

## N-P-K 비료 29년 결제구에서의 미생물상 연구

조채희 · 유순남<sup>1</sup> · 김동근\*경북농업기술원, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교

## Soil Microflora and Microfauna in 29 Years of N-P-K Fertilizer Omission Plot

Chae Hee Jo, Sun Nam Yu<sup>1</sup> and Dong Geun Kim\*

Department of Agricultural Environment, Gyeongbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea

<sup>1</sup>Catholic University of Daegu, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-702, Korea

(Received on March 13, 2006)

This study was conducted to elucidate the interactions among soil microorganisms in a special field where one, two or three of N, P, K fertilizers were continuously not applied for 29 years. Crop yield (barley, soybean), soil chemical properties and microflora and microfauna including nematodes, nematophagous fungi, actinomycetes, bacteria, and fungi were examined for two years. *Tylenchorhynchus* sp. was the most important plant-parasitic nematode (range 11~642/300 cm<sup>3</sup> soil) followed by *Pratylenchus* sp. and *Helicotylenchus* sp. Among nematophagous fungi, *Monacrosporium* spp. was the most frequently found followed by *Harposporium* sp. and *Cystopage* sp. In general, plots treated with phosphate fertilizer yielded more, had more nematodes, bacteria and actinomycetes. In contrast, total fungal population densities including nematophagous fungi, *Cystopage* sp. and *Harposporium* sp. were in reverse; they were more abundant in the plots with lower phosphate contents. Phosphate and pH are positively correlated and two most important determining factors for the population density of soil organisms under investigation. According to correlation analysis, Ca, Mg, and SiO<sub>2</sub> contents in soil and population densities of *Tylenchorhynchus* sp., saprophytic nematodes, actinomycetes, and bacteria were positively correlated with pH, but were negatively correlated with fungal population densities. We hope that the study will add an additional knowledges to understand our mysterious underworld.

**Keywords :** Fertilizer, Microfauna, Microflora, pH, Soil physico-chemical property

토양 생태계는 물리, 화학, 생물학적인 상호작용으로 이루어지며, 토양 생물은 토양 생태계의 필수 요인으로 토양의 물리화학적 성에 밀접한 영향을 받는다. 토양 생태계에는 여러 토양 생물들, 즉, 지렁이, 땅강아지, 톱토기, 응애, 선충, 세균, 방선균, 곰팡이 등이 서식하고 있으며, 이들은 상호 경쟁, 분서, 기생, 공생, 포식, 피식의 관계에 있다. 그러므로 토양 환경이 변화하게 되면 그 변화된 환경에 가장 잘 적응한 종이 우점하게 될 것이다.

토양에는 작물에 필요한 16대 원소가 있고 그중 질소, 인산, 칼리는 필수 3요소이며 일반적으로 자연 상태에서 어느 한 가지 비료가 극단적으로 많거나 결핍되는 경우는 거의 없다. 경북농업기술원에는 지난 29년 동안 N, P, K 3요소 중에서 1종, 2종, 또는 3종의 양분이 결핍되도

록 인위적으로 처리된 토양이 있다(Kim 등, 1993). 이번 연구는 이러한 토양에서 토양이화학성, 선충, 세균, 곰팡이, 방선균, 선충천적곰팡이들의 상호관계를 조사하고자 실시하였다. 지금까지 대부분 토양 미생물 연구는 토양이화학성, 미생물(세균, 방선균, 곰팡이), 선충, 선충 천적 등에 대하여 단일 또는 혹은 2~3 분야를 대상으로 한 연구가 대부분이었으나 이번 연구에서는 토양 이화학성, 작물 수량, 선충, 세균, 방선균, 곰팡이, 선충 천적곰팡이 등에 대하여 상호관계를 종합적으로 관찰하고자 하였다.

## 재료 및 방법

**토양채집.** N, P, K 비료 1종, 2종, 또는 3종이 결핍되도록 조합을 짜고(Table 1) 1년에 한번씩만 사용하면서 29년간 장기 처리한 토양을 조사하였다(Table 1). 이들 토양에는 매년 콩과 보리를 번갈아 재배하였으며 보리(cv.

