

## 녹비작물 환원에 따른 벼 재배지 인산수지 평가

김태영,<sup>1</sup> 아일린,<sup>1</sup> 파리들,<sup>1</sup> 김필주,<sup>1</sup> 이용복<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 응용생명과학부, <sup>2</sup>경상대학교 생명과학연구원

### Evaluation of Phosphorus Balance in Green Manure-Rice Cropping Systems with Different Incorporation Rate of Green Manure Crops

TaeYoung Kim,<sup>1</sup> Aileen Rose Daquiado,<sup>1</sup> Faridul Alam,<sup>1</sup> Pil-Joo Kim<sup>1</sup> and YongBok Lee<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea, <sup>2</sup>Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

Received: 3 December 2012 / Revised: 13 December 2012 / Accepted: 18 December 2012

© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### Abstract

**BACKGROUND:** In Korea, green manure has been cultivated for reducing chemical fertilizer application, maintaining soil fertility, and feeding livestock in winter season. We evaluated the phosphate balance under green manure-rice cultivating system with different removal rates of green manure for maintaining soil fertility.

**METHODS AND RESULTS:** The barley and hairy vetch mixture was selected as the green manure in this study. The barley and hairy vetch was sowed at a rate of 135 and 23 kg/ha, respectively, without fertilizer application. Total aboveground biomass was 12000 (barley: 5400 kg/ha, hairy vetch: 6600 kg/ha) kg/ha, and these green manure were incorporated with different input rates before rice planting. The input rates of green manure in this study were 0 (NPK+0%), 25 (NPK+25%), 50 (NPK+50%), 75 (NPK+75%) and 100% (NPK+100) and the standard fertilization (NPK) without green manure cultivation. All treatments were applied with standard fertilizer (N-P-K: 90-19.6-48.3 kg/ha) before rice planting. The highest rice yield was

observed in NPK+50% which was 20% higher compared with NPK. The phosphate balance with different incorporation rates of green manure was -104.0, -76.8, -52.9, -27.4, and 6.0 kg/ha for NPK+0%, NPK+25%, NPK+50%, NPK+75%, and NPK+100%, respectively.

**CONCLUSION(S):** The use of green manure for livestock feeding in green manure-rice cropping systems could remove a huge amount of phosphate. This cropping system strongly requires phosphate application before green manure seeding for maintaining soil fertility.

**Key Words:** Green manure, Phosphate balance, Rice

#### 서론

현재 우리나라 인산수지(kg P/ha)는 OECD 회원국 중에서 가장 높은 수준으로 평가되고 있다. 2000년대 초반까지 OECD 회원국 중에서 인산수지는 일본이 가장 높았으나 일본 정부의 강력한 화학비료 사용량 저감 정책에 힘입어 현재는 우리나라 보다 낮은 수준으로 유지하고 있다(Kim *et al.*, 2008). 우리나라 정부도 국가단위 인산 수지를 저감하기 위해서 화학비료 공급 보조금 폐지 및 녹비작물 재배와 같은 정책을 실시하고 있다. 벼 재배시 화학비료 무사용 및 사용량 절감을 위한 화분과-두과 녹비작물 작부체계에 대한 많은 연구

\*교신저자(Corresponding author),  
Phone: +82-55-772-1967; Fax: +82-55-772-1960;  
E-mail: yblee@gnu.ac.kr

결과를 바탕으로 농가에서도 이를 많이 활용하고 있다(Jeon *et al.*, 2010). 그러나 비료 무시용에 의한 녹비작물-벼 작부 체계를 장기간 지속할 경우 인산과 칼륨의 부족 현상을 초래할 수 있다.

녹비작물은 벼 재배시 양분공급원 뿐만아니라 가축사료의 활용성도 매우 높은 작물이다(Jeon *et al.*, 2012). 그러나 양분의 투입 없이 동절기에 녹비작물을 장기간 재배할 경우 특정 양분의 불균형이 초래될 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 녹비재배-벼 작부체계에서 녹비작물 제거율에 따른 인산 수지를 분석하여 농경지 인산 비옥도 유지를 위한 녹비작물 적정 제거율을 산출하고자 하였다.

