

벼에 대한 인산 및 칼리질비료의 적정시비량 결정

송요성* · 전희중 · 박우균 · 정병간 · 정규석 · 이기상 · 윤영상¹

농업과학기술원 식물영양과, ¹공주대학교

Determination of Optimal Application Rates of Phosphorus and Potassium Fertilizers for Paddy Rice

Yo-Sung Song*, Hee-Joong Jun, Woo-Kyun Park, Beung-Gan Jung, Kyu-Seok Jung, Ki-Sang Lee, and Young-Sang Yoon¹

National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, Korea,

¹Kongju National University, Kongju 340-702, Korea

In order to establish environmentally friendly phosphorus(P) and potassium(K) fertilizer application rates for rice cultivation in Korea, a field experiment was conducted in two different characterized paddy soils, higher and lower P and K content in soil from 2005 to 2006 in Suwon, Korea. *Chuchong* which is typical rice variety in Korea, was selected for experiment. Rice yields in base P-K fertilizer level (30-30 kg ha⁻¹) and no P-K fertilizer level were 97~98% and 93~97% of standard P-K fertilizer level (45-57 kg ha⁻¹), respectively. At the lower content of P and K in immaturated paddy soil, the yield of no P plot was decreased by 7% compared to that of standard P-K plot. Significant difference in rice yield and yield characteristics was found neither in standard P-K fertilization plot nor in base P-K fertilization plot. There was no significant difference in P and K uptake at the harvest stage between standard P-K fertilizer plot and base P-K fertilizer plot. Phosphorus and K uptake was slightly decreased in no fertilizer plots compared to standard fertilizer plot. Phosphorus and K use efficiency of rice plant in base fertilizer plot was higher than that in standard fertilizer plot. Available phosphorus and exchangeable potassium content in soil at the harvest stage were increased in both standard and base fertilizer plot. But no significant difference of P and K content in ? was found between standard fertilizer plot and base fertilizer plot. Rice quality characteristics such as proportion of brewers rice, damaged kernel, broken rice, and content of amylose and protein were lowered in the base fertilizer plot than the standard fertilized plot, while the proportion of perfect kernel increased in the base fertilizer plot. From the results, we generally recommend the base P-K fertilization (30-30 kg ha⁻¹) instead of standard P-K fertilization (45-57 kg ha⁻¹) for rice cultivation in Korea.

Key words : Rice, P,K fertilizer, Standard fertilization, Plant uptake, Use efficiency, Rice quality

서 언

시비량결정에 관여하고 있는 작물의 특성 및 토양인자들은 매우 다양하고, 환경조건에도 가변적이며, 또한 복합적인 상호작용을 하고 있기 때문에 이들 요인을 정확히 추정하여 시비량을 설정하는 것은 대단히 어려운 일이다.

우리나라에서는 1964~1969년 UN특별기금에 의한 토양비옥도 조사사업, 1975~1979년 정부 토양비옥도 사업 및 1979년부터 1989년 농토배양사업의 일환으로 전국 농가답 포장을 대상으로 벼에 대한 많은 포장시

험(RDA, 1978 ; Lee et al., 1979 ; RDA, 1989)을 실시하여 지대별 기후대별로 평균시비량을 제시하였으며 최근 2002~2004년에도 답 토양유형별로 다수의 시험(Lee et al., 2002 ; Jun et al., 2004 ; Song et al., 2006)이 수행되어 전국 평균시비량과 적정시비량을 제시하였다.

벼에 대한 시비량 결정은 비료수준별로 볼 때 환경부하를 줄이면서 품질향상과 안전수량으로 나타낸 포장시험결과에 의하거나 또는 토양 유효양분 개념에서 목표하는 안전 생산물을 충분히 얻고 양분의 흡수에 용에 적합한 시비량을 밝힘에 초점을 두고 있다 (James et al., 1983 ; William et al. 1998). 현재 활용하고 있는 인산과 칼리질 비료시비량은 1995년 1,168 점의 정점조사 결과(Jung et al., 2003)를 토양검정에

