減少되었음을 보여주는 것이라고 생각된다. 이와 같은 傾向은 Butachlor 劑가 施用된 窒素肥料의 分解를 抑制하였으며 특히 1,000 ppm(標準量의 約 50 倍 濃度)의 高濃度水準에서는 培養 3 일째부터 암모니아태 질소의 生成량이 크게 減少하였는데 이와 같은 抑制效果는 培養期間이 길어지면서 조금씩 回復되어 培養 8 週째부터는 正常水準으로 回復되었다고 한 金 및 鄭¹⁷⁾의 報告와도 一致하는 것이다.

그러나, 이러한 尿素의 初期 分解抑制效果는 微生物에 의한 Urease의 生成이 抑制된 때문인지 또는 生成된 Urease 自體의 酵素活性이 藥劑에 의하여 低下되었던 때문인지에 대해서는 더욱 細密한 微生物學的 또는 酵素化學的 研究가 必要하다고 생각한다.

한편, 이 정도의 輕微한 尿素의 加水分解抑制效果는 還元 發達이 아직 微弱한 灌水初期에 窒化되어 還元이 심히 發達되는 灌水後期에 脫窒에 의하여 揮散되어 버릴 수 있는 窒素의 損失을 막고 窒素가 高濃度로 施用되었을 경우 암모니아의 急激한 過多生成으로 인한 揮散을 줄일 수도 있다고 생각되며, 또한 後效果를 가져와 作物 增收에 오히려 寄與한 報告²⁵⁾도 있다.

窒化作用에 대한 影響 對照區에서 질산태 질소의 生成은 培養中期中인 5 週째 全 處理水準에서 가장 많이 生成되었고 7 週以後부터는 急激히 減少하여 實驗終了時에는 극히 적은 量만이 檢出되었다. 灌水 7 週以

後 질산태 질소의 減少가 심한 것은 이 時期以後에는 土壤還元の 發達이 活發하여지고 그 結果 脫窒에 의하여 減少된 것이라 생각된다.

金¹⁸⁾은 灌水土壤에서 尿素施用의 경우 질산태 질소의 生成이 培養後期에 약간 增加하는 傾向이며 이것은 질산태 질소의 還元에 이어서 Mn^{+++} , Fe^{+++} 등의 還元이 뒤따라 일어나기 때문에 더 이상의 窒酸還元이 抑制되었기 때문이라 했는데 本 實驗에서는 이러한 現象은 볼 수 없었다.

아질산태 질소의 生成 역시 培養 5 週째 가장 많이 生成되었고 7 週以後부터는 窒素의 高濃度 施用區에서만 매우 적은 양이 檢出되었을 뿐이고 低濃度 施用區에서는 거의 檢出되지 않았다. 또한, 5 週째의 生成量 自體도 많은 것은 아니었다. 7 週以後의 全面的인 減少는 窒化作用의 進行으로 인한 감소와, 土壤 pH가 낮아지고 이때 형성된 酸性條件下에서 일부의 아질산이 自動的으로 分解되어 揮散¹⁹⁾되었기 때문이라고 생각된다.

藥劑處理區에서의 아질산태 질소 및 질산태 질소의 變化를 보면 Propanil을 除外한 全 處理區에서 對照區에 比하여 別 다른 差異를 볼 수 없었다. Butachlor와 Benthicarb+Simetryne 處理의 경우 窒素의 高濃度水準에서 培養中期中에 질산태 질소의 集積이 對照區보다 약간 적은데 이것도 암모니아태 질소와 아질산태 질소의 過多集積이 없는 것으로 보아서 藥劑에 의한 窒化抑制效果라고 단정하기는 어렵고 이들 藥劑가 과연 窒化抑制力이 있는지의 여부에 대해서는 더욱 高濃度處理에 의한 檢討가 必要하다고 본다. 또한, 培養後期の 脫窒에 의한 질산태 질소의 減少 現象에 있어서도 處理區가 對照區와 비슷한 傾向을 보여준 것은 이들 藥劑가 脫窒細菌의 活動에 대한 抑制效果가 전혀 없음을 나타내주고 있는 것이라고 解析할 수 있다. Propanil의 경우 低濃度水準에서는 他處理區와 같은 傾向이나 高濃度(2,800 g, ai/10 a) 水準에서 處理 1 週와 3 週째 아질산태 질소와 질산태 질소의 生成량이 對照區에 比하여 극히 微弱하고 相對的으로 암모니아태 질소의 集積량이 增加하였다. 그러나, 5 週以後의 變化樣相은 다른 處理區와 비슷한 傾向을 보여주었다.

