

## Chemical Properties of Paddy Soils and Factors Affecting Their Change in Jeonnam Province

Sun-Kook Kim\*, Hyeon-Ji Kim, Byeong-Ho Kim, Hee-Kwon Kim, Hyun-Woo Kim, and Seong-Soo Kang<sup>1</sup>

*Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Najusi 58228, Korea*

<sup>1</sup>*Division of Soil and Fertilizer Management, RDA-NAAS, Wanju 55365, Korea*

(Received: October 12 2015, Revised: October 20 2015, Accepted: October 20 2015)

The long-term changes in the soil properties are closely related to the policy direction and the national program for the soil management. In this study, chemical properties of paddy soils in Jeonnam province were investigated at four-year interval since 1999 and the factors affecting change of chemical properties were analyzed in relation to the soil management policies. Chemical fertilizers supplied to Jeonnam province reduced by 57% in 2013 as compared with 1999, and the ratio of Jeonnam province to the national fertilizer supply gradually decreased to 14.1% in 2013 from 17.6% in 1999 due to national policies to reduce use of chemical fertilizers in the 2000s. In the chemical analysis of paddy soils in Jeonnam province, pH value tended to increase gradually within the optimal range. Available phosphate and exchangeable potassium content were always higher than the optimal range and showed no significant difference since 1999. Organic matter, exchangeable calcium and available silicate content were found to be lower than average content in the whole country as well optimal range for rice cultivation in 1999, but were higher than average content in the whole country and optimal range in 2011 because of faster rate of increase in Jeonnam province than the other region since the mid-2000s. The cause of increase in organic matter, exchangeable calcium and available silicate contents is considered to be the increased use of green manure crops and by-products fertilizer as an alternatives for conventional application of chemical fertilizers and soil amendment such as silicate fertilizer for agronomic control of the disease and insect pest in rice cultivation of environmentally-friendly agriculture.

**Key words:** Paddy soil, Soil chemical property, Optimal range, Organic matter

### Chemical properties of paddy soils in Jeonnam province.

Year	pH	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			CEC	Avail. SiO <sub>2</sub>
				K	Ca	Mg		
	(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>
1999	5.7 c <sup>‡</sup>	18.9 d	132	0.33	3.35 c	1.33	-	61 d
2003	5.7 c	19.5 d	159	0.33	4.41 b	1.23	10.3	139 c
2007	5.8 b	28.1 c	156	0.33	4.07 b	1.34	10.2	165 b
2011	5.9 b	30.7 b	126	0.40	5.46 a	1.38	9.3	154 bc
2015	6.0 a	33.0 a	159	0.32	5.44 a	1.35	11.3	206 a
Significance <sup>†</sup>	***	***	ns	ns	***	ns	ns	**
Optimal range <sup>§</sup>	5.5~6.5	25~35	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	10~15	157~180

<sup>†</sup>ns, \*, \*\*, \*\*\* nonsignificant or significant at P ≤ 0.05, 0.01, 0.001 respectively.

<sup>‡</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

<sup>§</sup>Optimal range of chemical properties on rice (NAAS, 2010a).

\*Corresponding author : Phone: +823302504, Fax: +8223364036, E-mail: ksk6572@korea.kr

<sup>§</sup>Acknowledgement : This study was carried out with the support of 'Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ009198212015)' Rural Development Administration, Republic of Korea.

## Introduction

우리나라의 논은 2013년 964천 ha로 전 경지면적의 약 56%를 차지하고 있어 (MAFRA, 2015), 식량의 자급자족 및 식량안보 유지를 위한 가장 중요한 요건일 뿐 아니라, 홍수 조절과 환경정화 기능, 지하수 오염경감 등 여러 가지 부가 가치와 공익기능적 기능이 높은 것으로 보고되어 왔다 (Eom et al., 1993; Kim et al., 2006). 따라서 이러한 논토양 관리기술 개발과 관련 정책수립을 위하여 1999년부터 4년마다 전국적인 논토양 환경변동조사를 추진하여 왔으며 (RDA, 2000; RDA, 2012) 이러한 조사결과 경남 및 전북 등 지역별 논토양의 특성 변화가 보고되었고 (Ahn et al., 2012; Lee et al., 2011), 특히 Kang et al. (2012)은 토양개량제 지원 등 정부의 논토양 비옥도 유지 정책과 2003년부터 시행된 푸른들 가꾸기 사업 등에 의하여 전국 논토양의 유기물, 유효규산 및 치환성칼슘 등의 함량이 높아지는 경향을 나타냈다고 보고하였다.

