ISSN 0367-6315 (Print) / ISSN 2288-2162 (Online)
Korean J. Soil Sci. Fert. 48(6), 588-592 (2015)
http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2015.48.6.588

Article

Changes of Chemical Properties in Upland Soils in Korea

Myung-Suk Kong, Seong-Soo Kang, Mi-Jin Chae, Ha-il Jung, Yeon-Gyu Sonn, Deog-Bae Lee, and Yoo-Hak Kim*

Division of Soil and Fertilizer, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

(Received: October 12 2015, Revised: November 2 2015, Accepted: November 3 2015)

Soil testing is one of the major strategies for establishing sustainable agricultural practice as it analyzes nutrient contents of soil and determines the amount of nutrients required for crop growth. Soil testing for the field cultivating regional major crops in Korea has been conducting by National Academy of Agricultural Science (NAAS), provincial agricultural research & extension services and agriculture technology centers since 2000. 1,006,227 soil samples were analyzed and uploaded on Korean soil information system (http://soil.rda.go.kr) from 2003 to 2013. Soil pH has changed from 6.1 to 6.2. Organic matter (OM), available (Avail.) phosphate and exchangeable (Exch.) K have decreased from 24 to 23 g kg^{-1}, 541 to 399 mg kg^{-1} and 0.90 to 0.72 $cmol_c$ kg^{-1} between 2003 and 2013, respectively. Especially, Exch. Ca contents decreased to 5.7 $cmol_c$ kg^{-1} in 2009 and increased to 6.2 $cmol_c$ kg^{-1} in 2013. Ratios of optimal ranges for cropping were 48% for pH, 22% for OM, 26% for Avail. phosphate, and 23, 16, 22% for Exch. K, Ca and Mg in 2013. Ratios of optimal ranges for pH increased and low ranges for OM, Avail. phosphate and Exch. K increased. Frequency distribution was 64% for pH 5.5~7.0, 65% for OM 10~30 g kg^{-1}, 48% for Avail. phosphate under 300 mg kg^{-1} and 23, 29, 22% for Exch. K 0.2~0.6, Ca 4.0~6.0 and Mg 1.0~1.5 $cmol_c$ kg^{-1}.

Key words: Soil testing, Soil chemical properties, Upland soils

Changes of chemical properties in upland soils in Korea.

Year	pH	O.M.	Avail. P_2O_5	Exch. cation		
				K	Ca	Mg
	(1:5)	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	----------	$cmol_c$ kg^{-1}	----------
2003	6.1d	24a	541a	0.90a	6.2a	1.9b
2005	6.2b	22e	505b	0.80b	6.1b	2.0a
2007	6.0f	24b	494c	0.72d	5.8d	1.9b
2009	6.1e	23d	448d	0.76c	5.7e	1.8d
2011	6.1c	23c	431e	0.72d	5.8c	1.7d
2013	6.2a	23d	399f	0.72d	6.2a	1.9c
Optimum range	6.0-7.0	25~35	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0

†Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range tests.

*Corresponding author: Phone: +8263238-2437, Fax: +82632383822, E-mail: kim.yoohak@korea.kr

§Acknowledgement: This work was carried out with the support of "Soil testing for major crops in local provinces : The 4th Project (Project No. PJ009197)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