\*Corresponding author

Phone)+82-53-320-0233, Fax)+82-53-320-0295

E-mail) kimdgkr@naver.com

**Table 1.** Treatment scheme for continuous application of N-P-K fertilizer

Treatment	kg/10a		
	Nitrogen	Phosphate	Potassium
NPK	12	8	6
N	12	0	0
P	0	8	0
K	0	0	6
PK	0	8	6
NK	12	0	6
NP	12	8	0
NONE	0	0	0

올보리)는 10월 중순경(재식거리 60 cm×18 cm), 콩(cv. 황금콩)은 6월 중순경(60 cm×15 cm)에 파종하였다. 토양 채집은 core(직경 2 cm, 길이 30 cm)를 이용하여 각 비료 처리구별로 깊이 15 cm까지 약 2 kg 정도 채집하였으며, 채집한 토양은 비닐봉투에 넣고 바로 실험실로 옮겨서 선충분리, 토양내 미생물조사, 선충천적곰팡이의 분리 및 토양이화학성 분석에 사용하였다.

**토양 이화학성 분석.** 토양 이화학성의 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(2000)에 따랐는데 pH는 1:5 토양 침출액을 pH meter(Expandable ion Analyzer EA940, ORION)로 측정하였고, 토양의 염류농도는 10 g의 토양을 증류수에 진탕 여과하여 여과액을 전기전도계(Conduct meter model CM-2A, Tokyo)로 측정하였다. 토양유기물 함량은 Tyurin법으로 조사하였고, 유효인산함량은 Lancaster 법을 이용하여 UV-visible spectrophotometer(UV-1601, SHIMADZU)로 측정하였다. 그리고, 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)으로 추출하여 원자흡광분석기(Atomic Absorption Spectrophotometer)로 측정하였다.

**선충분리 및 밀도조사.** 채집한 토양에서 굵은 돌과 식물뿌리를 골라내고 잘 섞은 다음, 토양 300 cm<sup>3</sup>를 취하여 원심분리법(Southey, 1986)으로 선충을 분리하였다. 분리된 선충은 counting dish로 옮겨서 해부(SZX-ILLB200, OLYMPUS) 및 광학현미경(AX70TF, OLYMPUS)으로 검정하여 선충의 종 및 밀도를 조사하였다.

**토양내 미생물상 조사.** 각 처리구별로 채집한 토양을 잘 섞어 2 mm체로 굵은 입자를 거른 후, 약 10 g의 토양을 취하여 dilution plate법으로 조사하였다(Cappuccino와 Sherman, 1996). 미생물 분리는 방선균은 glycerol yeast extract agar(GYA: glycerol 0.5%, yeast extract 0.2%, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.1%, agar 1.5%), 세균은 tryptic soy agar(TSA: tryptone 1.5%, soytone 0.5%, sodium chloride 0.5%, agar 1.5%), 곰팡이는 rose bengal 0.033 g과 streptomycin 30 ppm

을 첨가한 sabouraud dextrose agar(SDA: peptone 1%, dextrose 4%, agar 1.5%)를 사용하였다(Stukus, 1997). 각 희석배수별(10<sup>-3</sup>~10<sup>-5</sup>)로 3반복씩 접종을 하였으며, 접종한 Petri dish는 25°C 인큐베이터에 배양하고, 방선균 및 세균은 2~3일 후, 곰팡이는 7일 후에 각 Petri dish상에 나타난 균총 수를 조사하였다.

**선충천적곰팡이 분리 및 밀도조사.** 채집한 토양으로부터의 선충천적곰팡이 분리는 Kim 등(1997, 2001)의 방법을 응용하였다. 분리된 유기물과 토양을 1/2 corn meal agar(1/2 CMA: Difco)와 1% water agar(1% WA)에 각 3반복으로 얇게 펴서 올린 다음, 실온(18~25°C)에서 선충천적곰팡이가 나타날 때까지 약 7~30일간 관찰하였다. 배지 상에 선충천적곰팡이가 관찰되면 포자를 살균한 세침봉으로 떼어서 항생제(streptomycin 500 ppm, ampicillin 500 ppm)를 첨가한 CMA배지에 옮겨 순수 분리하여 배양한 후 기준문헌(Barron, 1977; Cooke, 1966; Kim, 2002)에 따라 종을 동정하였다.