이러한 토양관리 정책의 일환으로 2000년대 중반부터 정부 차원에서 추진된 친환경농업육성과 화학비료절감 정책에 의하여 화학비료의 농가지원이 중단되고 부산물비료인 유기질비료와 부숙유기질비료의 지원이 확대되면서 부산물비료의 공급량이 2001년 133만 톤에서 2013년 380만 톤으로 증가하였으며, 특히 부산물비료에서 유기질비료가 15%, 퇴비 등의 부숙유기질비료가 85%의 수준으로, 상대적으로 많은 양의 부숙유기질비료가 농업현장에 공급되어 사용되었다 (KREI, 2014). 또한, 친환경농업의 토양관리 일환으로 추진된 녹비재배 등의 푸른들 가꾸기와 논토양에 대한 사료작물의 재배면적이 2000년 72.9천 ha에서 2013년 258.7천 ha로 크게 증가하였다 (MAFRA, 2015).

이러한 토양관리 정책은 논 경지면적이 192천 ha로 전국 논 면적의 약 20%를 차지하고 (JeollaNamdo, 2014), 어느 지역보다 친환경농업의 비중이 높아 부산물비료의 사용 비중과 녹비재배면적이 높은 전남 논토양의 특성변화에 뚜렷한 영향을 주었을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 향후 논토양 양분관리의 기술적 접근과 정책 추진을 위하여 1999년부터 2015년까지 4년 주기로 추진된 전남지역의 논토양의 화학성 변화와 토양관리 및 지원정책에 따른 그 변동요인을 분석하고자 하였다.

## Materials and Methods

전남 지역 논토양의 화학성을 조사하기 위하여 4년 주기로 1999년, 2003년, 2007년, 2011년 및 2015년에 각각 지형별 분포면적 비율을 고려하여 280지점을 선정하여 벼 이앙 전인 3월부터 5월 사이에 직경 5 cm auger를 이용하여 표토 0~15 cm 깊이로 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 그늘에

서 풍건하여 쇠토한 후에 2 mm 체를 통과시킨 다음 토양분석에 이용하였다. 토양의 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (NAAS, 2010b)에 따라 실시하였다. pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5 (w/w)로 혼합하여 진탕한 후 pH meter (Orion 3 star, Thermo Scientific, USA)로 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법으로 정량하였고, 유효인산과 유효규산은 각각 Lancaster법과 1.0N NaOAc (pH 4.0)를 이용하여 발색시킨 후에 UV/Vis Spectrophotometer (Agilent 8453, Agilent Technologies, USA)로 측정하였다. 치환성양이온은 1.0 N NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0)법으로 추출하여 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (Optima 7300DV, Perkin Elmer, USA)로 측정하였다. 토양화학성 분석 후에 농촌진흥청 작물별 시비처방기준 (NAAS, 2010a)의 비 재배 화학성 적정범위를 기준으로 부족, 적정, 과다비율을 구하여 연차별 토양 화학적 성분변화를 검토하였으며, 토양화학성 분석결과에 대한 연차간 차이의 통계적 유의성을 분석하기 위하여 R Project (v. 3.1.0)과 R package 'agricolae'를 이용하여 ANOVA 분석과 Duncan's Multiple Range Test를 실시하였다. 또한, 연차별 토양화학성 변동요인을 고찰하고자 각 관련 기관에서 공식 발표한 농림축산식품주요통계 (MAFRA, 2015), 전남통계연보 (JeollaNamdo, 2007; JeollaNamdo, 2014), 친환경인증현황 (NAQS, 2015) 및 부산물비료산업의 동향과 발전 방안 (KREI, 2014) 등의 조사 및 통계 자료를 인용하였다.