Cork 및 Thompson⁶⁾은 Propanil이 100 $\mu\text{g/g}$ soil 水準에서 암모니아태 질소의 酸化를 크게 抑制하여 供試된 窒素를 酸化하는데 70일이나 소요된다고 하였으며 Propanil의 分解產物인 3,4-DCA(3,4-dichloroaniline)은 2.5 $\mu\text{g/g}$ soil의 극히 낮은 濃度에서 암모니아태 질소의 酸化를 抑制하여 土壤중에 아질산태 질소를 蓄積

시키지 않는다고 하였는데 本 實驗에서 1 週와 3 週째 아질산태 질소와 질산태 질소가 微量밖에 檢出되지 않고 相對的으로 암모니아태 질소가 多少 많이 蓄積된 것은 Propanil 에 의한 암모니아의 酸化抑制 結果라 생각된다. 5 週以後의 아질산태 질소와 질산태 질소의 變化樣相이 他處理區과 비슷하게 나타난 것은 Propanil 의 處理濃度가 낮아져 암모니아의 酸化抑制效果가 微弱했던 때문이라 생각된다. Dubey³⁾는 Ametryne, Pro-

metryne 등의 S-triazine 系 除草劑가 Nitrosomonas 의 作用을 抑制하여 土壤 중에 아질산태 질소를 蓄積한다고 하였는데 本 實驗에서 供試한 Simetryne+Benthio-carb 의 경우에는 모든 處理水準에서 이러한 影響을 찾아 볼 수 없었다.

pH 및 Eh 에 대한 影響 尿素施肥後 除草劑 處理에 의한 土壤 pH 및 Eh 의 變化 結果를 Table 7 및 8 에 表示하였다.

Table 7. Change in pH of the soil treated with different herbicides at fourfold the recommended rate

Urea added (mg/100g soil)	Treatment	Dosage (g, ai/10a)	pH after treatment, weeks								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Control	0	5.8	5.8	5.7	5.5	5.1	4.8	5.2	5.2	5.4
	Batachlor	720	5.5	5.5	5.6	5.3	5.0	4.7	5.1	5.0	5.2
	Nitrofen	840	5.6	5.6	5.7	5.4	5.0	4.7	5.1	5.2	5.2
	Benthio carb+Simetryne	840	5.9	5.7	5.6	5.2	5.1	4.6	5.3	5.3	5.3
	Propanil	1,400	5.7	5.8	5.9	5.4	5.0	4.8	5.2	5.1	5.2
	Perfluidone	600	5.5	5.6	5.6	5.4	4.9	4.7	5.0	5.0	5.2
10	Control	0	5.9	6.1	5.7	5.6	5.3	4.8	5.1	5.0	5.2
	Butachlor	720	5.4	5.6	5.6	5.5	5.3	4.8	5.1	5.0	5.2
	Nitrofen	840	5.8	5.7	5.8	5.9	5.4	4.9	5.0	5.1	5.2
	Benthio carb+Simetryne	840	5.9	6.0	5.6	5.7	5.4	4.9	5.2	5.0	5.5
	Propanil	1,400	5.7	5.9	5.8	5.6	5.6	4.7	5.1	5.2	5.4
	Perfluidone	600	5.7	5.7	5.5	5.7	5.5	4.6	5.0	5.2	5.4
15	Control	0	6.2	6.4	6.0	5.5	5.7	4.5	5.2	5.1	5.4
	Butachlor	720	5.6	5.8	5.8	5.4	5.7	4.6	5.2	5.2	5.3
	Nitrofen	840	6.2	6.4	6.0	5.5	5.9	4.7	5.3	5.3	5.3
	Benthio carb+Simetryne	840	6.1	6.2	5.9	5.8	5.6	4.8	5.2	5.3	5.4
	Propanil	1,400	6.3	6.2	6.1	5.9	5.5	4.8	5.2	5.5	5.4
	Perfluidone	600	5.6	5.7	5.8	5.6	5.6	4.5	5.4	5.2	5.4