## 결과 및 고찰

**수량.** 수량에 있어서는 N, NK 처리 즉, 인산질 비료를 주지 않고 질소비료만 사용하였을 때 수량이 전혀 없

**Table 2.** Crop yields at the experimental sites continuously applied with N-P-K fertilizer

Treatment	Yield (kg/10a) ± S.E.	
	Barley	Soybean
NPK	264 ± 23.4 a <sup>x</sup>	118 ± 7.4 b
N	0 ± 0.0 f	28 ± 0.7 f
P	137 ± 2.1 d	84 ± 4.3 c
K	97 ± 4.1 e	115 ± 5.4 b
PK	214 ± 4.1 b	133 ± 1.5 a
NK	0 ± 0.0 f	38 ± 2.2 e
NP	186 ± 14.3 c	69 ± 1.3 d
NONE	9 ± 23.4 f	76 ± 1.3 cd
Contrast analysis		
+P vs -P	<b>0.0001</b>	<u>0.0589</u>
+N vs -N	<b>0.0263</b>	<b>0.0001</b>
+K vs -K	0.9271	<u>0.0519</u>

+N; NK, NP, N -N; PK, P, K

+P; PK, NP, P -P; NK, N, K

+K; PK, NK, K -K; NP, N, P

Experimental sites; In each treatment block, single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years continuously.

S.E.; standard error.

<sup>x</sup>Means followed by same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

거나(보리) 매우 낮았다(콩). 반면 처리구 중에서 인산질 비료가 같이 처리된 시험구에서는(NPK, P, PK, NP 등) 콩, 보리 모두 상당한 수량을 얻을 수 있었다(Table 2). 콩이 보리보다 P의 영향을 적게 받는 경향이었는데, 이것은 콩의 뿌리혹박테리아에 의한 질소고정작용의 영향이 아닌가 생각된다. 이에 대한 정확한 기작은 알수 없으나, 인산이 부족한 곳에서 성장하는 질소고정균들은 정상적 인산함유 배지에서 자랄 때 보다 인산흡수 속도가 10~180배 정도 빨라진다고 한다(Smart 등, 1984). 이번의 결과로만 해석하자면, 콩-보리 윤작 작부체계에서는 질소 질 비료를 전혀 주지 않고 인산-칼륨 비료만 주어도 작물 재배가 가능하다고 해석할 수도 있고, 작물의 생육에

는 질소보다 인산의 역할이 더 중요한 것으로 해석될 수도 있겠다.

**토양이화학성.** 전체적으로는 pH는 평균 5.6으로 산성을 띠는 경향이었으며, N, NK 등 N이 함유된 처리구의 pH는 4.9 정도로 가장 낮았다. 반면 P, PK 등 P가 처리된 구의 pH는 6.3 정도로 가장 높았다(Table 3). 인산 첨가구의 유효인산 농도는 인산결핍구에 비하여 2배 정도 높았고( $p=0.0001$ ) 칼륨이온 함량은 칼륨 첨가구에서 4월에 높았으나( $p=0.0001$ ) 9월에는 대부분의 처리구에서 칼륨이온 함량이 높아 처리구간 차이가 없었다. 특히하게 P 처리구에서  $\text{SiO}_2$  및 칼슘의 함량이 다른 비료처리구에 비하여 높았다(Table 3).