접수 : 2007. 12. 22 수리 : 2008. 1. 15

*연락처 : Phone: +82312900327,

E-mail: sys111@rda.go.kr

의한 시비추천식에 대입하여 산정된 결과인 인산 45 kg ha⁻¹, 칼리 57 kg ha⁻¹를 보통답의 표준시비량으로 활용해 오고 있으며, 이를 실증한 바도 있다(Lee et al., 2002). 이와 관련하여 2003년도에 수행된 전국 논 토양 1,710개소의 평균치로 볼 때 답토양의 유효양분 함량이 현저히 증가하여 유효인산 141 mg kg⁻¹, 치환성칼륨 0.30 cmol kg⁻¹으로서 적정수준을 크게 상회하고 있다(Jung et al., 2003). 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량을 현행 토양검정에 의한 시비추천 기준에 적용할 때 두성분 모두 사용하지 않아도 되는 것으로 산출된다. 이와 같은 결과로서 볼 때 보통답은 일괄적으로 사용하고 있는 인산 및 칼리의 표준시비량인 45, 57 kg ha⁻¹에 대한 하향조정의 가능성과 함께 현행 표준시비량의 타당성을 검증할 필요가 있다고 판단된다(RDA, 2006).

본 연구는 이러한 실정을 감안하여 2005~2006년에 일반계 벼 장려품종에 대하여 흡수량, 토양화학성, 미질 및 수량성을 고려하여 인산 및 칼리의 현행 표준시비량을 검토하기 위하여 포장시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험토양 본 시험은 2005~2006년에 경기도 화성시 팔탄면 가재리의 보통답으로 유효인산과 치환성칼륨 함량이 높은 토양, 그리고 경기도 수원시 권선구 서둔동에 위치하는 농업과학기술원 구내포장인 미숙답으로 유효인산과 치환성칼륨 함량이 낮은 토양에서 수행하였다. 재배전 토양의 화학적 특성을 Table 1에서 보면 보통답은 토양의 pH, 유기물, 유효인산, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘 및 유효규산 함량이 토양화학성의 적정범위와 대등하였으나, 미숙답은 유효규산 함량을 제외한 토양화학성은 적정범위 보다 낮은 토양이었다.

시험품종 및 처리내용 시험품종은 추청벼로서 보온절충 못자리에 4월 10일전후에 파종하여 40일간 육묘한 후 5월 20일경 재식거리 30×14 cm로 기계이앙하였다.

시험처리는 인산과 칼리 시비수준을 2년차 공히 ha당 성분량(kg)으로 (1) 0-57(인산무비구), (2) 30-

57(인산기분구), (3) 45-0(칼리무비구), (4) 45-30(칼리기분구), (5) 30-30(인산, 칼리기분구) 및 (6) 45-57(인산, 칼리표준구) 인 6처리로 하였고 토양별 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 질소는 시험수행 당년의 표준시비량인 110 kg ha⁻¹을 전체 6개 처리에 사용하였다. 각 시험구 처리의 구당면적은 보통답 32.4 m², 미숙답 80 m²로 하였다.

시험구에 사용한 3요소의 비종은 질소는 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화칼리이였으며, 분시방법은 질소는 기비-분얼비-수비를 50-20-30%로 3회 분시하였고, 인산은 전량을 기비, 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 2회 분시하였고, 벼짚 및 퇴비 사용은 하지 않았다.

토양, 식물체 및 미질분석 토양의 pH와 무기성분 분석은 농촌진흥청 표준분석법(RDA, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수의 비율을 1 : 5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양유기물 분석은 Tyurin법으로 토양시료 0.3g(200 mesh 통과시료)을 250ml 삼각 flask에 취하고 10ml의 0.4N 중크롬산칼리황산 혼합용액을 가한 다음 200°C의 전열판에서 5분간 끓인 후 증류수 150ml를 넣고 0.2N 황산제1철암모니움 용액으로 적정하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 토양 5g에 침출액 20ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No.2 여과지로 여과하여 시료액 3ml를 시험관에 넣고 조작액 6ml씩 넣은 다음 0.4ml의 1, 2, 4용액을 가하여 잘 혼합하여 30°C에서 30분간 항온한 후 분광광도계로 720nm에서 비색 측정하였다. 치환성 양이온은 토양 5g을 1N-NH₄OAc(pH7.0) 완충용액 50ml를 넣고 30분간 침출하여 K, Ca, Mg을 유도결합플라즈마 발광광도계(ICP, Integra XMP, GBC, 호주)로 측정하였다. 유효규산은 토양 5g을 1N-NaOAc(pH 4.0)용액 50ml를 넣고 60°C에서 항온진탕기로 90분간 진탕하여 No.6 여지로 여과한 후 시료액 5ml를 시험관에 넣고 0.6N-HCl용액 2.5ml, 10%-Ammonium molybdate용액 2.5ml, 17% Na₂SO₃용액 5ml를 넣고 30°C에서 30분간 발색한 후 분광광도계(U-3000, Spectrophotometer, Hitachi, 일본)로 700nm에서 비색 측정하였다.

