

현장사례를 통한 밭 작부의 질소와 인산양분 수지 평가

윤홍배 · 이상민¹ · 김명숙 · 이예진 · 이연 · 이종식*

농촌진흥청 국립농업과학원, ¹농촌진흥청 식량축산과

Case studies for estimation nitrogen and phosphorous balance with different cropping systems in upland

Hong-Bae Yun, Sang-Min Lee¹, Myung-Sook Kim, Ye-Jin Lee, Yeoun Lee, and Jong-Sik Lee*

National Academy of Agricultural Science, RDA.

¹Rural Development Administration

Cropping system is very important for environment conservation and improvement of nutrient recovery rates in agricultural land. This case study was conducted to identify the nutrient balance of major upland cropping types with different districts. Typical cropping systems at MuAn and HaeNam located in the south coast district were cultivated with soybean-chinese cabbage or garlic and garlic-soybean-chinese cabbage-hot pepper. Alpine district, PyeongChang was cultivated with double cropping of chinese cabbage and potato-radish or chinese cabbage for one year. Typical cropping type of AnDong, YeongYang where are well known for hot pepper cultivation was hot pepper's mono cropping and hot pepper-soybean or hot pepper-sesame for one year. But SeoSan and HongSeong, where are located in mid-west coast had variety cropping system compared to other districts. Double cropping of chinese cabbage, a heavy fertilizing crop, caused higher nutrient balance in the field when it was cultivated consistently. Experiment showed that heavy fertilizing crops, such as chinese cabbage, garlic and onion, need to be rotated with soybean and sesame cultivation which need smaller fertilizer level. Alpine arable land has shown higher nutrient balance than other areas, and the introduction of rotation crops are needed to reduce nutrient balance and environmental protection.

Key words: Case study, Nutrient balance, Upland cropping system

서 언

경지면적이 협소하며, 영세농이 많은 국내 여건에서는 한 포장에 매 작기 또는 매년 다른 작물을 재배하기가 수월하지 않다. 그러나 토양을 오래도록 비옥한 상태로 유지하고, 시비효율을 높이는 등 친환경적 지속농업을 도모하기 위해서는 앞·뒤 그루작물의 유형을 고려한 적절한 윤작형태를 유지할 필요가 있다. 윤작의 작물구성은 일차적으로 기상조건, 특히 지역별 기온에 의해서 결정되고, 작부순서는 작물의 양분흡수와 부산물의 환원특성에 의해 결정되어진다 (Seo, 1994). 작부체계에서 두과작물 도입은 매우 중요하게 취급되며, 이는 작물수량의 증진, 토양 이화학성 증진, 미생물상 개선 및 양분 이용률 증진 등의 효과를 기대할 수 있다 (Galantini et al., 2000). 최근 윤작의 효과에 있어서 토양 탄소 저장능과 관련하여, West and Post (2002)

는 옥수수 단작에 비해 옥수수와 콩을 윤작할 경우 년 간 $20 \pm 12 \text{ g m}^{-2}$ 탄소를 저장하는 효과가 있다고 하였으며, Arshad et al. (2010)은 영년생 목초류를 작부에 도입할 경우 곡류 단작재배에 비해 토양 유기물의 질과 토양구조를 개선할 수 있다고 하였다. 尾崎 (1969)는 윤작체계에 있어서 양분수지는 콩, 연맥 등을 후작물로 재배할 경우 정의 상관관계를 나타내며, 작물수량과도 밀접한 관계가 있다고 하였다. 동일작물을 연작할 경우 수량이 감소하는 바, 고추를 6년 연작시 수량 감소율이 약 16-17%, 참깨는 6년 연작시 수량 감소율이 19-26%에 달하였다 (Song et al., 1989). 1990년대에 조사된 (大久保, 1994) 우리나라의 밭 작부형태는 채소류-참깨, 채소류-고추 유형이 증가함과 동시에 고추단작, 땅콩단작, 콩 단작재배도 많아졌다. 이는 과거에는 겨울작물로 맥류와 여름작물인 콩, 팥, 조 등과 결합한 간작체계의 2년 3작형 또는 2년 4작형이 많았으나, 1970년대 중반 이후 필름 멀칭재배가 본격적으로 보급되면서 밭의 작부체계에 많은 변화를 가져왔다고 볼 수 있다. 특히, 최근 농촌진흥청 (NAAS, 2008)의 정점조사에 의한