**Table 3.** Chemical soil characteristics in the experimental sites continuously applied with N-P-K fertilizer

Treatment	Month	pH (1:5)	O.M. (%)	Av. $\text{P}_2\text{O}_5$ (mg/kg)	EX. Cation (cmol+/kg)			$\text{SiO}_2$ (mg/kg)
					K	Ca	Mg	
NPK	Apr.	5.4 a <sup>*</sup>	1.7 a	85 c	0.31 ab	4.50 a	1.88 a	85 b
N		5.2 a	1.5 a	12 d	0.13 d	4.01 a	1.67 a	84 b
P		5.8 a	1.7 a	118 ab	0.22 bcd	5.22 a	2.12 a	129 a
K		5.8 a	1.4 a	15 d	0.30 abc	4.47 a	1.93 a	103 ab
PK		5.7 a	1.6 a	143 a	0.34 a	4.76 a	2.21 a	120 ab
NK		5.2 a	1.5 a	20 d	0.36 a	3.64 a	1.35 a	79 b
NP		5.4 a	1.6 a	110 bc	0.12 d	4.29 a	1.94 a	100 ab
NONE		5.4 a	1.6 a	22 d	0.19 cd	4.27 a	1.64 a	100 ab
NPK	Sept.	5.6 bc	1.5 a	113 ab	1.15 a	3.02 a	0.81 a	101 bc
N		4.9 d	1.8 a	25 d	0.83 a	1.84 a	0.42 a	80 c
P		6.3 a	1.4 a	86 abc	1.51 a	4.12 a	1.07 a	147 a
K		5.5 bc	1.5 a	39 cd	1.18 a	2.49 a	0.61 a	76 c
PK		6.0 ab	1.3 a	141 a	1.31 a	3.60 a	0.91 a	114 b
NK		5.0 d	1.4 a	64 bcd	1.23 a	1.73 a	0.43 a	90 bc
NP		5.5 bc	1.7 a	113 ab	0.57 a	2.97 a	0.96 a	103 bc
NONE		5.4 cd	1.7 a	39 cd	1.16 a	2.75 a	0.86 a	86 bc
		6-7	3%	100-200	$\leq 1$	5	1.5-5	
Contrast analysis								
<b>+P vs -P</b>		0.5660	0.1743	<b>0.0001</b>	0.4844	0.3750	0.1784	<b>0.0165</b>
<b>+N vs -N</b>	Apr.	0.1677	0.7035	<u>0.0703</u>	<u>0.0803</u>	0.2962	0.1854	<b>0.0089</b>
<b>+K vs -K</b>		0.7312	0.3370	0.4276	<b>0.0001</b>	0.7920	0.8098	0.7658
<b>+P vs -P</b>		<b>0.0004</b>	0.4195	<b>0.0004</b>	0.9437	<b>0.0097</b>	<u>0.0652</u>	<b>0.0009</b>
<b>+N vs -N</b>	Sept.	<b>0.0004</b>	0.1225	0.3578	0.5105	<b>0.0468</b>	0.3491	<u>0.0970</u>
<b>+K vs -K</b>		0.7485	0.1839	0.7723	0.6968	0.5629	0.5513	0.2072

+N; NK, NP, N -N; PK, P, K  
 +P; PK, NP, P -P; NK, N, K  
 +K; PK, NK, K -K; NP, N, P

Experimental sites; In each treatment block, same single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years.  
 O.M.; organic matter.

<sup>\*</sup>Means followed by same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

**토양미생물상.** 김(2002)에 의하면 국내 밭 토양에서의 곰팡이, 방선균, 세균 밀도는 각각  $2.6 \times 10^5$ ,  $2.4 \times 10^6$ ,  $1.4 \times 10^7$ 이었는데, 이번 조사에서는 곰팡이, 방선균, 세균의 밀도가 각각  $3.47 \times 10^3$ ,  $3.58.8 \times 10^4$ ,  $8.2,228 \times 10^3$ 으로, 전

**Table 4.** Soil microorganisms in the experimental sites continuously applied with N-P-K fertilizer

Treatment	Soil microorganisms/g soil (×1,000)					
	Fungi		Actinomycetes		Bacteria	
	April	September	April	September	April	September
NPK	10 cd <sup>x</sup>	10 c	405 ab	265 cd	1,190 bcd	77 bcd
N	47 a	33 a	48 d	30 e	358 e	10 d
P	3 d	15 bc	508 a	555 a	2,228 a	260 a
K	23 b	28 ab	263 bc	283 bcd	1,242 bc	70 bcd
PK	15 bc	18 bc	588 a	390 abc	1,458 b	140 b
NK	43 a	42 a	58 cd	63 e	77 cd	8 d
NP	18 bc	5 c	230 bcd	468 ab	997 cd	113 bc
NONE	9 cd	13 c	122 cd	170 de	767 de	28 cd
Contrast analysis						
+P vs -P	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0014</b>	<b>0.0001</b>
+N vs -N	<b>0.0001</b>	0.3287	<b>0.0001</b>	<b>0.0102</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0031</b>
+K vs -K	0.4894	0.0574	0.3696	0.2403	0.8953	0.1699

+N; NK, NP, N -N; PK, P, K  
 +P; PK, NP, P -P; NK, N, K  
 +K; PK, NK, K -K; NP, N, P

Experimental sites; In each treatment block, same single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years.