식물체의 무기성분은 농촌진흥청 표준분석법(RDA, 2000)에 준하여 40mesh로 분쇄한 식물체 시료 0.5g에 conc.H₂SO₄ 1ml와 50%의 HClO₄ 10ml를 가하여 분해

Table 1. Chemical properties of soils before the experiment.

P and K leve	Paddy type	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations			Av. SiO ₂
					K	Ca	Mg	
		1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol ⁺ kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹
High	Normal	6.0	39	88	0.30	5.2	1.6	220
Low	Immatured	5.9	23	22	0.20	5.0	1.5	154

한 후 여과하여 T-N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO 및 SiO₂ 등을 정량하였다. 전 질소함량은 Indophenol-blue법, 인산은 Vanadate법, K₂O, CaO 및 MgO는 유도결합플라즈마 발광광도계(ICP, Integra XMP, GBC)로 측정하였고, SiO₂는 분해잔사물을 600°C의 전기로에서 6시간 동안 태워 중량법으로 조규산 함량을 정량하였다.

쌀 품질 분석은 2005년도 10월 5일 처리별로 벼를 수확하여 탈곡한 뒤 일광하에서 수분함량 14~15% 정도로 건조하여 수량조사 후, 벼의 제현작업은 현미기(THU 35A, Satake)로 하였고, 현미는 수평형 마찰식 정미기(MCM-250, Satake)를 이용하여 미강층을 완전히 분리 후 중량비 91%로 도정하였다. 쌀의 Amylose 함량은 Juliano(1985)방법에 준하여 Spectrophotometer(Gilford, Stastar III)를 이용하여 620nm에서 흡광도를 측정하여 환산하였다. 단백질함량은 진한 황산으로 습식분해시킨 시료를 Micro-Kjeldahl 장치로 분석하여 전 질소함량을 얻고 N 함량에 5.98를 곱하여 환산하였다.

결과 및 고찰

수량 및 수량구성요소 벼에 대하여 인산과 칼리질 비료의 비효를 수량면에서 관찰한 결과는 Table 2와 같다.

수량은 연차간에 별 차이는 없었으며, 2개년의 평균 수량은 표준시비구 수량을 100으로 볼 때 기본량 시비구 97~98, 무비구 93~98로서 기본량시비로 2~3% 감소에 불과하였으나 무비구에서는 2~7%감수되었다. 여기서 주목되는 점은 인산 무비재배의 경우 토양의

유효인산과 치환성칼륨 함량이 낮은 미숙답 토양에서 7%의 유의한 수량감소를 보였다.

이상의 결과에서 볼 때 현행 표준시비량에 비하여 30kg ha⁻¹인 기본량을 시비하여도 수량은 유의성 있게 감소하지 않았으나 무비재배시는 토양조건에 따라 유의한 수량감소를 보였다.

토양인산이 부족하고 토양환원이 진전되지 않아서 인산 유효화가 잘 되지 않는다고 알려진 미숙답은 인산의 비효가 컸다는 점이고, 지하수위가 높거나 투수력과 배수가 불량한 습답에서는 칼리시용으로 증수효과가 어느 다른 유형보다는 현저히 컸다고 하는 결과(Lee et al., 1982)와 관련해서 볼때 본 연구의 결과 미숙답에서는 인산 무비재배에 비하여 시비에 의한 인산의 비효가 매우 큰 점과 일치되고 있음을 알 수 있다

인산 및 칼리의 시비수준에 따른 수량구성요소를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량이 높은 보통답에서 인산 표준시비구는 인산무비구에 비해 간장, 수장, 수수, 등숙비율 및 천립중의 증가는 없었으나 입수는 증가하는 경향이였다. 칼리 표준시비구는 칼리무비구에 비하여 간장, 수장, 천립중이 약간 증가하였으나 인산, 칼리의 기본시비구와 표준시비구와의 차이는 적었다.