토양검정은 작물을 재배하기 전에 토양의 화학성분을 분석해 작물이 한 작기 동안 필요로 하는 양분의 양을 보충해 줌으로써 작물의 안정생산을 위한 과학적인 비료사용방법이다. 우리나라에서 토양검정을 통한 농경지 화학성 조사는 1964년부터 1968년 사이 실시된 토양비옥도사업에는 간이토양검정 위주로 실시하였고, 1980년부터 1989년까지 실시된 농토배양 10개년 사업 (RDA, 1989)을 통해 현재의 토양검정 항목으로 이루어지게 되었다. 1990년대에는 4~5년을 주기로 동일지점에서 토양화학성을 분석하여 농경지 토양비옥도 변동 상황을 파악하는 사업으로 발전되었다. 논은 1990년부터 (Jung et. al., 1998) 1,168지점, 밭은 1992년부터 (Jung et. al., 2001) 854지점을 분석하였다. 이후 1998년 친환경농업육성법이 시행되고 동법 제 11조 토양자원 및 농업환경실태조사에 따라 1999년부터는 전국적인 규모의 농업환경변동조사가 시작되었다. 4년 1주기로 농촌진흥청과 각 도 농업기술원이 공동으로 현재까지 수행해오며 (RDA, 2009) 농업 정책적 지원의 기초자료로 활용되고 있다.

시·군농업기술센터에서의 토양검정업무는 1990년 비료사용처방 프로그램을 개발하여 보급하면서 실용화 체계를 갖추기 시작하였다. 2000년부터 지금까지 4차에 걸쳐 농촌진흥청, 도 농업기술원 및 시·군농업기술센터가 참여하는 주요작물 재배지 토양검정사업이 진행되어 우리나라 전국 농경지에 대한 토양화학성 분석, 농업환경정보시스템 (흙토람)을 통한 농가 비료사용처방서 발급 및 토양검정 자료는 DB로 구축되고 있다. 현재 10,212,297점 (흙토람, 2015)의 토양검정 DB가 구축되었으며, 결과를 전 국민이 인터넷, 모바일을 통해 조회하여 이용할 수 있도록 하고 있다. 2003년부터 농촌진흥청이 토양검정 정도관리용 표준물질을 보급하여 시·군농업기술센터에서 활용하면서 토양검정 결과의 신뢰도를 높이고 있으며, 이렇게 구축된 토양검정결과 DB는 전국 농경지의 비옥도 파악과 정책 결정에 매우 중요한 자료이다.

환경오염 문제, 건강한 먹거리 생산을 위한 건전한 토양관리에 대한 중요성이 강조되면서 농경지의 토양화학성을 조사하고 변동을 평가하는 것이 필요하다. 이에 본 연구는 주요작물 재배지 토양검정사업을 통해 전국에 걸쳐 조사되고 업로드 된 자료를 분석하여 우리나라 밭토양의 토양화학성 현황과 변동을 평가 하였다.

Materials and Methods

토양검정 자료 우리나라 주요작물 재배지의 토양화학성을 조사하기 위하여 매년 전국 도 농업기술원 및 시·군 농업기술센터에서 토양검정을 실시하고 결과를 흙토람 DB에 입력하고 있다. 본 연구에서는 2003년부터 2013년까지 제주도를 제외하고 흙토람에 업로드 된 밭토양 토양검정 DB 1,006,227점을 다운로드 하여 분석에 이용하였으며 (Table 1), 토양시료는 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 1988)에 준하여 분석된 결과이다.

자료 평가 작물별시비처방기준 (NAAS, 2010)의 화학성 적정범위를 기준으로 토양 pH는 6.0~7.0, 유기물 25~35 g kg^{-1}, 유효인산 300~550 mg kg^{-1}, 치환성칼륨 0.5~0.8 $cmol_c$ kg^{-1}, 치환성칼슘 5.0~6.0 $cmol_c$ kg^{-1}, 치환성마그네슘 1.5~2.0 $cmol_c$ kg^{-1}으로 밭토양 화학성 적정범위를 설정하였으며, 이를 기준으로 화학성의 부족, 적정, 과다 비율을 평가하였다. 연차별 토양화학성 변화는 전국 주요작물 재배지 토양검정 자료와 농업환경변동조사의 토양화학성 평균자료를 비교하였다.

통계처리 본 연구에서 분석된 데이터는 Statistical Analysis Software (SAS ver. 9.2) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다.