<sup>x</sup>Means followed by same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 5.** Number of nematodes in the experimental sites continuously applied with N-P-K fertilizer

Treatment	Number of nematodes/300 cm <sup>3</sup> soil ± S.E.			
	April		September	
	<i>Tylencho.</i>	Non-parasitic	<i>Tylencho.</i>	Non-parasitic
NPK	370 ± 152 ab <sup>x</sup>	168 ± 13 a	290 ± 2 b	239 ± 178 a
N	13 ± 8 b	26 ± 17 a	39 ± 10 cd	130 ± 71 a
P	535 ± 175 a	186 ± 166 a	538 ± 23 a	322 ± 270 a
K	296 ± 174 ab	219 ± 198 a	135 ± 106 bcd	427 ± 318 a
PK	642 ± 120 a	134 ± 121 a	291 ± 118 b	303 ± 233 a
NK	11 ± 6 b	12 ± 5 a	16 ± 16 d	152 ± 112 a
NP	307 ± 19 ab	117 ± 42 a	270 ± 6 bc	211 ± 126 a
NONE	240 ± 86 ab	118 ± 53 a	135 ± 114 bcd	491 ± 437 a
Contrast analysis				
+P vs -P	<b>0.0060</b>	0.5009	<b>0.0018</b>	0.7780
+N vs -N	<b>0.0076</b>	0.1355	<b>0.0576</b>	0.1974
+K vs -K	0.8538	0.8965	0.2567	0.6261

+N; NK, NP, N -N; PK, P, K  
 +P; PK, NP, P -P; NK, N, K  
 +K; PK, NK, K -K; NP, N, P

Experimental sites; In each treatment block, same single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years.

*Tylencho.*; *Tylenchorhynchus* sp.

S.E.; standard error.

<sup>x</sup>Means followed by same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

체적으로 낮은 경향이였다(Kim 등, 2002). 곰팡이, 방선균은 시기별로 별 차이는 없었으며 세균은 4월이 9월보다 밀도가 높았다(Table 4). 토양중 식물기생선충은 위축선충류인 *Tylenchorhynchus* sp.가 우점종이었으며 뿌리썩이선충류인 *Pratylenchus* sp., 나선선충류인 *Helicotylenchus* sp. 등이 가끔 발견되었다(Table 5).

비료 처리별 곰팡이와 세균-방선균의 밀도는 정반대의 경향으로 나타났는데, 즉, 곰팡이의 밀도가 높으면 세균-방선균의 밀도가 낮았고, 곰팡이의 밀도가 낮으면 세균-방선균의 밀도가 높았다. N, NK 처리구에서 곰팡이의 밀도가 높았고 세균, 방선균은 낮았다. 세균, 방선균은 P, PK 처리구에서 밀도가 높았고 곰팡이 밀도는 낮았다(Table 4). *Tylenchorhynchus* sp. 밀도는 4, 9월 모두 P, PK 처리구에서 N, NK 처리구보다 5배 정도 높았으나 비기생성선충의 밀도에는 차이가 없었다(Table 5). *Tylenchorhynchus* 선충은 순 활물 기생선충으로 식물의 뿌리가 없으면 살 수 없으므로 P, PK 처리구가 N, NK 처리구보다 식물의 생육이 월등하게 좋으므로 식물의 생육이 좋은 곳에서 더 잘 증식된 것으로 생각된다.

**선충천적곰팡이.** 선충천적곰팡이는 *Monacrosporium* spp., *Cystopage* sp. 그리고 *Harposporium* sp.이 발견되었

으며 그중 *Monacrosporium* spp.이 우점종이었다(Table 6). Kim(2002) 등에 의하면 일반 밭토양에서는 *Arthrobotrys oligospora*의 분리빈도가 가장 높게 나타나는데, 이번 비료 결핍구 토양에서는 *A. oligospora*는 전혀 발견되지 않았고 *Monacrosporium* sp.가 우점종인 점이 특이하였다.