## Results and Discussion

### 토양관련 농업정책 (화학비료절감 및 친환경농업확대)

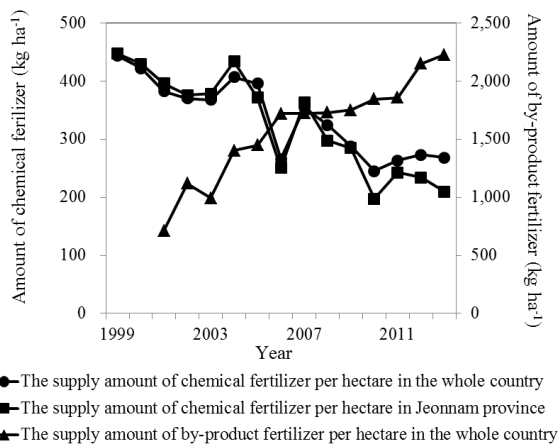
토양 이화학적 특성은 자체의 토성뿐만 아니라, 토양관리 방법과 강우와 기상 등의 외부적 환경과 밀접한 관련이 있다. 토양관리 방법으로는 유기물 사용, 시비방법 및 종류 등이 토양의 특성에 영향을 준다 (Kang et al., 2011; Kim et al., 2000; Uhm et al., 2012). 따라서 2000년대에 들어와 이러한 토양 이화학 특성변화에 영향을 준 농업정책 중의 하나는 정부의 화학비료 지원 중단 및 부산물비료 지원 강화 정책과 친환경육성정책이라 할 수 있다. 정부의 화학비료 절감정책에 따른 화학비료 및 부산물 비료의 공급변화 특성은 JeollaNamdo (2007), JeollaNamdo (2014), KREI (2014) 및 MAFRA (2015)의 조사통계 자료를 인용한 Table 1과 Fig. 1과 같다. 해당 자료에 의하면, 정부의 화학비료 절감정책에 따라 국내 화학비료 공급량은 2005년 이후 뚜렷한 감소 추세를 보이고 있으며, 그 공급량이 2013년에는 459천 ton으로 2001년과 비교하여 약 36%가 감소하였다 (MAFRA, 2015). 반면 부산물비료의 경우 화학비료와는 반대로 그 공급량이 꾸준히 늘어 2013년에는 3,808천 ton으로 2001년 대비 약 185%가 증가하였다 (KREI, 2012). 특히 2005년부터

**Table 1. Supply status of chemical fertilizer and by-product fertilizer in the whole country and Jeonnam province.**

Year	Chemical fertilizer			By-product fertilizer <sup>†</sup> in the whole country
	The whole country (A)	Jeonnam province (B)	B/A	
	----- thousand tons -----		%	thousand tons
1999	847	148.8	17.6	-
2001	717	126.6	17.7	1,334
2003	678	123.2	18.2	1,830
2005	722	119.8	16.6	2,641
2007	631	113.8	18.0	3,068
2009	500	88.2	17.6	3,042
2011	447	73.7	16.5	3,153
2013	459	64.5	14.1	3,808

Source: MAFRA (2015), JeollaNamdo (2007), JeollaNamdo (2014) and KREI (2014)

<sup>†</sup>Including organic fertilizers, livestock manure compost and organic by-product fertilizer.



**Fig. 1. The supply amount of chemical fertilizer and by-product fertilizer per hectare in the whole country and Jeonnam province.**

전국 화학비료 사용량에 대한 전남의 비중이 점차 줄어드는 경향을 보였으며 (Table 1), Fig. 1에서와 같이 2000년대 중반 이후부터 단위면적당 화학비료의 사용량도 전국 사용량에 비하여 점차 낮아지는 특성을 보였다. 이러한 현상은 전남지역의 경우 자체적으로 추진된 친환경농업육성정책에 따라 유기자원의 활용을 원칙으로 하는 친환경재배면적이 크게 증가하면서 부산물비료에 대한 수요는 증가하는 반면 화학비료에 대한 수요는 상대적으로 감소된 것이 원인인 것으로 판단된다.

비료관리법에 의한 부산물비료는 유박 등을 주 원료로 하는 유기질비료와 가축분 등을 주 원료로 하는 부숙유기질비료로 구분된다. 일반 화학비료와 가장 큰 차이는 부산물비료 종류별로 유기물의 함량을 일정 이상으로 규정하고 있으며, 대표적인 유기질비료의 한 종류인 혼합유박의 경우 유기물 함량을 70% 이상, 부숙유기질비료의 가축분퇴비는 30% 이상으로 규정하고 있다. 따라서 유기질비료와 퇴비

등의 부숙유기질비료 사용량의 지속적인 증가 (Table 1)는 토양의 유기물 함량 등에 영향을 주었을 것으로 판단되며, 특히 유기자원을 주로 사용하는 친환경재배의 면적이 전국의 50% 수준 (JeollaNamdo, 2007; JeollaNamdo, 2014)인 전남의 토양특성 변화에 중요한 요인이 되었을 것으로 사료된다.