Results and Discussion

우리나라 밭토양 토양화학성분의 평균 및 연차간 변화는 Table 2와 같다. 밭토양 평균 화학성분 함량은 2013년에 pH 6.2, 유기물 23 g kg^{-1}, 유효인산 399 mg kg^{-1}이고, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 0.72, 6.2, 1.9 $cmol_c$ kg^{-1} 이었다. 이를 2013년 밭토양 농업환경변동조사사업 (RDA, 2014)에서 조사된 토양화학성분 평균 함량과 비교하면 pH, 유기물, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘은 비슷한 수준이었고, 유효인산은 농업환경변동조사사업 627 mg kg^{-1}에 비해 228 mg kg^{-1} 낮았다. 밭토양 화학성분 함량의 연차간 변이는 pH는 2003년 6.1에서 2013년 6.2로 0.1 증가하는 정도로 연차간 차이는 거의 없었다. 토양유기물 함량은 2003년 24 g kg^{-1}에서 2013년 23 g kg^{-1}로 감소하였으며, 밭토양 적정 유기물 범위 하한 수준인 25 g kg^{-1} 보다 낮았다. 농업환경변동조사 등 정점조사를 통해 밭토양의 연차간 유효인산과 치

Table 1. Number of sampling sites of upland soils from 2003 to 2013 in Korea.

Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total
No. of sample	10,171	22,932	33,372	47,047	59,703	69,111	245,224	137,777	97,145	151,257	132,488	1,006,227

Table 2. Changes of chemical properties in upland soils in Korea.

Year	pH	O.M.	Avail. P_2O_5	Exch. cation		
				K	Ca	Mg
	(1:5)	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	----------	$cmol_c$ kg^{-1}	----------
2003	6.1d	24a	541a	0.90a	6.2a	1.9b
2005	6.2b	22e	505b	0.80b	6.1b	2.0a
2007	6.0f	24b	494c	0.72d	5.8d	1.9b
2009	6.1e	23d	448d	0.76c	5.7e	1.8d
2011	6.1c	23c	431e	0.72d	5.8c	1.7d
2013	6.2a	23d	399f	0.72d	6.2a	1.9c
Optimum range	6.0-7.0	25~35	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0

†Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range tests.

환성칼륨 함량은 꾸준히 증가하고 있다고 보고되어 왔지만 (Jung et. al. 2001; RDA, 2014) 전국 주요작물 재배지를 대상으로 검정 하였을 경우 밭토양은 2003년 이후 오히려 감소하였으며 적정범위를 유지하였다. 치환성칼슘과 마그네슘 함량은 2003년부터 감소하다가, 2009년 이후 다시 증가하고 있다.