접수 : 2011. 8. 24 수리 : 2011. 9. 26

*연락처 : Phone: +82312900314

E-mail: jonglee@korea.kr

국내 밭 토양의 양분함량을 보면 유효인산 같은 특정양분 함량은 매우 큰 증가폭을 보이고 있다. 이러한 현상의 주요인 중 하나는 경제작물의 집약적 재배가 가장 지배적인 것으로 판단되며, 동시에 가축분 퇴비 위주의 양분 고투입에 기인한다고 생각된다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방안 중 하나는 토양 검정을 통한 적절한 시비관리가 선결과제이며, 특히 양분수지를 고려한 작부체계 도입이 절실히 필요하다고 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 여름 노지채소류를 주로 재배하는 강원도 평창, 겨울작물을 재배하는 전남해안의 무안, 해남 및 충남 중부해안지역의 홍성, 서산, 과채류 중심의 여름작물 재배지 경북 안동, 영양지역의 몇몇 작부 유형에 대하여 시비량, 토양 양분함량, 작물의 양분흡수량을 조사·분석하여 양분수지를 바탕으로 작부 유형별 문제점을 파악하고 금후 개선방안을 모색코자하였다.

재료 및 방법

현지작부조사 겨울 밭작물 재배가 많은 전남해안지방의 무안과 해남의 25개 농가, 여름 채소류를 집약적으로 재배하는 강원도 평창의 9개 농가에 대하여 현장을 방문하여 작물별 시비량을 청취조사 하였으며, 토양 및 식물체 시료를 채취하여 분석하였다. 아울러 충남 중부해안의 홍성, 서산 9개 농가, 경북 동북부에 위치한 안동, 영양의 16개 농가를 각각 조사 하였다. 조사지역의 주요 기후 요소값 (<http://www.kma.go.kr/weather/climate>)은 Table 1에 나타내었다.

토양 및 식물체분석 토양 분석은 음건 후 2mm체별 시료를 이용하여 국립농업과학원 토양분석법 (NIAST, 2000)에 준하였다. pH는 토양시료 5 g에 증류수 25 ml를 가하여 30분 경과 후 pH meter (Orion 4-Star)로 측정하였다. 총 질소는 황산분해 후 킬달증류법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 칼륨은 ICP (GBC, Intergra XL, Australia)로 각각 측정하였다. 식물체는 수확기 시료를 채취하여 70°C에서 3~4일간 건조 후 분쇄하여 성분 분석에 사용하였다. 식물체 시료 0.5 g을 100 mL 분해용 튜

브에 취하고, 진한 황산 1 mL와 50% HClO₄ 10 mL를 가하여 식물체를 분해한 후 증류수로 100 mL 표선을 하였다. 총 질소는 100 mL 표선한 여액의 일부를 취하여 킬달 증류하였으며, 인산은 Vanadate 비색 측정하였다.

양분수지 분석 농가별 화학비료와 퇴비의 실제 사용량을 청취 조사하였으며, 이때 시비량 산출에 있어서 농가 퇴비의 경우 질소 1.2%, 인산은 1.4%의 환산 계수값 (NIAST, 1999)을 각각 적용하였다. 일부 농가의 경우 4종 비료 엽면시비를 시행한 경우가 있었으나 이는 질소, 인산성분량이 미미하여 본 사례연구의 양분수지 평가에서는 제외하였다. 양분수지 산출은 양분유출, 휘산 등을 고려하지 않고 단순히 총 비료사용 성분량에서 작물체 총 양분흡수량을 뺀 값으로 나타내었으며, 이때 작물체의 총 양분 흡수량은 수확기 작물체를 대상으로 하였다. 양파와 마늘은 지하경과 경엽의 흡수량을 각각 구해 합으로 나타내었으며, 이외 작물은 지상부만의 흡수량을 구하여 나타내었다.