MAFRA (2015)와 NAQS (2015)의 자료에 의하면 국내 친환경재배는 2005년을 기점으로 급속히 확대되어 2007년 친환경인증면적은 약 123천 ha에 이르렀으며, 녹비재배를 포함한 사료작물의 재배면적도 지속적인 증가 추세를 보여 2009년에는 약 201천 ha의 수준을 보였다 (Table 2). 전남의 친환경재배면적은 2007년에 65.5천 ha로 전국 인증면적의 약 53%에 달하게 되었으며, 그 이후에도 지속적으로 국내 친환경재배의 약 50% 정도가 전남지역에서 추진되고 있는 실정이다 (JeollaNamdo, 2007; JeollaNamdo, 2014). 특히 전남의 친환경재배는 벼를 중심으로 크게 확대되면서 논 토양 양분관리를 위한 유기질비료와 녹비의 이용이 증가하였다. 본 연구의 참고문헌으로 인용되지는 않았지만, 2008년 전남도청 자체 자료에 의하면, 전남 논외의 친환경재배면적은 약 58천 ha로, 전남 전체 친환경재배면적 (101천 ha)의 약 57%, 전남 논 경지면적 (206천 ha)의 약 28% 수준이었고, 주로 친환경 토양 관리를 위하여 재배되는 녹비의 재배면적은 72천 ha로 전국 녹비재배 면적 (120천 ha)의 60% 수준에 달하는 것으로 보고한 바 있다. 이는 MAFRA (2015)이 발표한 녹비재배를 포함한 전국 사료작물 재배면적의 약 47%에 해당하는 수준이다. 아직까지 전남지역의 논토양을 대상으로 하는 녹비이용의 구체적이 자료는 공식 발표되지는 않았다. 그러나 녹비는 토양에 혼합하는 경우 질소 무기화가 빨라 후작물에 질소를 효율적으로 공급할 수 있다는 장점이 있고 (Huntington et al., 1985; Seo et al., 1998; Wilson and Hargrove, 1986), 녹비 혼입에 의한 유기물 증

**Table 2. Status of cultivation acreage, fodder crop and environmentally-friendly agricultural area in the whole country and Jeonnam province.**

Year	Cultivation acreage		Environmentally-friendly agricultural area			Cultivation area† of fodder crop in the whole country
	The whole country	Jeonnam province	The whole country (A)	Jeonnam province (B)	B/A	
	thousand ha		%			thousand ha
2001	1,876	320	4.6	0.4	9.3	74.6
2003	1,846	326	22.2	2.9	13.3	97.0
2005	1,824	323	49.8	13.7	27.5	97.4
2007	1,782	313	122.9	65.6	53.4	123.4
2009	1,737	310	201.7	104.7	51.9	200.6
2011	1,698	304	172.7	87.8	50.9	221.1
2013	1,711	308	141.7	70.2	49.5	258.7

Source: NAQS (2015) and MAFRA (2015)

†Including area of green manure crops.

**Table 3. Chemical properties of paddy soils in Jeonnam province.**

Year	pH	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			CEC	Avail. SiO <sub>2</sub>
				K	Ca	Mg		
	(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>
1999	5.7 c <sup>‡</sup>	18.9 d	132	0.33	3.35 c	1.33	-	61 d
2003	5.7 c	19.5 d	159	0.33	4.41 b	1.23	10.3	139 c
2007	5.8 b	28.1 c	156	0.33	4.07 b	1.34	10.2	165 b
2011	5.9 b	30.7 b	126	0.40	5.46 a	1.38	9.3	154 bc
2015	6.0 a	33.0 a	159	0.32	5.44 a	1.35	11.3	206 a
Significance <sup>†</sup>	***	***	ns	ns	***	ns	ns	***
Optimal range <sup>§</sup>	5.5~6.5	25~35	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	10~15	157~180

†ns, \*, \*\*, \*\*\* nonsignificant or significant at P ≤ 0.05, 0.01, 0.001 respectively.

‡Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

§Optimal range of chemical properties on rice (NAAS, 2010a).

대 효과 (Jeon et al., 2009)와 토양의 생물상 개선 효과 (Choi et al., 2010) 등이 있어, 전남지역 논토양에서는 겨울 철에 헤어리베치 등의 두과 녹비가 다른 지역에 비하여 상대적으로 많은 면적으로 재배되고 있으며, 현재까지의 보고된 친환경재배 및 녹비·사료재배 현황과 다른 작목에 비하여 녹비 이용이 용이한 논토양의 특성을 볼 때 이러한 친환경농업육성 정책과 녹비 및 사료재배 면적의 증대는 전남지역 논토양의 특성 변화에 한 요인이 되었을 것으로 판단된다.

**연차별 논토양 화학성 변화** 1999년부터 2015년까지 4년 1주기로 조사한 논토양 화학성의 변화는 Table 3과 같다. 논토양 pH는 1999년 5.7 에서 점차 증가하여 2015년에는 6.0으로 NAAS (2010a) 에 의한 우리나라 논토양 pH의 권장범위 이내에 적합한 수준을 보였다. 유기물 함량은