우리나라 밭토양 토양화학성분 함량의 연차간 분포비율은 Fig. 1과 같다. 토양 pH는 5.5 미만의 산성토양이 2003년 23%에서 2013년 18%로 감소하였으며, pH 5.5~7.0은 59%에서 64%로 증가하였고, pH 7.0이상의 알카리성 토양은 18%로 변화 없었다. 토양개량제 공급 사업을 통해 pH 6.5 미만인 밭토양의 경우 pH 교정을 위해 석회질비료를 농가에 공급하고 있으므로, 토양 pH가 증가한 것으로 판단되었다. 토양유기물 함량은 10~30 g kg^{-1}가 가장 분포범위가 많았으며 2003년 65%에서 2009년 68%로 증가하는 추세를 보이다 2013년 65%로 다시 감소하는 경향을 보였다. 10 g kg^{-1}미만의 유기물함량은 2003년 6%에서 2013년 11%로 증가하였으며, 30 g kg^{-1} 이상은 29%에서 24%로 감소하였다. 유효인산함량은 300 mg kg^{-1}미만은 2003년 33%에서 2013년 30%로 감소하였으며, 300~600 mg kg^{-1}, 600 mg kg^{-1}이상의 비율은 2003년 각각 33, 37%에서 2013년 29, 23%로 증가하여 유효인산 평균함량이 감소하는 것과 같은 경향을 나타내었다. 토양검정 결과에 의한 적정 비료사용으로 농경지 유효인산 함량이 적정범위로 감소한 것으로 판단되며, 농경지에 집적된 과잉의 인산은 표면유거, 용탈 등으로 수계에 유입되어 부영양화 등을 일으키므로 (Pautler et al., 2000; Sims, J.T., 1998) 환경오염적 측면도 예방될 것으로 생각된다. 토양양이온 중 치환성칼륨은 2003년 0.4~0.6 $cmol_c$ kg^{-1}, 1.2 $cmol_c$ kg^{-1}이상이 각각 20%, 22%로 그 분포가 많았지만, 2013년에는 0.2~0.4 $cmol_c$ kg^{-1} 범위가 23%, 0.2 $cmol_c$ kg^{-1}미만이 14%로 높았다. 치환성칼슘은 4.0~6.0 $cmol_c$ kg^{-1} 분포가 연차별로 가장 많았으며, 2003년 25%에서 2013년 29%로 증가하였다. 치환성마그네슘 함량은 1.0~2.0 $cmol_c$ kg^{-1}가 2003년 47%에서 2007년 37%로 감소하는 추세를 보이다 2013년 42%로 다시 증가하는 경향을 보였다.

우리나라 밭토양 화학성분 함량의 작물생육에 알맞은 적정, 과다 및 부족 비율은 Fig. 2와 같았다. 토양 pH의 경우 밭토양 적정범위인 pH 6.0~7.0은 2003년 43%에서 2013년 48%로 높아졌고, 적정범위 pH 6.0보다 낮은 비율은 43%에서 37%로 낮아졌다. 토양개량제 살포를 통하여 pH가 적정범위인 비율이 많아진 것으로 판단된다. 토양의 pH가 낮아지면 Al과 Fe의 용해도가 높아지고, 해리된 Al 성분의 식물체 과잉 흡수로 인한 생육장해 (Kim et. al. 2012) 및 아질산가스 발생에 의한 작물의 피해가 발생하기 (Lindsay, 1979; Kim et. al. 2010) 때문에 pH는 꾸준히 관리되어야 할 것이다. 유기물 함량은 적정범위인 25~35 g kg^{-1}은 2003년 26%에서 2013년 22%로 낮아졌고, 적정범위보다 낮은 비율은 58%에서 63%로 높아져 토양검정에 따라 유기물 부족 농경지에는 유기물을 지속적으로 공급하여 유기물 함량을 증가해 주어야 할 것이다. 유효인산의 경우 적정범위인 300~550 mg kg^{-1}과 적정범위보다 많은 비율이 2013년 각각 26%, 27%로 2003년에 비해 감소하였으며, 적정범위보다 적은 분포비율은 47%로 꾸준히 높아졌다. 밭토양의 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량의 적정범위는 각 0.5~0.8, 5.0~6.0, 1.5~2.0 $cmol_c$ kg^{-1}인데, 치환성칼륨은 적정범위와 적정범위보다 높은 비율이 2013년 각 23%, 31%로 꾸준히 감소하였으며, 적정범위보다 낮은 분포비율은 46%로 꾸준히 높아졌다. 치환성칼슘은 적정, 과다, 부족 비율이 2013년 각 16%, 42%, 42%였으며, 2003년 이후 2009년까지 적정범위보다 부족비율이 증가하다, 다시 감소하는 경향을 보였다. 치환성마그네슘의 경우도 적정, 과다, 부족 비율이 2013년 각 22%, 33%, 45%였으며, 치환성칼슘과 같은 변동 양상을 보였다. 토양개량제 사업을 통해 공급되는 석회질 비료는 석회와 고토를 함유하고 있어 토양 pH, 치환성칼슘과 마그네