한편 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량이 낮은 미숙답에서 인산시비량이 많은 표준시비구는 인산무비보다 간장, 수장, 수수 및 천립중이 증가하였으나 입수와 등숙비율의 증가는 적었다. 특히 인산함량이 낮은 미숙답인 경우 인산 무비구에 비하여 기본량이나 표준량시용시 수수확보가 큰 편이다. 미숙답에서

Table 2. Rice yield by P-K level and paddy type.

Paddy type	P-K levels	2005	2006	2007
	kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----		
Normal	0 - 57	7,540(97*)	7,150(96)	7,350(97)
	30 - 57	7,580(98)	7,230(97)	7,410(98)
	45 - 0	7,670(99)	7,190(97)	7,430(98)
	45 - 30	7,690(99)	7,350(99)	7,520(99)
	30 - 30	7,540(98)	7,320(98)	7,430(98)
	45 - 57	7,740(100)	7,440(100)	7,590(100)
	LSD(0.05)	307	783	258
Immatured	0 - 57	6,200(91)	7,010(96)	6,610(93)
	30 - 57	6,490(95)	7,170(98)	6,830(96)
	45 - 0	6,680(98)	7,040(96)	6,860(97)
	45 - 30	6,700(98)	7,220(98)	6,960(98)
	30 - 30	6,600(97)	7,110(97)	6,860(97)
	45 - 57	6,840(100)	7,330(100)	7,080(100)
	LSD(0.05)	528	446	288

Numbers in parentheses represent proportion of yield to standard fertilization plot

Table 3. Characteristics of rice grain yield by P-K lever and paddy type (2006).

Paddy type	P-K levels	Plant length	Panicle length	No. of panicle	No. of grain	Ripening rate	10 ³ grain weight
	kg ha ⁻¹	cm	cm	No. hill ⁻¹	No. pan. ⁻¹	%	g
Normal	0 - 57	76.8	18.1	17.4	140	95	24.0
	30 - 57	76.4	17.7	16.5	147	94	24.3
	45 - 0	75.1	17.6	17.5	149	96	23.4
	45 - 30	77.3	18.0	17.0	147	97	24.2
	30 - 30	76.6	18.1	17.1	142	95	23.8
	45 - 57	76.9	18.2	17.6	148	94	23.8
Immatured	0 - 57	77.4	17.2	18.3	139	92	24.2
	30 - 57	77.5	17.0	19.1	137	93	24.8
	45 - 0	76.0	17.5	18.7	137	93	24.9
	45 - 30	76.1	17.1	19.1	139	92	24.3
	30 - 30	78.2	17.5	19.2	140	93	24.4
	45 - 57	78.1	17.4	19.0	139	92	25.1

인산부족은 초기분얼의 감소로 인한 수수확보가 어려우므로 인산증비가 필요하다는 보고(Lee et al., 1982)가 본 연구결과를 뒷받침해 주고 있다. 칼리시비량이 많은 표준량시비는 칼리무비에 비하여 간장, 수수 및 천립중의 증가가 있었지만 수장, 입수 및 등숙비율의 증가는 나타나지 않았다. 그리고 인산과 칼리의 기본량시비와 표준량 시비간에는 인산에서와 같은 결과로서 차이가 없는 경향으로 토양의 유효인산과 치환성 칼륨 함량의 다소에 따른 생육 차이는 크지 않았다.

이상의 결과로서 볼 때 인산과 칼리의 현행 시비량을 기본량 수준으로 하향조정하여도 수량구성요소면에서 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있었다. 벼에 대한 인산과 칼리를 각각 30kg ha⁻¹ 정도의 기본량 시비에 의한 벼 재배는 무비재배보다는 벼 활착과 초기생육 촉진, 양분탈취를 고려한 비옥도 유지 등 벼 안전재배 면에서 필요하다고 제안한 바 있다(Hong et al., 1973; Lee et al., 2001).

무기성분 함량, 흡수량 및 이용률 수확기 인산 및 칼리 등 무기성분의 함량을 보면 Table 4와 같다. 먼저 2개년의 평균성적에서 볼 때 인산함량은 인산 무비구에 비하여 기본량시용 간에 별 차이가 없었으나, 칼리함량은 칼리무비구에 비하여 기본량시용 간에 토양조건에 따라 차이가 있어 칼리함량이 높았던 보통답 토양에서는 증가하는 경향이 뚜렷하였지만, 칼리함량이 낮았던 미숙답에서는 증가하지 않았다. 기본량과 표준량의 인산과 칼리를 혼용하였을 경우 함량차이는 적었다. 이러한 결과는 시험전 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량이 다른 답토양간에도 유사한 경향이였다.