결과 및 고찰

지역별 주요작부 유형 본 연구사례에서 조사된 몇몇 지역의 작부유형은 Table 2와 같았다. 여름작물인 엽채류와 감자 주산지 평창을 제외한 그 밖의 지역에서는 겨울작물인 마늘, 양파를 여름작물과 윤작 재배하는 농가가 많았다. 각 조사지역의 작부유형을 살펴보면, 전남 해남지역은 1년 작형으로 콩-배추, 콩-마늘 및 고추-배추를, 2년 작형으로 마늘-콩-배추-고추를 재배, 무안지방은 참깨-마늘/양파, 콩-마늘/양파 및 고구마-양파재배, 강원 평창지역은 배추연작, 감자-무/배추, 감자단작, 브로콜리 연작, 경북 안동과 영양지역은 고추단작, 콩/수박-양파, 담배/수박-김장채소류를 당년 윤환재배하며, 2년 윤환으로 고추-콩/참깨-마늘/양파를 재배하고 있었다. 충남 서해안의 서산, 홍성 지역은 콩/생강/쪽파-마늘/양파, 배추연작, 생강 단작이 주요 작부유형으로 조사되었다.

토양 양분함량 현지조사 지역의 토양화학성을 분석

Table 1. Characteristic of major climatic elements on yearly means with different district from 1981 to 2010 years.

Districts	Mean Temp.	Max. Temp.	Min. Temp.	Precipitation
	----- °C -----			----- mm -----
HaeNam	13.4	18.8	8.5	1325.4
PyeongChang [†]	6.6	11.5	2.0	1898.0
AnDong	11.9	18.0	6.6	1066.4
SeoSan	11.9	17.3	7.2	1012.4

[†]Climatic elements of PyeongChang was applied Deagwallyeong's data.

한 결과는 Table 3 과 같다. 토양 pH는 평창지역의 5.6을 제외하면 적정범위 (pH 6.0-6.5)에 속하였으며, 유효인산 함량은 양파, 마늘, 월동배추 등 겨울작물재배가 많은 해남, 무안지방 및 중서부 해안의 서산, 홍성지방에서 적정 함량 ($300-500 \text{ mg kg}^{-1}$)을 상회하였다. 이는 연간 전체 시비량이 많을 뿐만 아니라, 겨울작물의 특성상 시비양분 이용율이 타 작물에 비해 낮은데서 연유한다고 판단된다. 특히, 서산, 홍성지방의 경우 687 mg kg^{-1} 으로 평창에 비해 2배 높았다. 이는 서산, 홍성지방의 경우 평탄지로서 양분소요량이 많은 배추의 연속재배가 가장 크게 기여하였다고 판단되며, 평창지역의 시비량 (Table 4)이 많음에도 불구하고 낮은 것은 경사지 위주의 작물재배로 인하여 양분유출이 많았기 때문으로 추정된다. 토양 유기물함량은 겨울작물 재배가 많은 전남 해남과 무안이 가장 높음을 알 수 있었다.

양분수지 분석 작물별 시비량에서 작물별 양분흡수량을 뺀 값을 양분수지 값으로 하고, 이를 각 지역 작부유형별로 평가한 결과는 Table 4과 같았다.