1999년 최초 조사에서는 18.9 g kg<sup>-1</sup>으로 권장기준에 미치지 못하였으나 연차별 뚜렷한 증가 특성을 나타내어 2007년 이후 적정 수준의 함량 특성을 보였다. 이러한 토양 유기물의 증가 특성은 화학비료를 대체하는 부산물비료의 사용 증가와 논토양의 녹비재배 확대에 따른 유기물 공급의 증가로 설명할 수 있을 것이다. 토양 유기물은 작물의 성장을 촉진하고 염류피해를 감소시키며 (Chang et al., 2007), 토양의 미생물을 활성화 시키는 등 (Vineela, 2008), 토양지력 유지 및 친환경 토양관리에 필수적인 요소로 친환경농업의 비중이 높은 전남에서 토양유기물의 증가는 매우 중요한 토양개선 요소로 평가할 수 있을 것이다. 유효인산과 치환성칼륨의 함량은 1999년 최초 조사시기부터 권장기준보다 높은 특성을 보였으며 연차 간에 증감의 차이를 보이지 않았다. 치환성마그네슘은 모든 조사시기에 적정 범위 이하의 낮은 함량 특성을 보였으며, 치환성칼슘은 연차별 증가 추세로

2011년과 2015년 조사에서 각각 5.46, 5.44  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  로 평균 함량이 적정범위 이내인 것으로 조사되었다. 유효규산 함량도 1999년 이후 조사시기에 따라서 전반적으로 증가하는 경향을 보여, 2007년 이후에는 NAAS (2010a)에 의한 적정기준에 준하는 특성을 보였다.

이러한 전남지역의 논토양을 Kang et al. (2012)에 의해 보고된 전국 논토양의 특성과 비교하여 볼 때, 치환성칼륨과 치환성마그네슘의 함량과 변동추이는 유사한 경향이었으며, 유효인산은 전반적으로 전남지역 논토양에서 높은 함량 특성을 보였다. 특히 전남지역 논토양의 유기물, 치환성칼륨 및 유효규산 함량은 1990년 최초 조사시기에는 각각 18.9  $\text{g kg}^{-1}$ , 3.35  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  및 61  $\text{mg kg}^{-1}$  으로 전국 평균 함량보다 낮은 특성을 보였으나, 2000년대 중반 이후 각 성분의 상승 폭이 전국의 경향치보다 크게 나타나, 2011년에는 각각 33.0  $\text{g kg}^{-1}$ , 5.44  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  및 206  $\text{mg kg}^{-1}$ 으로 전국 평균 함량보다 더 높은 특성을 보였다. 논토양의 치환성칼륨과 유효규산의 함량증가는 가용성규산과 알카리분을 함유하고 있는 규산질비료를 토양개량제로 지속적으로 공급한 결과라 판단되며, 특히 규산은 작물의 생육을 튼튼히 하고 병해충 경감 등의 효과가 있어 (Kim and Choi, 2002; Lee et al., 2005; Ryu et al., 2003) 친환경 벼 재배시 병해충 방제를 위한 경종적 방법으로 하나로 중요시된 것도 그 증가의 원인이라 사료된다.

**연차별 논토양 화학성 과부족 비율 분포** 우리나라 토양화학성의 권장 관리기준으로 제시되고 있는 NAAS (2010a)의 논토양 적정범위를 기본으로 연차별로 주요 토양성분의 과부족과 적정 함량의 비율을 비교한 결과는 Fig. 2, 3과 같다. 토양 pH의 경우, 1999년과 2003년에는 적정 범위 이하의 논이 각각 39.6%와 48.9%로 상대적으로 높은 비율을 차지하였으나 2007년 이후에는 적정 범위 이하가 뚜렷한 감소 추세를 보였으며, 2015년에는 권장범위에 준하는 논토양이 67.6%로 전반적으로 양호한 토양 pH 특성을 보였다. 유기물의 경우도 연차별 뚜렷한 증가 추세를 나타냈다. 1999년과 2003년에는 적정범위 이하의 논이 각각 81.8%, 94.5%로 전반적으로 유기물 함량이 매우 낮은 결과를 보였으나 2007년 조사 이후부터 뚜렷한 증가 추세를 보여 최근 2015년 조사에서는 44.4%가 권장범위에 있는 것으로 조사되었다. 전남 논토양의 유효인산 함량은 전반적으로 권장범위보다 높은 특성을 보였는데 (Table 3), 그 분포 특성을 보면 권장범위 이내의 토양이 20% 미만이며, 특히 유효인산의 권장범위 이상의 분포가 이하의 분포보다 넓게 분포되어 있어 상대적으로 과다 투입된 논토양이 많은 것으로 판단된다. 치환성칼륨의 연차별 평균 함량은 적정 범위에 있는 것으로 조사되었으나 그 분포 특성을 보면 토양에 따른 과부족의 비율이 매우 높은 것으로 분석되었다. 치환성칼륨과