식물체 무기성분의 흡수량을 보면 Table 5와 같다. 인산 및 칼리의 흡수량은 각 성분의 무비구에 비하여

기본시비구나 표준시비구에서 다소 높은 경향이였다. 그리고 유효인산과 치환성칼륨 함량이 적은 미숙답은 이들 함량이 높은 보통답보다, 기본시비구보다는 표준시비구에서 인산과 칼리 흡수량이 약간 높은 경향을 보였다. Lee et al.(2001)이 미사질양토인 전북통에서 동진벼를 공시하여 재배시험으로 수행한 결과, 인산과 칼리의 흡수량은 현행 표준시비량인 인산 45 kg ha⁻¹, 칼리 57 kg ha⁻¹ 수준까지는 증가한다고 하였다.

2005년과 2006년을 종합한 인산과 칼리의 이용률은 Fig. 1과 같다. 토양의 유효인산 및 치환성칼륨 함량이 높았던 보통답에서의 인산이용률은 기본시비구가 표준시비구보다 높았으나 토양의 유효인산 및 치환성칼륨 함량이 낮았던 미숙답에서는 인산이용률은 기본시비구와 표준시비구와의 차이는 없었다. 다만 칼리 이용률은 기본시비구가 표준시비구보다 다소 높았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 소량의 인산과 칼리시용은 수량은 다소 낮지만 각 성분의 이용률을 높일 수 있었다. 다량의 인산과 칼리시용은 오히려 수량은 높지만 이용률은 감소된다고 하는 Murayama(1979)보고와 일치되는 경향을 보이지만 인산과 칼리 증비로 감소되는 이용률은 인산과 칼리의 기본량시용으로도 어느 일정 수준까지 증가시킬 수 있음을 본 연구결과로서 알 수 있었다.

시험 후 토양의 화학성 시험 후 토양의 화학성분 함량은 Table 6과 같다. 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량은 이들 성분함량이 다른, 즉 답토양의 유형에 관계없이 인산증비로 토양유효인산 함량이 비슷하거나 근소한 증가를 보였으며, 치환성칼륨 함량도 유효인산과 유사한 경향으로 칼리시비량 간에 별 차이가 없었다. 즉 시험후 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량은 인산과 칼리의 무비구보다는 표준시비구나 기본

Table 4. Nutrients content in rice plant by P-K level and Paddy type at the harvesting stage.

P-K levels	Normal				Immatured			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂
kg ha ⁻¹	----- % -----				----- % -----			
	2005							
0 - 57	1.19	0.83	2.38	8.70	0.87	0.84	2.16	8.90
30 - 57	1.08	0.86	2.39	8.43	0.98	0.87	2.22	8.80
45 - 0	1.10	0.85	2.23	8.80	0.96	0.87	2.14	9.20
45 - 30	1.09	0.91	2.32	9.00	0.98	0.86	2.15	8.73
30 - 30	1.09	0.93	2.40	9.33	0.96	0.87	2.21	9.73
45 - 57	1.20	0.87	2.28	8.90	0.86	0.85	2.03	9.94
	2006							
0 - 57	1.12	0.76	1.99	7.12	1.06	0.71	1.52	8.80
30 - 57	1.10	0.85	2.04	8.60	1.04	0.73	1.45	8.96
45 - 0	1.12	0.82	1.89	8.11	1.05	0.73	1.43	8.67
45 - 30	1.14	0.78	1.96	8.46	1.03	0.75	1.39	8.66
30 - 30	1.14	0.81	1.94	7.93	1.03	0.72	1.46	9.20
45 - 57	1.12	0.87	2.13	8.90	1.09	0.76	1.62	9.36
	Ave.							
0 - 57	1.16	0.80	2.19	7.91	0.97	0.78	1.84	8.85
30 - 57	1.09	0.86	2.22	8.52	1.01	0.80	1.84	8.88
45 - 0	1.11	0.84	2.06	8.46	1.01	0.80	1.79	8.94
45 - 30	1.12	0.85	2.14	8.73	1.01	0.81	1.77	8.70
30 - 30	1.12	0.87	2.17	8.63	1.00	0.80	1.84	9.47
45 - 57	1.16	0.87	2.20	8.90	0.98	0.81	1.83	9.65

Table 5. Nutrient uptake characteristics of rice plant by P-K level and paddy type.