對照區의 경우 灌水前에 5.2 였던 pH 가 灌水培養 1 週째에는 窒素 高濃度區에서 6.2 以上으로 急上昇하였다가 5 週경에 약간 低下되었고 6 週경에는 더욱 低下되어 원래의 pH 以下로 떨어졌다가 그 後로는 약간 增加하는 傾向이었다.

처음 pH 의 上昇은 尿素의 分解結果 生成된 암모니아의 影響 때문이고 그 後 점차 減少된 것은 窒化作用에 의한 窒酸 生成의 結果라고 생각된다. 6 週경의 낮은 pH 는 아질산이 산화질소로 分解消失되었음을 推定하기에 充分하다고 생각된다. 藥劑處理에 있어서도 對照區에서의 變化와 거의 비슷한 傾向을 보여주고 있어서 藥劑處理에 의한 pH 의 變化는 認定하기 어려웠다.

吳²²⁾도 除草劑 또는 그 分解中間產物의 直接的인 化學作用이 土壤 pH 에 影響을 준다고 생각하기는 어렵다고 報告하였다.

Table 8 에 表示한 Eh 의 값은 測定值를 Eh₆ 의 값으로 換算하여 表示한 것이다. 全般的으로 Eh 값은 湛水土壤의 Eh 값으로서는 比較的 높은 편이며 時日이 경과하면서 漸次 低下하다가 培養後期에 다시 약간 增加하는 傾向을 보여주고 있는데 그 變化의 폭은 比較的 작다. 또한 窒素의 水準이 높아지면서 多少 變化의 폭이 커졌을 뿐 藥劑處理에 의한 影響은 전혀 찾기 어려웠다.

土壤의 Eh 變化는 電子活性物體의 存在에 基因되는

Table 8. Change in Eh₆ of the soil treated with different herbicides at fourfold the recommended rate

(Unit: mV)

Urea added (mg/100g soil)	Treatment	Dosage (g, ai/ 10a)	Eh ₆ after treatment, weeks									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5	Control	0	348	310	270	250	214	170	150	180	198	
	Butachlor	720	335	320	265	257	225	150	170	185	190	
	Nitrofen	840	323	317	261	253	206	157	148	197	204	
	Benthiocarb+Simetryne	840	329	305	259	249	161	163	135	168	175	
	Propanil	1,400	338	300	263	248	218	151	147	172	180	
	Perfluidone	600	333	312	272	255	221	147	130	168	175	
10	Control	0	340	305	278	243	215	178	151	175	192	
	Butachlor	720	331	312	289	251	221	162	147	160	176	
	Nitrofen	840	325	298	280	257	208	159	143	159	173	
	Benthiocarb+Simetryne	840	340	310	292	261	219	160	139	159	180	
	Propanil	1,400	339	295	278	250	211	162	140	162	187	
	Perfluidone	600	331	294	281	252	212	158	142	163	190	
15	Control	0	351	315	280	252	211	181	156	171	183	
	Butachlor	720	329	300	276	245	209	173	150	162	170	
	Nitrofen	840	337	301	270	241	208	175	152	163	171	
	Benthiocarb+Simetryne	840	340	312	281	252	212	168	147	159	173	
	Propanil	1,400	345	321	286	255	220	181	149	152	169	
	Perfluidone	600	328	304	280	251	218	184	150	160	172	