**토양미생물상과 토양 요인간 상관분석.** N, P, K 각 비료 처리 토양의 이화학적, 토양 미생물상에 대한 상관분석을 실시하였다(Table 7). 상관분석에서 Organic matter, 작물수량, K, 부식성 선충은 다른 요인과의 상관관계가 낮았고 pH, 인산, 칼슘, 고토, 규소, *Tylenchorhynchus* sp., 곰팡이, 방선균, 세균은 상관관계가 높게 나타났다. pH는 칼슘, 고토, *Tylenchorhynchus* 선충 밀도, 부식선충 밀도, 곰팡이, 세균, 방선균 등 대부분의 요인과 상관관계가 높았는데, 대부분 정의상관관계였고 특이하게 곰팡이 밀도와는 부의상관관계로 나타났다(Table 7). 또 곰팡이 밀도는 이번엔 조사된 여러 요인들에 대해서도 부의 상관관계로 나타났는데, pH가 낮을수록, 인산함량이 낮을수록, 칼슘이온이 적을수록, 고토 함량이 적을수록, *Tylenchorhynchus* 선충 밀도가 낮을수록 곰팡이의 밀도가 높게 나타났다( $r = -0.80^* - 0.97^{***}$ ).

**Table 6.** Nematophagous fungi found from the experimental site continuously applied with N-P-K fertilizer

Treatment	Nematophagous fungi/ Petri dish (%)								
	1/2 CMA			WA			Average		
	M	C	H	M	C	H	M	C	H
NPK	50 a*	25 a	0 a	25 a	50 a	25 ab	37.5	37.5	12.5
N	50 a	0 a	0 a	75 a	0 b	0 b	62.5	0.0	0.0
P	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	50 a	0.0	0.0	25.0
K	0 a	0 a	25 a	25 a	25 ab	50 a	12.5	12.5	37.5
PK	0 a	0 a	0 a	25 a	0 b	0 b	12.5	0.0	0.0
NK	25 a	0 a	0 a	25 a	0 b	0 b	25.0	0.0	0.0
NP	25 a	25 a	0 a	25 a	25 ab	25 ab	25.0	25.0	12.5
NONE	25 a	25 a	0 a	25 a	0 b	0 b	25.0	12.5	0.0
Average	21.9	9.4	3.1	28.1	12.5	18.8	25.0	11.0	11.0
Contrast analysis									
+P vs -P	0.2596	0.3409	0.3409	0.2094	1.0000	0.5995			
+N vs -N	<b>0.0101</b>	0.3409	0.3409	0.2094	1.0000	<u>0.0924</u>			
+P vs -K	0.2596	0.3409	0.3409	0.6867	1.0000	0.5995			

+N; NK, NP, N -N; PK, P, K  
 +P; PK, NP, P -P; NK, N, K  
 +K; PK, NK, K -K; NP, N, P

Experimental sites; In each treatment block, same single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years.

M, *Monacrosporium* sp.; C, *Cystopage* sp.; H, *Harposporium* sp.

\*Means followed by same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 7.** Correlation analysis among factors in the experimental sites continuously applied with N-P-K fertilizer

	Barl.	Soy.	pH	O.M	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Tylencho.	Sapro.	Fungi	Actino.	Bact.
Barl.	1.00												
Soy.	<b>0.77*</b>	1.00											
pH	-0.12	-0.05	1.00										
O.M	-0.04	-0.54	-0.29	1.00									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.02	-0.34	0.66	-0.03	1.00								
K	-0.04	0.39	0.53	<b>-0.83**</b>	0.12	1.00							
Ca	-0.15	-0.25	<b>0.96***</b>	-0.05	<b>0.75*</b>	0.37	1.00						
Mg	-0.18	-0.35	<b>0.90**</b>	0.05	<b>0.82**</b>	0.14	<b>0.95***</b>	1.00					
Tylencho.	-0.13	-0.23	<b>0.96***</b>	-0.12	<b>0.82**</b>	0.37	<b>0.99***</b>	<b>0.97***</b>	1.00				
Sapro.	-0.10	0.20	<b>0.82**</b>	-0.41	0.25	0.43	0.67	0.65	0.66	1.00			
Fungi	-0.06	0.20	<b>-0.85**</b>	-0.12	<b>-0.80*</b>	-0.04	<b>-0.90**</b>	<b>-0.97***</b>	<b>-0.92***</b>	-0.63	1.00		
Actino.	-0.02	-0.12	<b>0.95***</b>	-0.19	<b>0.85**</b>	0.39	<b>0.96***</b>	<b>0.95***</b>	<b>0.99***</b>	0.67	<b>-0.93***</b>	1.00	
Bact.	0.17	0.18	<b>0.92***</b>	-0.32	0.59	0.63	<b>0.89**</b>	<b>0.75*</b>	<b>0.88**</b>	0.67	<b>-0.75*</b>	<b>0.89**</b>	1.00

Experimental sites: In each treatment block, same single or combination of fertilizers were treated once a year in spring time for 29 years. Barl., Barley; Soy., Soybean; O.M, Organic matter; *Tylencho.*, *Tylenchorhynchus* sp.; Sapro., Saprozoic; Actino., Actinomycetes; Bact., Bacteria.