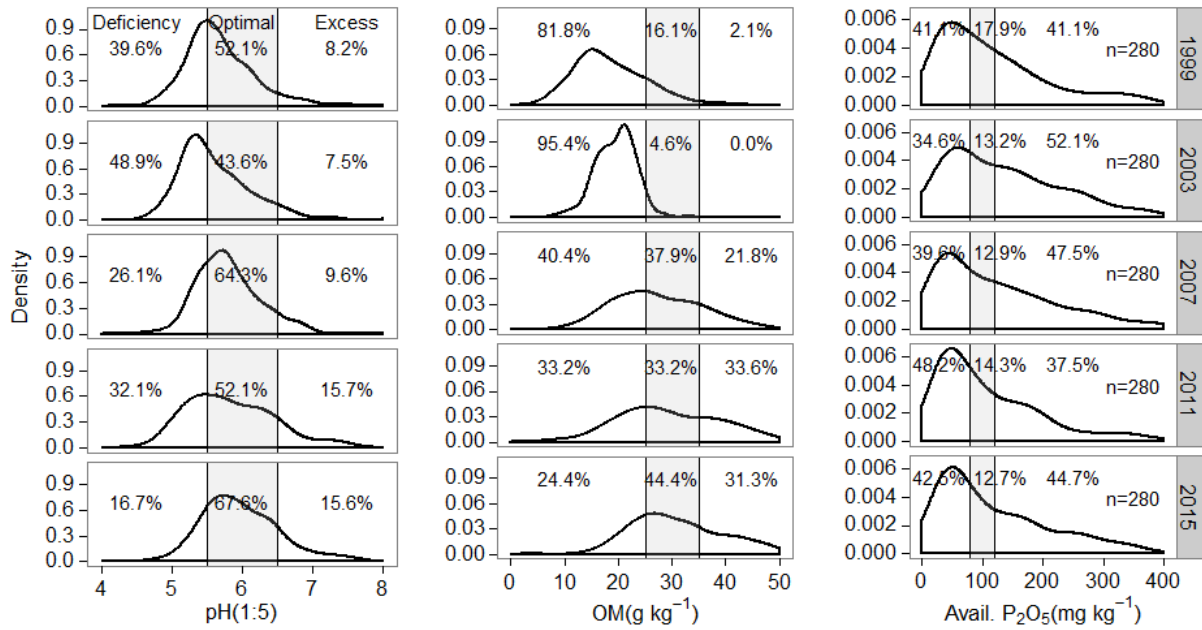
유효규산은 1999년에 권장범위 이하가 각각 88.2%, 96.4% 수준이었으나 연차별로 뚜렷한 증가 추세를 보여 2011년 조사에서는 각각 51.1%, 62.5%로 토양이 크게 개선되는 경향을 보였다. 그러나 2015년 치환성칼륨과 유효규산 적정범위 비율은 각각 19.6%, 6.9%에 불과하여 아직도 과부족 비율이 높은 특성을 보이고 있는 것으로 조사되었다.

## Conclusion

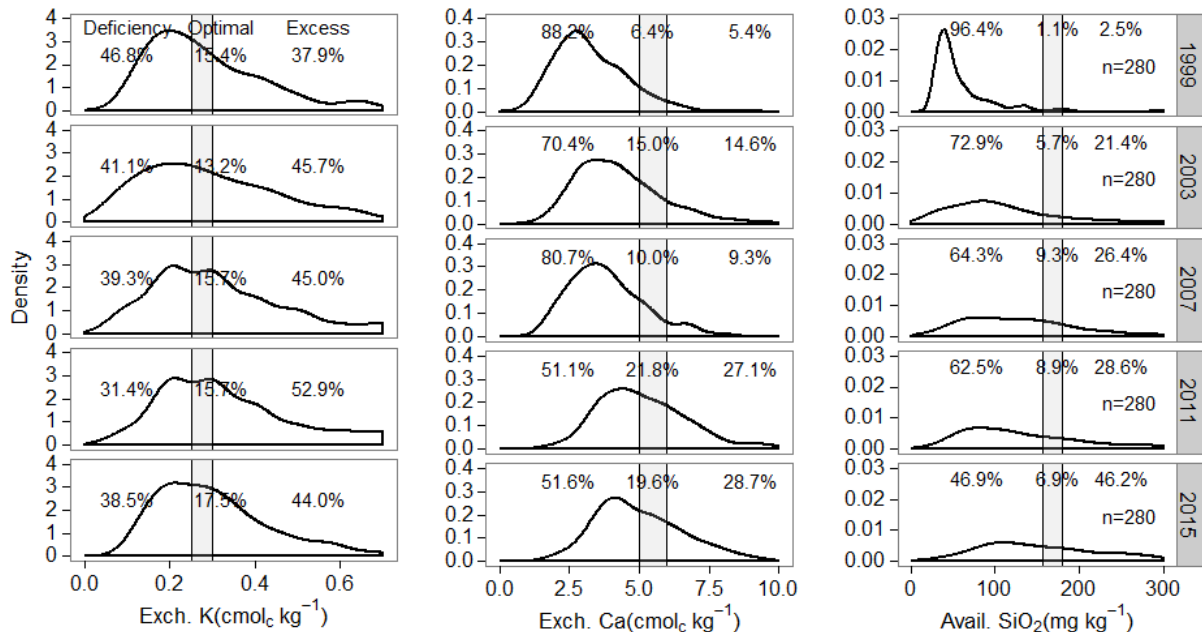
본 연구에서는 전남지역 논토양 280지점에 대하여 1999년부터 2015년까지 4년 주기로 조사된 토양화학성 변화특성을 고찰하고, 그 변동요인을 토양관리 정책과 관련하여 분석하고자 하였다.