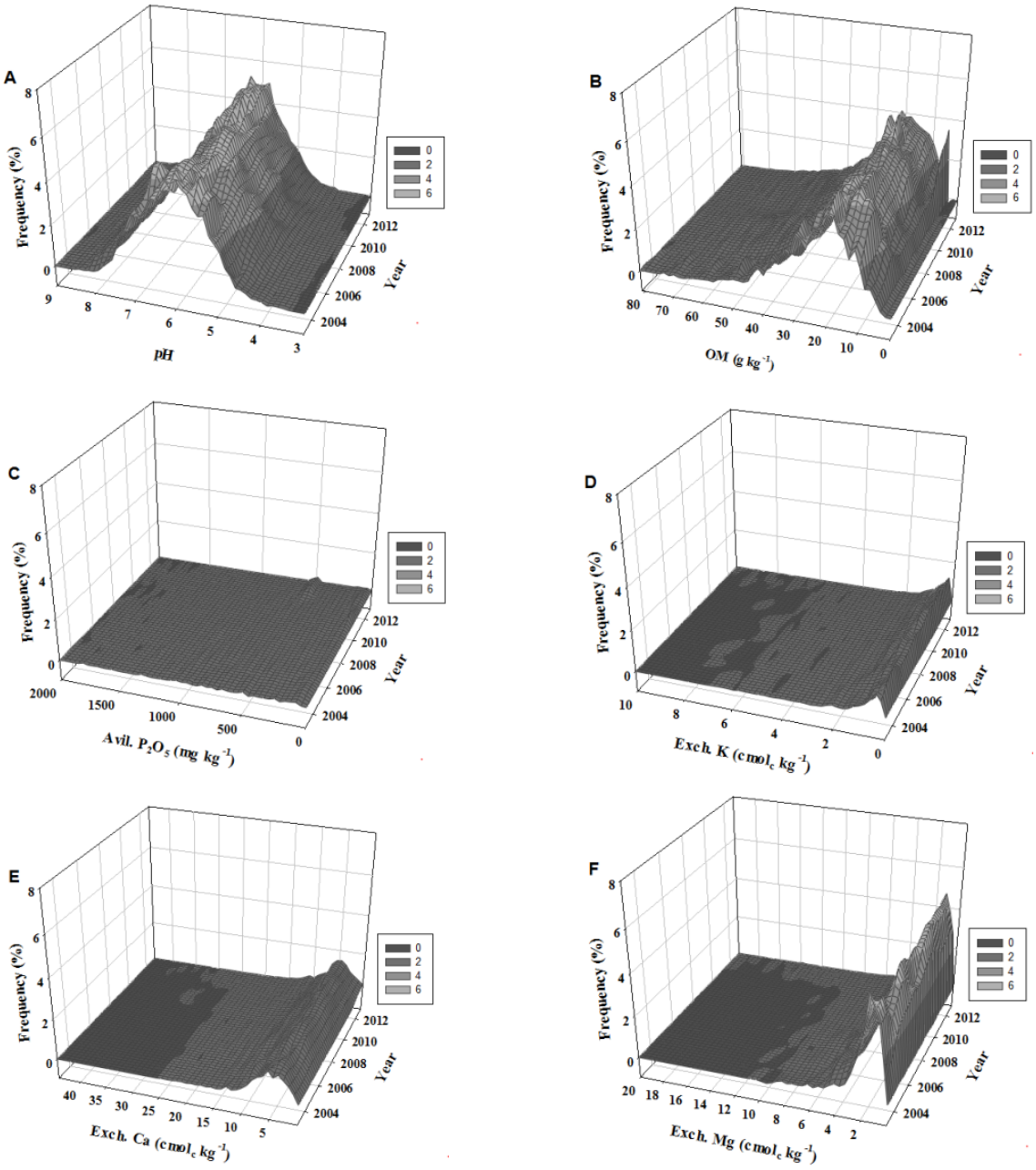

Fig. 1. Frequency distribution of (A) pH, (B) OM, (C) available phosphate, (D) exchangeable potassium, (E) calcium and (F) magnesium of upland soils from 2003 to 2014 in Korea.