데 湛水土壤 중에서 가장 高濃度の 電子活性物質은 Fe 系 및 Mn 系로서 湛水後의 酸化還元電位가 내려가는 것은 주로 Fe⁺⁺⁺가 Fe⁺⁺로, Mn⁺⁺⁺⁺가 Mn⁺⁺로還元되기 때문이다". 本實驗에서 全期間을 통하여 극심한還元狀態를 볼 수 없었고 또한 Eh 變化的 폭이 작았던 것은 供試土壤중 이 電子活性物質이 많지 않았던 때문이 아닌가 생각되며 (Table 1) 또한, 培養期間 중 水分의 蒸發 減量을 補充하기 위하여 수시로 蒸溜水를 添加하였던 점도 한가지 原因이 되었다고 생각할 수 있는데 이러한 現象은 土壤을 湛水培養할 때 表面水에 通氣하여 주면 처음 약간 低下하던 土壤表層部의 Eh가 곧 처음 湛水時의 Eh값 以上으로 上昇하여 그 後 계속 같은 水準으로 維持된다고 한 高井康雄 등²⁶⁾의 研究 結果에서도 찾아 볼 수 있다. 그러나, 과연 除草劑의 施用이 土壤의 酸化還元電位の 變化에 直接 影響을 미칠수 있는지의 與否에 대해서는 별도의 精密한 檢討가 必要하다고 생각된다.

結論의으로 지나치게 過量으로 使用되지 않는 한 本實驗에서 供試한 모든 除草劑는 施肥한 窒素의 土壤중

變化過程에 關與하는 微生物들의 活動에 아무런 影響을 초래하지 않은 것 같으며 pH나 Eh 등의 變化에도 何等의 害로운 影響을 미치지 않는다고 할 수 있다.

摘 要

湛水狀態下에서 Butachlor, Nitrofen, Benthiocarb+Simetryne, Propanil, Perfluidone 등의 除草劑가 施肥한 窒素의 變化過程에 미치는 影響을 調査하기 위하여 尿素와 藥劑를 處理한 後 24±1°C에서 培養하면서 無機態 窒素, pH 및 Eh의 變化를 檢討하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. Nitrofen, Benthiocarb + Simetryne, Propanil 등은 全 處理濃度에서 尿素의 分解에 의한 암모니아의 生成에 아무런 影響이 없었다. Butachlor와 Perfluidone은 標準施用量의 8배의 高濃度 處理에서 처음 암모니아의 生成을 多少 減少시켰으나 이 分解抑制效果는 時日이 經過하면서 바로 正常水準으로 回復되었다.

2. Propanil을 除外한 供試藥劑 모두 全 處理濃度에서 窒化抑制 效果를 찾아 볼 수 없었다. Propanil은

標準량의 8 倍의 高濃度 處理에서 암모니아의 酸化를 抑制하여 암모니아태 질소를 축적하고 아질산태 질소와 질산태 질소의 生成을 多少 減少시켰는데 이러한 傾向은 施肥窒素의 濃도가 높아 지면서 다소 明確하여졌다.

3. pH와 Eh의 變化에 대한 供試藥劑의 影響은 거의 찾아 볼 수 없었다.