P-K levels	Normal				Immatured			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂
kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----				----- kg ha ⁻¹ -----			
	2005							
0 - 57	83	60	190	664	58	58	172	648
30 - 57	77	65	192	732	66	60	173	620
45 - 0	77	60	177	673	68	61	165	705
45 - 30	78	64	187	704	66	58	169	618
30 - 30	77	66	200	722	67	60	173	728
45 - 57	85	62	185	694	63	60	170	778
	2006							
0 - 57	91	63	162	600	85	57	121	704
30 - 57	91	70	168	707	84	59	117	724
45 - 0	92	67	155	665	84	58	114	694
45 - 30	95	65	163	703	83	61	112	700
30 - 30	94	67	160	657	84	58	119	750
45 - 57	93	72	174	729	88	61	131	761
	Ave.							
0 - 57	87	62	176	632	72	58	147	676
30 - 57	84	68	18.0	720	75	60	145	672
45 - 0	85	64	16.6	669	76	60	140	699
45 - 30	87	65	175	704	75	60	141	659
30 - 30	86	66	180	690	76	59	146	739
45 - 57	89	67	180	712	76	61	151	769

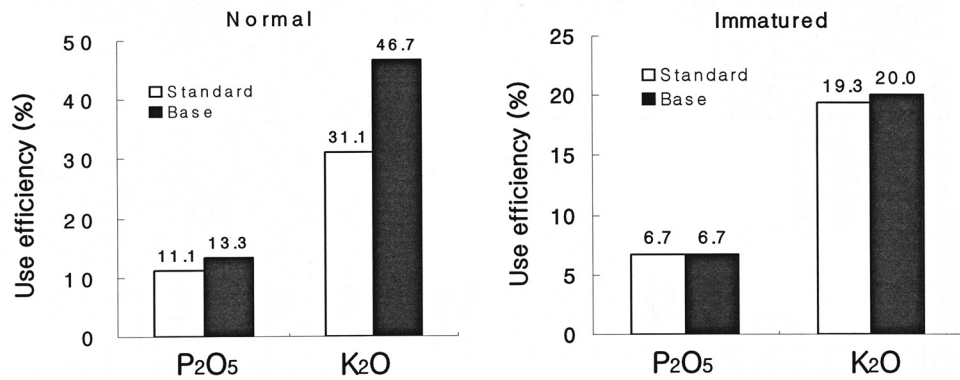


Fig. 1. Nutrient (P and K) use efficiency at the harvesting stage by paddy type.

Table 6. Chemical properties of soil after experiment.

P-K levels	Normal				Immatured			
	pH	Av.P ₂ O ₅	Exch. K	Av.SiO ₂	pH	Av.P ₂ O ₅	Exch. K	Av.SiO ₂
kg ha ⁻¹	1:5	kg mg ⁻¹	cmol ⁺ kg ⁻¹	kg mg ⁻¹	1:5	kg mg ⁻¹	cmol ⁺ kg ⁻¹	kg mg ⁻¹
2005								
0 - 57	6.5	69	0.17	212	6.2	20	0.12	138
30 - 57	6.5	76	0.18	219	6.3	22	0.13	138
45 - 0	6.4	74	0.16	228	6.1	20	0.11	146
45 - 30	6.4	76	0.18	233	6.2	21	0.12	145
30 - 30	6.5	75	0.17	213	6.3	23	0.13	136
45 - 57	6.4	73	0.18	234	6.1	23	0.13	142
2006								
0 - 57	6.5	78	0.10	164	6.2	20	0.11	138
30 - 57	6.6	83	0.11	171	6.1	22	0.09	124
45 - 0	6.5	84	0.11	160	6.2	19	0.11	134
45 - 30	6.6	85	0.12	161	6.1	18	0.11	123
30 - 30	6.5	87	0.10	157	6.2	21	0.09	132
45 - 57	6.6	91	0.13	163	6.1	23	0.11	134
Ave.								
0 - 57	6.5	74	0.14	188	6.2	20	0.12	138
30 - 57	6.6	80	0.15	195	6.2	22	0.11	131
45 - 0	6.5	79	0.14	194	6.2	20	0.11	140
45 - 30	6.5	81	0.15	197	6.2	20	0.12	134
30 - 30	6.5	81	0.14	185	6.3	22	0.11	134
45 - 57	6.5	82	0.16	198	6.1	23	0.12	138

량 시비구에서 다소 증가하는 경향을 보였지만 표준 시비구와 기본량 시비구와의 차이는 적었음을 알 수 있었다.