2000년대부터 추진된 정부 차원의 화학비료절감 및 친환경경농확대 정책에 따라, 전국 화학비료 공급량은 1999년에 비교하여 2013년에는 46% 감소하였으며, 반면 부산물비료의 사용량과 녹비작물을 포함한 사료작물의 재배면적은 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 전남의 화학비료 공급량은 1999년과 비교하여 2013년에는 57% 감소하여 전국 감소율보다 높은 것으로 분석되었으며, 전국 화학비료 공급량에 대한 전남의 비중은 1999년 17.6%에서 2013년에는 14.1%로 점차 낮아지는 것으로 조사되었다. 이러한 원인은 유기자원의 활용을 원칙으로 하는 전남의 친환경농업의 면적이 2007년부터 2013년까지 전국 친환경인증 면적의 약 50~58%, 전남 총 경지면적의 약 21~34%까지 확대된 것에 기인한 것으로 판단된다. 특히 전남의 친환경재배에서 벼 재배의 비중이 높아, 화학비료의 감축과 더불어 친환경재배를 위한 유기질비료 등의 부산물비료의 이용 및 논토양을 중심으로 실시된 녹비작물재배 등의 친환경 토양관리 방법은 전남지역 논토양의 이화학적 특성 변동에 주요한 요인이 된 것으로 사료된다.

전남지역 논토양의 화학성 분석 결과, pH는 권장범위 내에서 점차 증가하는 경향을 보였다. 유효인산과 치환성칼륨의 함량은 1999년 1차 조사시기부터 권장기준보다 높은 특성을 보였으며 연차적 증감의 차이를 보이지 않았다. 특히 전남지역 논토양의 유기물, 치환성칼륨 및 유효규산의 평균함량은 1999년 최초 조사기에 벼 재배 권장범위 수준뿐만 아니라 전국 평균함량보다 낮은 특성을 보였으나, 2000년대 중반부터 각 성분의 증가 폭이 크게 나타나 2011년에는 각 성분이 권장범위까지 증가하였고 전국 평균 보다 더 높은 특성을 보였다. 이러한 전남지역 논토양 유기물의 증가 특성은 친환경농업의 확산에 따라 화학비료를 대체하는 부산물비료의 사용 증가 및 동계 녹비재배를 이용한 친환경재배 토양관리 확대에서 그 원인을 찾을 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 치환성칼륨 및 유효규산의 증가는 벼 친환경재배의 병해충 예방을 위한 경종적 방제의 방법으로 규산질



**Fig. 2.** Distribution of paddy soils by excess, deficient and optimal range of pH, organic matter and available phosphate by year in Jeonnam province.



**Fig. 3.** Distribution of paddy soils by excess, deficient and optimal range of exchangeable cations and available silicate by year in Jeonnam province.

비료 등의 토양개량제 시비에 중점을 둔 결과라 사료되나, 명확한 규명을 위해서는 더 많은 조사가 필요할 것으로 판단된다. 결과적으로 화학비료 절감 및 친환경농업 확대 정책에 따라 전남지역 논토양의 화학적 특성은 유효인산과 치환성 마그네슘을 제외한 대부분 항목에서 권장범위 수준으로 개선되었다. 그러나 세부적인 분포특성을 보면, pH 값과 유기물 함량을 제외한 대부분의 성분들에서 아직도 과부족의 비율이 높은 것으로 조사되어 향후 토양특성 및 토양검정을 통한 정밀한 토양관리가 계속적으로 요구되며, 특히

친환경농업의 토양양분 관리를 위하여 부산물비료의 사용이 증가하고 있어 이에 따른 환경적 문제에 사전 대처를 위해서는 지속적인 토양 모니터링 사업이 필요할 것으로 사료된다.