引用 文 獻

1. Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. John Wiley, New York. 248—308.
2. Aomine, S.A. 1962. Review of research on redox potentials of paddy soils in Japan. Soil Sci. 94 : 6—13.
3. Audus, L.J. 1964. Herbicide behaviour in the soil. 163—203. In L.J. Audus(ed.) The Physiology and biochemistry of herbicides. Academic Press., London, England.
4. Bollen, W.B. 1961. Interactions between pesticides and soil microorganisms. Ann. Rev. Microbiol. 15 : 69—92.
5. Bremner, J.M. 1965. Inorganic Forms of Nitrogen. 1179—1232. In C.A. Black(ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis.
6. Corke, C. T. and F.R. Thompson. 1970. Effects of some phenylamide herbicides and their degradation products on soil nitrification. Can. J. Microbiol. 16 : 567—571.
7. Debona, A.C., and L.J. Audus. 1970. Studies on the effects of herbicides on soil nitrification. Weed Res. 10 : 250—263.
8. Dubey, H. D. 1969. Effect of picloram, diuron, ametryne, and prometryne on nitrification in some tropical soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33 : 893—896.
9. Dubey, H. D. and R. L. Rodriguez. 1970. Effect of dyrene and maneb on nitrification, and their degradation in tropical soils, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34 : 435—439.
10. Fletcher, W.W. 1960. The effect of herbicides on soil microorganisms. 20—62. In E.K. Woodford and G.R. Sagar(ed.) Herbicides and the soil. Balckwell Scientific Publ., Oxford, England.
11. Flieg, O. 1952. Über das Verhalten von 2, 4-D im Boden hinsichtlich mikrobieller Wirkungen, Beweglichkeit und Abbau. Mitt. biol. ZentAnst. Berl., 74 : 133—135.
12. Hale, M.G., F.H. Hulcher, and W.E. Chappell. 1957. The effects of several herbicides on nitrification in a field soil under laboratory conditions. Weeds 5 : 331—341.
13. Helling, C.S., P.C. Kearney, and M. Alexander. 1971. Behavior of pesticides in soils. Advan. Agron. 23 : 147—240.
14. Johnson, E.J. and A.R. Colmer. 1955a. The effect of herbicides on soil microorganisms. I. The effect of 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid on some phases of the nitrogen metabolism of *Bacillus cereus*. Appl. Microbiol., 3 : 123—126.
15. Johnson, E.J. and A.R. Colmer. 1955b. The effect of herbicides on soil microorganisms. II. The effect of 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid on some phases of the nitrogen metabolism of *Pseudomonas fluorescens* and the micro-organisms of a soil suspension. Appl. Microbiol., 3 : 126—128.
16. Jones, L.W. 1956. The effects of some pesticides on microbial activities of the soil. Utah Agr. Exp. Sta. Bull. No. 390 : 1—17.
17. 金鼎濟, 鄭炫植. 1976. 除草劑가 土壤微生物 Flora 에 미치는 影響. 韓土肥誌, 9(1) : 25—31.
18. 金廣植. 1976. 畚土壤에서 窒素의 動態에 關한 研究. 韓土肥誌, 9(1) : 17—23.
19. Kreutzer, W.A. 1963. Selective toxicity of chemicals to soil microorganisms. Ann. Rev. Phytopath. 1 : 101—126.
20. Martin, J.P. 1966. Influence of pesticides on soil microbes and soil properties. 95—108. In M. E. Bloodworth(ed.) Pesticides and their effects on soils and water. ASA special publication. No. 8. Soil. Soc. Amer., Madison, Wis.
21. 野口勝可, 中澤秋雄. 1971. 除草劑가 土壤環境에 與える 影響에 關する 研究——硝化作用에 關하여. 雜草研究 12 : 64—68.
22. 吳旺根. 1973. 除草劑의 連用이 밭土壤의 化學的 性質에 미치는 影響에 關한 研究. 韓土肥誌, 6(1) : 9—15.
23. Parr, J.F. 1974. Effects of pesticides on microorganisms in soil and waters. 315—324. In W. Guenzi(ed.) Pesticides in soil and water. Soil Sci.

- Soc. Amer., Madison, Wis.
24. Quastel, J.H. and P.G. Scholefield. 1951. Biochemistry of nitrification in soil. *Bact. Rev.* 15 : 1—53.
25. 竹松哲夫, 近内誠登. 1974. 水田除草の理論と實際. 博友社. 東京, 218—220.
26. 高井康雄, 上原洋一. 1973. 水田土壤作土表層部における硝化脱窒過程に関する研究 (第一報) 湛水状態下長野土壤各層別の酸化還元状態の變動, 窒素の形態變化および硝化菌・脱窒菌の消長. *日土肥誌*, 44(12) : 463—470.
27. van Schreven, D.V., D.J. Lindenberg, and A.Loridon. 1970. Effects of several herbicides on bacterial populations and activity and the persistence of these herbicides in soil, *Pant Soil* 33 : 513—532.
28. 양환승, 권태영, 이만상. 1970. 제조제에 의한 생력다수재배에 관한 연구. *과학기술처 R-70-44F* : 1—75.
29. 양환승, 권태영, 허강욱, 이종우. 1971. 제조제에 의한 생력다수재배에 관한 연구. *과학기술처 R-71-84* : 1—77.
30. 梁桓承, 李碩榮. 1972. Saturn-S 藥害發生要因究明에 관한 研究. *全北大學校 農大論文集* 3 : 28—34.