현미 품위 및 식미관련 형질을 Table 7에서 볼 때 토양의 종류에 관계없이 기본량의 인산 및 칼리시비는 표준량 시비구에 비하여 차이는 크지 않지만 완전립은 증가하였고, 반면에 분상질립, 피해립, 균열립, 아미로스 및 단백질 함량은 감소하는 결과로서 볼 때 기본량시비는 표준량시비와는 큰 차이는 없지만 미질향상에 효과적임을 알 수 있었다.

Song et al.(2006)은 쌀수량, 완전미수량 및 단백질

함량은 적정량 이상의 질소 시비수준으로 증가할 수록 많아지는 경향였이고, 완전미비율 및 Toyo 식미치는 다량의 질소 시비수준은 오히려 낮아진다고 하였으며, Okamoto(1988)는 미질관련 상호인자에서 현미중 Mg/K 및 Mg/N비율이 낮으면 복백미의 발생이 많아진다고 하였다. 또한 Toruyuki (1990)와 Okamoto (1988)는 양질미의 특성으로는 Mg와 P함량이 높아야 하고, N, K 및 아미로스 함량은 낮은 것이 식미가 좋다고 하였다.

이상에서 본 인산과 칼리질비료 사용이 수량, 수량구성요소, 흡수량, 이용률, 토양화학성 및 미질에 미치

Table 7. Rice grain quality characteristics by P-K level and paddy type 2005.

Paddy type	P-K levels	Rice grain quality characteristics					
		Perfect kernel	Brewers rice	Damaged kernel	Broken rice	Amylose	Protein
	kg ha ⁻¹	----- % -----					
Normal	0 - 57	93.1	2.1	2.0	1.3	18.5	6.3
	30 - 57	89.2	3.7	4.9	1.6	18.8	6.4
	45 - 0	91.2	2.7	2.8	1.5	19.0	6.4
	45 - 30	89.2	3.1	4.1	2.2	19.0	6.5
	30 - 30	91.0	2.9	3.5	0.9	18.3	6.5
	45 - 57	90.2	2.9	3.7	1.2	19.1	6.5
Immatured	0 - 57	92.7	2.3	2.8	0.6	20.3	6.3
	30 - 57	91.7	2.8	3.4	0.9	19.3	6.3
	45 - 0	89.6	3.4	4.6	0.6	19.6	6.2
	45 - 30	89.8	3.5	5.6	0.9	20.0	6.3
	30 - 30	92.7	2.9	3.0	0.8	19.8	6.3
	45 - 57	92.4	2.8	3.5	0.9	20.3	6.5

는 반응을 종합해서 볼 때 사질답, 습답, 중산간답, 냉조풍지, 산간고랭, 냉수용출답 및 객토답을 제외한 보통논 조건에서는 현행 인산과 칼리 표준시비량 45, 57 kg ha⁻¹를 기본량인 30, 30 kg ha⁻¹로의 하향조정이 가능하다고 판단된다.

적 요

벼에 대하여 인산과 칼리비료의 비효를 검토하기 위하여 2005~2006년에 토양의 유효인산 및 치환성칼륨 함량이 다른 2개 토양, 품종은 추청벼를 공시하여 포장시험을 수행하였다. 수량으로 본 인산 및 칼리의 비효는 2년 평균수량으로 볼 때 표준시비구(45-57 kg ha⁻¹) 수량 100에 대하여 기본시비구(30-30 kg ha⁻¹) 97~98, 무비구 93~97이었으며, 인산 무비구는 표준시비구에 비하여 토양양분 함량이 낮은 토양에서 7%의 유의성 있는 수량감소가 있었다. 수량구성요소도 수량과 같은 경향으로서 인산과 칼리의 표준시비구와 기본시비구와의 차이는 적었다.

수확기 인산과 칼리의 흡수량 역시 표준시비구를 기준하여 볼 때 무비구는 근소한 감소를 보였으나 표준시비구와 기본량 시비구와는 차이가 없는 대등한 결과를 보였다. 인산 및 칼리이용률은 유효인산과 치환성칼륨 함량이 다른 답유형에 관계없이 인산·칼리의 기본시비구가 표준시비구보다 높았으며, 토양의 유효인산과 치환성칼륨 함량이 높은 보통답은 토양의 인산과 칼륨함량이 낮은 미숙답보다 높았다.