### References

Ahn, B.K., J.H. Lee, K.C. Kim, H.G. Kim, S.S. Jeong, H.W. Jeon, and Y.S. Zhang. 2012. Changes in chemical

- properties of paddy field soils as influenced by regional topography in Jeonbuk Province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(3):393-398.
- Chang, E.H., R.S. Chung, and Y.H. Tsai. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53(2):132-140.
- Choi, B.S., J.A. Jung, M.K. Oh, S.H. Jeon, H.G. Goh, Y.S. Ok, and J.K. Sung. 2010. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):650-658.
- Eom, K.C., S.H. Yun, S.W. Hwang, S.G. Yun, and D.S. Kim. 1993. Public benefit from paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26(4):314-333.
- Huntington, T.G., J.H. Grove, and W.W. Frye. 1985. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16(2):193-211.
- JeollaNamdo. 2007. Statistical yearbook of Jeonnam. Governor of Jeonnam Province.
- JeollaNamdo. 2014. Statistical yearbook of Jeonnam. Governor of Jeonnam Province.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M. Kim, and H.S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*)-rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean J. Crop Sci.* 54(3):327-331.
- Kang, B.G., S.Y. Lee, S.C. Lim, Y.S. Kim, S.D. Hong, K.Y. Chung, and D.Y. Chung. 2011. Establishment of application level for the proper use of organic materials as the carbonaceous amendments in the greenhouse soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(2):248-255.
- Kang, S.S., A.S. Roh, S.C. Choi, Y.S. Kim, H.J. Kim, M.T. Choi, B.K. Ahn, H.W. Kim, H.K. Kim, J.H. Park, Y.H. Lee, S.H. Yang, J.S. Ryu, Y.S. Jang, M.S. Kim, Y.K. Sonn, C.H. Lee, S.G. Ha, D.B. Lee, and Y.H. Kim. 2012. Status and changes in chemical properties of paddy soil in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6):968-972.
- Kim, C.B., and J. Choi. 2002. Changes in rice yield, nutrients use efficiency and soil chemical properties as affected by annual application of slag silicate fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(5):280-289.
- Kim, J.G., K.B. Lee, J.D. Kim, S.S. Han, and S.J. Kim. 2000. Change of nutrition loss of long-term application with different organic material sources in upland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33(6):432-445.
- Kim, T.C., U.S. Gim, J.S. Kim, and D.S. Kim. 2006. The multi-functionality of paddy farming in Korea. *Paddy Water Environ.* 4(4):169-179.
- KREI. 2012. Development plan and trends of mineral fertilizer industry. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.
- KREI. 2014. Development plan and trends of by-product fertilizer industry. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.
- Lee, C.H., M.S. Yang, K.W. Chang, Y.B. Lee, K.E. Chung, and P.J. Kim. 2005. Reducing nitrogen fertilization level of rice (*Oryza sativa* L.) by silicate application in Korean paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 38:194-201.
- Lee, Y.H., B.K. Ahn, S.T. Lee, M.A. Shin, E.S. Kim, W.D. Song, and Y.K. Sonn. 2011. Impacts of soil texture on microbial community from paddy soils in Gyeongnam Province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):1176-1180.
- MAFRA. 2015. Agriculture, food and rural statistical yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejon, Korea.
- NAAS. 2010a. Fertilization standard of crops. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- NAAS. 2010b. Method of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- NAQS. 2015. Environmentally friendly agricultural products statistic DB. [http://www.enviagro.go.kr/portal/info/Info\\_statistic\\_cond.do](http://www.enviagro.go.kr/portal/info/Info_statistic_cond.do).
- RDA. 2000. 1999 Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2012. 2011 Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Ryu, N.H., M.Y. Choi, Y.J. Ryu, H.J. Cho, Y.S. Lee, Y.D. Lee, and J.B. Chung. 2003. Suppression of powdery mildew development in oriental melon by silicate fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 22(4):255-260.
- Seo, J.H., H.J. Lee, S.J. Kim, and I.B. Hur. 1998. Nitrogen release from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) residue in relation to different tillages and plant growth stage. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31(2):137-142.
- Uhm, M.J., J.J. Noh, H.G. Chon, S.W. Kwon, and Y.J. Song. 2012. Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse. *Korean J. Environ. Agric.* 31(1):1-8.
- Vineela, C. 2008. Microbial properties of soils as affected by cropping and nutrient management practices in several long-term manurial experiments in the semi-arid tropics of India. *Appl. Soil Ecol.* 40(1):165-173.
- Wilson, D., and W. Hargrove. 1986. Release of nitrogen from crimson clover residue under two tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(5):1251-1254.