**재료 및 방법**

본 시험은 경상남도 진주시에 소재한 경상대학교 실습포장에서 실시하였다. 시험에 이용된 토양은 식양토로서 pH가 5.8, 유기물 함량이 9.8 g/kg이 었다 (Table 1). 녹비작물은 2011년 11월 3일 청보리(135 kg/ha) 와 헤어리베치(23 kg/ha)를 혼파하였다. 녹비작물은 2012년 5월 27일 수확하였고 이때 청보리와 헤어리베치 수량(건물)은 각각 5400, 6600 kg/ha로 전체 생산량은 12 ton/ha 이었다. 따라서 전체 생산량 12 ton/ha를 기준으로 0 (NPK), 25 (NPK+25%), 50 (NPK+50%), 75 (NPK+75%), 100 (NPK+100%)% 환원하여 벼 재배를 실시하였다. 벼 재배시 화학비료는 표준 시비량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 90-45-58 kg/10a)을 시비 하였으며, 2012년 6월 3일 일미벼를 손이앙(재식거리, 15x30 cm) 하였다. 모든 시험은 완전임의 배치법 3반복으로 수행하였다. 식물체 질소와 인산함량과 토양의 이화학적 분석은 농촌진흥청 농사시험연구 기준에 따라 분석하였다(RDA, 2003). 양분수지는 Surface balance 기법에 의해서 분석하였다. 인산 유입량은 강우, 종자, 화학비료 시용량으로 산출하였으며, 양분유출량은 녹비와 벼짚 및 정조 중 양분함량으로 산출하였다. 녹비작물-벼 재배기간 강우에 의한 인산(P) 유입량은 1.52 kg/ha 이었다. 본 연구에서 관개수는 질소와 인산함량이 아주 낮은 지하수를 이용하였기 때문에 관개에 의한 양분유입량은 계산에 포함시키지 않았고 벼재배시 관개수 유출은 없었기 때문에 유거에 의한 양분 유출량도 계산에 포함시키지 않았다.

Table 1. Soil properties at the beginning of the experiment

pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex.-Cations (cmol/kg)			Soil texture
			K	Ca	Mg	
5.8	9.8	63.2	0.28	4.7	1.18	Clay loam

**결과 및 고찰**

녹비작물 파종부터 벼 재배 수확까지 진주 지역 총 강우량은 1830 mm 였으며 이를 통한 인산 투입량은 1.52 kg/ha 로 조사 되었다. 녹비재배 후 녹비 환원율에 따른 농경지 인

산 제거량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 동절기 녹비작물 재배 후 벼 재배시 녹비작물 무 환원지 농경지 인산 제거량은 101.6 kg/ha 로서 벼 재배시 표준시비량 19.6 kg/ha 보다 매우 높았다.

Table 2. Phosphate output by green manure

Treatments	Phosphate (kg P /ha)		
	Barley	Hairy vetch	Total
NPK	0	0	0
NPK+0%	47.5	54.1	101.6
NPK+25%	35.6	40.6	76.2
NPK+50%	23.8	27.1	50.8
NPK+75%	11.9	13.5	25.4
NPK+100%	0	0	0

녹비작물 환원율에 따른 벼 수량은 Table 3에서 보는 바와 같이 녹비 50% 환원구 (NPK+50%)에서 가장 높았다. 그리고 녹비 75% (NPK+75%) 및 100% (NPK+75%) 환원구는 표준시비구(NPK) 보다는 높았지만, 타 녹비 환원구에 비해서는 낮았다. 이와같은 현상은 녹비를 통한 질소 공급량이 높아 등숙이 지연되었기 때문으로 생각된다.

벼 수확 후 벼짚과 정조를 통한 인산 제거량은 NPK+50%, NPK+75%에서 가장 높은 23.6 kg/ha로 나타났다. 녹비작물 100% 환원구의 벼 재배를 통한 인산 흡수량은 타 환원구에 비해 낮았다. 벼 재배를 통한 인산 흡수량은 약 20 kg/ha 내외로 나타났지만, 청보리와 헤어리베치를 통한 인산 흡수량은 총 101.6 kg/ha로 평가되었다. 따라서 농경지 집적인산 제거에 녹비작물 재배가 아주 효과적일 것이라고 판단된다.