슘의 적정비율 변동 양상이 비슷한 경향을 보이는 것으로 판단되며, 치환성칼슘과 마그네슘의 투입 과다 및 부족을 예방하기 위해서는 토양검정을 통한 석회소요량 산정으로 적정량의 석회가 살포되어야 할 것이다.

Conclusion

우리나라 밭토양의 화학적 특성 및 연차별 변화를 파악하기 위하여 전국 주요작물 재배지 토양검정 사업을 통해 2003년부터 2013년까지 분석된 토양검정 결과는 다음과 같았다.

1. 밭토양 평균 화학성분 함량은 2013년에 pH 6.2, 유기물 23 g kg^{-1}, 유효인산 399 mg kg^{-1}이고, 치환성칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 0.72, 6.2, 1.9 $cmol_c$ kg^{-1}이었다. 연차별 변화를 보면 pH는 증가하였지만, 토양유기물, 유효인산, 치환성칼륨 함량은 감소하고 있으며, 치환성칼슘과 마그네슘 함량은 감소하다가, 2009년 이후 다시 증가하고 있었다.
2. 토양화학성분 함량의 분포비율은 토양 pH 5.5~7.0은 2003년 59%에서 2013년 64%로 증가하였고, 토양유기물 함량은 10~30 g kg^{-1}가 2013년 65%로 가장 많았다. 유효인산함량은 300 mg kg^{-1}미만의 비율이 30%에서 48%로