수확기 토양의 유효인산 및 치환성칼륨 함량은 재배전 이들 성분의 함량의 다소에 관계없이 무시용구에 비하여 표준시비구와 기본시비구는 다소 증가하는 경향이지만 표준시비구와 기본시비구와의 차이는 적었다. 현미품위 및 식미관련 형질로 볼 때 현행 인산

및 칼리의 표준시비구에 비하여 기본시비구는 근소한 차이나마 완전립은 증가하였으나 분상질립, 피해립, 균열립, 아미로스 함량 및 단백질 함량은 감소하였다. 이상에서 인산과 칼리질비료 시용이 수량, 수량구성요소, 흡수량, 이용률, 토양화학성 및 미질 등을 종합해 볼 때 사질답, 습답, 중산간답, 냉조풍지, 산간고랭지, 냉수용출답 및 객토답을 제외한 보통답 조건에서는 현행 인산과 칼리 표준시비량 4.5, 5.7 kg 10a⁻¹를 기본량인 3.0, 3.0kg 10a⁻¹로의 조정이 가능하였다.

인 용 문 헌

Hong C. W., Y. S. Kim and Y. K. Kim. 1973. Recommendation of P and K fertilizers for crops based on soil testing. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 6 : 29~31.

James R. B., D. B. Dary, D. G. John, G. H. Roger and N. W. Howell. 1983. Soil Test Interpretations and Recommendations Handbook. University of Missouri - College of Agriculture Department of Agronomy. 13-26.

Juliano B. O., C. M. Perz, A. B. Blakeney, T. Castillo, N. Congseree, B. Laignelet, E. T. Lapis, V. S. Murty, C. M. Paule and B. D. Webb. 1985. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. Staerke 33:157-162.

Jun H. J., B. Y. Yeon, B. G. Jung, Y. S. Song and K. R. Cho. 2004. Demonstration experiment on fertilization rate based on soil testing with soil type. Experimental Report of National Institute of Agricultural Science and Technology. P499-516.

Jung B. G., G. B. Jung, J. H. Yoon, H. J. Jun, K. R. Cho, S. J. Lim and Y. H. Lee. 2003. Monitoring project on agri-environment quality in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology. P14-55.

Lee C. S., B. L. Hur and C. W. Hong. 1979. Experiment on recommendation of optimal application rate for rice. Experimental report of Institute of Agricultural Sciences(Soil & Fert.). P281-

- 300.
- Lee C. S., B. L. Hur, I. S. Ryu, C. S. Park and M. S. Ko. 1982. Determination of the optimum rates of P and K fertilizer application for Tong-il line rices in different paddy soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 15:101-109.
- Lee K. S., W. Y. Choe and H. K. Park. 2001. Effects of fertilization reduction on nutrition physiology of rice. Experimental report of Honam Agricultural Research Institute. P65-71.
- Lee K. S., W. Y. Choe, H. K. Park and J. Y. Lee. 2002. Effects of phosphorus and potassium fertilizer application for rice. Autumn abstract of *Korean J. Soil Sci. Fert.* P83.
- Murayama, N. 1979. The importance of nitrogen for rice production. *Nitrogen and Rice*. IRRI. P5-23.
- Okamoto, T. 1988. Technology for palatability characteristics testing by chemical analysis in rice breeding. Report of Research Conference on Uses and Varieties of rice. China Agriculture Experiment.
- RDA. 1978. Results and direction of major experiment study. National Institute of agricultural Science and Technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea. P103-117.
- RDA. 1989. Increase of fertilization efficiency. Report on results of arable soil improvement project in 1980 ~ 1989. Rural Development Administration, Suwon, Korea. P212-257.
- RDA. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of agricultural Science and Technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2006. Fertilization standard of crop plants. National Institute of agricultural Science and Technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Song Y. S., K. S. Lee, B. G. Jung, H. J. Jun, K. S. Kwak, B. Y. Yeon and Y. S. Yoon. 2006. Determination of N application rates with paddy soil types for production of high rice quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39:86-94.
- Toruyuki, S. 1990. Study on palatability of rice in Japan. A Seminar for Korean and Japan Cooperation Study. NIAST, RDA, Suwon, Korea.
- William E. J., R. M. Frederick and P. D. Robert. 1998. Improved phosphorus recommendations using modified morgan phosphorus and aluminum soil test. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29:1739-1749.