본 연구에서 녹비작물 재배 전 비료 시비는 없었기 때문에 표준시비(NPK)와 녹비작물 100% 환원구의 인산 수지는 비슷한 값을 보였다(Table 4). 그리고 NPK 처리구의 인산 수지는 2.5 kg/ha로 우리나라 벼 재배지 표준시비구의 평균 인산수지 1.26 kg/ha와 비슷하였다(RDA, 2001). 녹비작물 전량 회수시 인산수지는 -104 kg/ha 였고, 50% 회수시는 -52.9 kg/ha 였다. 따라서 녹비작물을 회수하여 가축사료로 활용시 농경지 인산 비옥도 관리를 위한 인산 시비가 반드시 필요한 것으로 평가되었다. 그리고 우리나라 영남지방 벼 재배시 표준시비와 가축분 퇴비 활용 농경지의 인산 수지가 54.5 kg/ha 로 가축분 퇴비 활용은 농경지 인산 수지를 크게 악화시키는 것으로 보고되었다(RDA, 2001). 따라서 동절기 녹비작물 재배시 인산함량이 높은 가축분 퇴비를 기비로 활용한다면 농경지 인산 집적량 경감과 가축사료 확보 효과와 지속적인 벼 재배가 가능할 것으로 예측된다.

Table 3. Phosphate uptake by above ground tissues of rice and yield of rice

Treatments	Phosphate (kg P /ha)			Yield (kg/ha)
	Rice	Straw	Total	
NPK	15.7	3.0	18.7	5892 <sup>c</sup>
NPK+0%	19.5	4.5	24.0	6040 <sup>c</sup>
NPK+25%	17.4	4.8	22.2	7220 <sup>ab</sup>
NPK+50%	19.7	3.9	23.6	7260 <sup>a</sup>
NPK+75%	17.8	5.8	23.6	7040 <sup>b</sup>
NPK+100%	13.6	2.0	15.6	7010 <sup>b</sup>

Yield means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $P=0.05$ ) by Duncan multiple range test.

Table 4. Phosphate balance under green manure-rice cropping systems

	Phosphate balance (kg P /ha)												Balance (A-B)
	Input (A)						Output (B)						
	Green manure cropping		Rice cropping			Total	Green manure cropping		Rice cropping		Total		
	Seed	Rainfall	Seed	Rainfall	Chemical fertilizer		Barley	Hairy Vetch	Straw	Rice			
NPK	0.0	0.26	0.1	1.26	19.6	21.2	0	0	15.7	3.0	18.7	2.5	
NPK+0%	0.41	0.26	0.1	1.26	19.6	21.6	47.5	54.1	19.5	4.5	125.6	-104.0	
NPK+25%	0.41	0.26	0.1	1.26	19.6	21.6	35.6	40.6	17.4	4.8	98.4	-76.8	
NPK+50%	0.41	0.26	0.1	1.26	19.6	21.6	23.8	27.1	19.7	3.9	74.5	-52.9	
NPK+75%	0.41	0.26	0.1	1.26	19.6	21.6	11.9	13.5	17.8	5.8	49.0	-27.4	
NPK+100%	0.41	0.26	0.1	1.26	19.6	21.6	0	0	13.6	2.0	15.6	6.0	

### 감사의 글

This study was supported by Rural Development Administration, Republic of Korea (Project No. PJ007816).

### 참고문헌

Jeon, W.T., Seong, K.Y., Kim, M.T., Oh, G.J., Oh, I.S. Kang, U.G., 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43, 119-123.

Jeon, W.T., Seong, K.Y., Oh, G.J., Kim, M.T., Lee, Y.H., Kang, U.G., Lee, H.B., Kang, H.W., 2012. Changes of biomass of green manure and rice growth and yield using leguminous crops and barley mixtures by cutting height at paddy, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45, 192-197.

Kim, P.J., Lee, Y.B., Lee, Y., Yun, H.B., Lee, K.D., 2008. Evaluation of livestock manure utilization rates as agricultural purpose in developed OECD countries by using nutrient balances, *Korean J. Environ. Agri.* 27, 337-342.

RDA, 2003. *Standard methods for agricultural experiments*, Rural Development Administration, Korea.