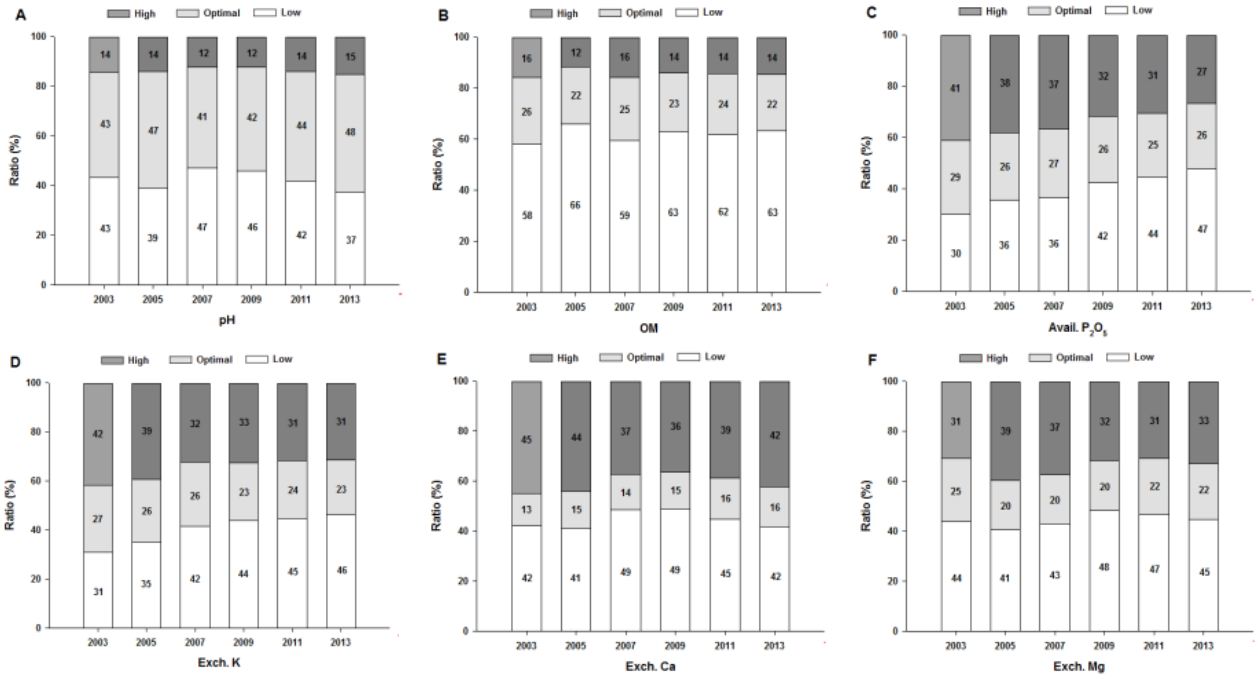

Fig. 2. Ratios of low, optimal and high ranges (A) pH, (B) OM, (C) available phosphate, (D) exchangeable potassium, (E) calcium and (F) magnesium of upland soils compared to the optimal ranges in Table 2.

감소하였으며, 치환성칼륨, 칼슘은 각각 0.2~0.6 $cmol_c$ kg^{-1}, 4.0~6.0 $cmol_c$ kg^{-1} 분포가 많았다. 치환성마그네슘은 1.0~1.5 $cmol_c$ kg^{-1} 범위가 가장 높았으며, 감소하다 다시 증가하는 경향을 보였다.

3. 작물생육에 알맞은 적정 토양화학성 비율이 2013년 pH 48%, 유기물 22%, 유효인산 26%, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘은 각각 23, 16, 22%였으며, 적정수준보다 낮은 토양의 분포비율은 2013년 pH 37%, 유기물 63%, 유효인산 47%, 치환성칼륨, 칼슘, 마그네슘은 각각 46, 42, 45%였다. 연차별로는 토양 pH는 적정비율이 높아졌고, 유기물, 유효인산, 치환성칼륨은 적정범위보다 낮은 분포비율이 높아졌다. 치환성칼슘, 마그네슘은 적정수준보다 낮은 비율이 증가하다, 다시 감소하는 경향을 보였다.
4. 우리나라 밭토양의 토양화학성을 적정 범위로 유지하기 위해서는 필지별 토양검정을 통한 비료사용량 설정으로 비료의 농경지 투입 과다 및 부족을 예방하여야 할 것이며, 지역별 토양검정 결과를 활용한 토양개량제 지원 사업 등 정책적 지원을 통한 국가적 농경지 관리가 필요할 것으로 판단된다.

References

Jung, B.G., G.H. Jo, E.S. Yun, J.H. Yoon, and Y.H. Kim. 1998. Monitoring on chemical properties of bench marked paddy soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(3): 246-252.

Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon, and Y.H. Kim. 2001. Monitoring on chemical properties of bench marked upland soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 34(5): 326-332.

Kim, Y.H., B.R. Choi, and M.S. Kim. 2010. The toxicity of nitrogen dioxide gas on fig plant. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 43(6):978-980.

Kim Y.H., M.S. Kim, S.S. Kang, and H.Y. Lee. 2012. Growth inhibition of cucumber by absorbing excess Al at low soil pH. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 45(6):925-927.

Pautler, M.C. and Sims J.T. 2000. Relationships between soil test phosphorus, soluble phosphorus, and phosphorus saturation in Delaware soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:765-773.

Sims, J.T., Simard, R.R., & Joern, B.C. 1998. Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. J. Environ. Qual. 27:277-293.

Lindsay, W.L. 1979. Chemicl equilibria in soils. John Wiley & Sons. New York.

RDA. 1989. Soil improvement project for 10 years. Res. Rept. pp.83-104. RDA, Suwon, Korea.

RDA. 2009. Monitoring project on agri-environment quality in Korea, RDA, Suwon, Korea.

RDA. 2014. Annual report 2013 the monitering project on agro-environmental quality, RDA, Wanju, Korea.

NAAS. 2010. Fertilizer application recommendations for crop plants, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.

NIAST. 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.