### 요 약

NPK 비료 1종, 2종, 혹은 3종류를 29년 동안 계속하여 결핍되게 처리한 토양에서의 작물 수량(보리, 콩), 토양 이화학성, 미생물상(선충, 선충잡이곰팡이, 세균, 방선균, 곰팡이 밀도)을 조사하고 상호관계에 대하여 분석하였다. 선충 중에서는 *Tylenchorhynchus* sp.가 우점이었고(11~642/300 cm<sup>3</sup> soil) 그 외 *Pratylenchus* sp.와 *Helicotylenchus* sp.가 약간 발견되었으며 선충잡이곰팡이 중에서는 포식성 곰팡이 종류인 *Monacrosporium* spp.이 우점종이었으며, 그 외 *Harposporium* sp.와 *Cystopage* sp. 종류가 발견되었다. 토양 이화학성 중에서 pH와 인산함량이 토양 미생물에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며 이 두 요인은 상호 정상관 관계였다. 인산이 첨가된 토양(P, NP, PK, NPK)은 인산을 첨가하지 않은 토양(N, NK, K)에 비하여 작물 수량이 많았고, 선충, 세균, 방선균의 밀도도 높았다. 반면 곰팡이의 밀도는 인산이 첨가된 토양(P, NP, PK, NPK)에서는 낮았고 인산을 첨가하지 않은 토양(N, NK, K)에는 높았다. pH는 칼슘, 고토, *Tylenchorhynchus* 선충 밀도, 부식선충 밀도, 곰팡이, 세균, 방선균 등 대부분의 요인과 상관관계가 높았는데, 대부분 정의상관관계였고 특이하게 곰팡이 밀도와는 부의상관관계로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(505031-03-1-HD120)

의 지원에 의하여 수행되었습니다.

### 참고문헌

Barron, G. L. 1977. *The Nematode-trapping Fungi*. Canadian Biological Publications, Guelph, Ontario, Canada. 140 pp.

Cappuccino, J. G. and Sherman, N. 1996. *Microbiology. A Laboratory Manual*. Benjamin/Cummings Publ. Co. New York. 477 pp.

Cooke, R. C. and Godfrey, B. E. S. 1964. A key to the nematode-destroying fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 47: 61-74.

Cooke, R. C. and Satchuthananthavale, V. 1966. Some nematode-trapping species of *Dactylaria*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48: 27-32.

Kim, C. B., Park, N. K., Park, S. D. and Choi, D. U. 1993. Changes in Barley yield and soil physico-chemical properties affected by long-term fertilization to the upland soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 26: 20-24.

Kim, D. G., Kim, J. S., Choi, Y. H., Choi, S. K. and Yoon, J. T. 2002. Ecology of nematophagous fungi: Effects of biotic and abiotic soil factors. *Res. Plant Dis.* 8: 26-33.

Kim, J. G., Lee, S. B. and Kim, S. J. 2001. The effect of long-term application of different organic material sources on soil physical property and microflora of upland soil. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 34: 365-372.

Smart, J. B., Dilwarth, M. J. and Robson, A. D. 1984. Effect of phosphorus supply on phosphate uptake and alkaline phosphatase activity in rhizobia. *Arch. Microbiol.* 140: 281-286.

Southey, J. F. 1986. *Laboratory Methods for Work with Plant and*

- Soil Nematodes*. Her Majesty's Stationery Office. London. 202 pp.
- Stukus, P. E. 1997. *Investigating Microbiology: A laboratory for general microbiology*. Saunder Coll. Pub. Orlando, Fl. 509 pp.
- Yoo, I. D., Yun, S. Y., Lee, M. G., Ryu, J. C. and Huh, B. L. 1984. Studies on microflora of the paddy and upland soils of Korea. II. Distribution of microflora of the upland soils. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 17: 406-413.