양분 사용량은 질소와 인산 모두 평창과 서산지역에서 배추를 2기작 한 경우가 가장 많았으며, 콩과 참깨를 재배하는 작부유형에서는 비교적 적은 편이었다. 작부별 질소 및 인산의 총 흡수량은 양배추 재배에서 가장 많았다. 작부유형별 양분수지를 비교한 결과 질소수지는 년 간 배추를 2회 재배하는 평창이 가장 높았으며, 서산, 홍성지역의 배추 2회 재배가 다음 순으로 높았다. 그러나 서산, 홍성지역에 행해지는 생강과 마늘작부 유형의 경우 질소수지가 가장 낮게 평가되었으며, 시비량이 적은 콩 재배 작부유형에서도 비교적 낮은 경향을 나타내었다. 인산수지의 경우 모든 작부유형에서 질소수지에 비해 낮았으며, 작부유형별 비교에서는 배추와 고추재배의 경우 가장 높게 나타내었다. 반면, 참깨와 콩을 도입한 작부유형에서는 100전후의 값을 보여 매우 낮게 나타났다. Park et al. (2005)은 국내 밭작물의 ha 당 질소 및 인산 양분수지의 경우 보리, 콩 등 곡류의 질소수지는 114, 인산수지는 199, 반면 배추, 무 같은 채소류의 질소수지는 326, 인산수지는 440로 채소류가 일반 곡류보다 2배 이상 양분수지가 높다고 보고한 바, 본 사례분석에서도 배추 재배의 경우 가장 높게 평

Table 2. Major cropping types of surveyed upland with different district.

Districts	Cropping type for one or two years
HaeNam	1yr. : soybean-chines cabbage or garlic hot pepper-chines cabbage 2yr. : garlic-soybean-chines cabbage-hot pepper
MuAn	1yr. : sesame-garlic or onion soybean-garlic or onion sweet potato-onion
PyeongChang	1yr. : chines cabbage(twice cultivate) cabbage(mono-cropping) potato-chines cabbage or radish
AnDong, YeongYang	1yr. : hot pepper (mono-cropping) tobacco-water melon or chines cabbage soybean-onion 2yr. : hot pepper-soybean or sesame-garlic or onion
SeoSan, HongSeong	1yr. : chines cabbage(twice cultivate) ginger or soybean-garlic soybean-onion chines cabbage-water melon-chines cabbage

Table 3. Chemical properties of surveyed soil with different district.

Districts	pH	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. K	OM
	(1:5)	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	g kg ⁻¹
HaeNam	6.4	1.56	548	1.11	28.5
MuAn	6.5	1.54	590	1.03	28.6
PyeongChang	5.6	1.34	302	0.62	19.3
AnDong, YeongYang	6.0	1.13	380	0.54	19.8
SeoSan, HongSeong	6.1	1.31	687	1.31	23.8

Table 4. Nitrogen and phosphorus balance of typical cropping types with different districts.

Districts	Cropping types	Inputs (A)		Outputs (B)		Nutrient Balance (A-B)	
		T-N	P ₂ O ₅	T-N	P ₂ O ₅	T-N	P ₂ O ₅
----- kg ha ⁻¹ -----							
HaeNam	soybean-chines cabbage	427	191	209	113	218	78
	soybean-garlic	400	213	216	110	184	103
	hot pepper-chines cabbage	847	385	214	94	633	291
MuAn	sesame-garlic	400	213	174	162	226	51
	sesame-onion	470	178	173	127	297	51
	soybean-onion	470	178	215	115	255	63
PyeongChang	chines cabbage [†]	1,600	590	223	118	1,377	472
	cabbage (mono-cropping)	741	432	303	173	438	259
AnDong,	hot pepper (mono-cropping)	425	331	103	33	322	298
YeongYang	soybean-onion	669	228	215	83	454	145
SeoSan,	chines cabbage [†]	1,035	424	244	128	791	296
HongSeong	ginger-garlic	467	219	143	64	76	155

[†]Chines cabbage was cultivated twice at spring season and autumn season for year.

가되어 연속재배를 지양하는 작부체계의 도입이 절실하다고 판단된다. 한편, 콩은 낙엽에 의해 10a당 질소 1.4 kg, 인산 0.84 kg 정도 환원하며, 콩은 그 지상부 질소의 74%가 고정된 질소에 의해 공급되고 그 양은 10a당 16 kg에 달하였고, 콩 후작으로 재배하는 작물에게는 3.3 kg의 질소를 공급하는 이점이 있다고 한 바 (Seo, 1994), 본 조사에서도 콩을 작부에 도입할 경우 양분수지에서 유리함을 확인할 수 있었다. Jung et al. (1999)은 환경농업실천의 한 방안으로 소득작목의 전·후작으로 콩, 옥수수, 맥류 등 곡류작물을 도입하는 작부체계 또는 소득작목을 3-5년 재배하면 곡류작물을 1-2년 재배하는 윤작의 작부 체계를 도입해야 한다고 하였다. 양분 수지가 크면 클수록 작물이 이용하고 남은 잉여양분이 많다는 것을 간접적으로 시사하며, 결국 이는 유출입계농도 이상에서는 환경에 부하를 줄 수 있는 위험성에 노출될 확률이 크다는 사실이다. 따라서 시비량이 많은 작물을 재배할 경우는 작물의 양분이용특성을 고려한 시비량 설정이 매우 중요하며, 특히 년 간 작부체계에서는 앞그루 작물과 뒷 그루작물의 양분이용특성을 파악하여 작물을 선정하는 것이 바람직하며, 금후 이에 관한 체계화된 연구수행이 필요하다고 판단된다.

요 약

밭작물의 양분효율 증진을 도모코자 몇몇 지역의 대표 작물을 중심으로 행해지는 작부유형을 조사하고 이의 작부유형별 양분수지를 분석하였다. 해남, 무안의 경우 마늘, 양파 및 월동배추의 동작물과 콩, 참깨 등 시비량이 적은

하작물의 작부가 많았으며, 반면 평창은 배추를 년 간 2기작 재배 또는 봄 감자-가을배추 또는 무 재배가 전형적인 작부로 하작물 위주였다. 고추재배가 중심인 안동과 영양은 고추단작 그리고 고추-콩 또는 참깨가 주요 작부 유형이었으며, 중서부 해안지역인 홍성과 서산은 타 지역에 비해 비교적 작부유형이 다양한 편이었다. 작부유형별 양분수지는 배추를 1년 2기작 재배할 경우 질소 및 인산수지 모두 가장 높게 평가되어 환경적, 경제적 측면을 고려할 때 불리한 작부유형으로 나타났다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ0078162011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

Arshad, M.A., Y.K. Soon, and J.A. Ripmeester. 2010. Quality of soil organic matter and C storage as influenced by cropping systems in northwestern Alberta, Canada. Nutrient cycling in agroecosystems. 89:71-79.

Galantini, J.A., M.R. Landriscini, J.O. Iglesias, A.M. Miglierina, R.A. Rosell. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina, 2. Nutrient balance, yield and grain quality. Soil & Tillage Research 53:137-144.

- Jung, Y.S. E.J. Yang, and K. C. Eom. 1999. High technology for using of friendly environmental arable land. National Crop Experiment Station. RDA. Suwon. Korea. pp. 63-143.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2008. Monitoring project on agri-environment quality in Korea. RDA., Suwon, Korea. p.41.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999. Animal manure composting & liquid and it's utilization. RDA., Suwon, Korea. p.20.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Method of soil and plant analysis. RDA., Suwon, Korea.
- Park, Y.H., Y. Lee, H.B. Yun, and J.S. Noh. 2005. Integrated nutrition management for upland crop cultivation. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA. Suwon, Korea. pp. 94-95.
- Seo, J.H. 1994. Crop rotation technique. Kwangil-munhwasa. Suwon, Korea. pp. 19-145.
- Song, Y.J., B.K. Park. C.H. Lee, and B.K. Jung. 1989. Experiment on improvement of oil crops cultivation. Chungbuk Agricultural Research and Extension Service. Annual research report. Choung buk Province. Korea. pp. 160-161.
- West, T.O. and W.M. Post. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. J. of Soil Sci. Society Am. 66:1930-1946.
- 大久保隆弘. 1994. 韓國農業과 農耕地高度利用技術. 日韓農業共同研究團, 常綠社. pp. 38-39.
- 尾崎 薫. 1969. 北海道畑作中心地帯における輪作. 特に前後作組合様式に關する研究. 北海道農試研究報告. No. 74. pp. 1-158.