

고품질 완전미 생산을 위한 논 토양유형별 질소 시비량

송요성* · 이기상 · 정병간 · 전희중 · 곽강수¹ · 연병열¹ · 윤영상²

농업과학기술원, ¹작물과학원, ²공주대학교 식물자원학과

Determination of Nitrogen Application Rates with Paddy Soil Types for Production of High Rice Quality

Yo-Sung Song*, Ki-Sang Lee, Beung-Gan Jung, Hee-Joong Jun, Kang-Su kwag¹, Byeong-Yeol Yeon¹ and Young-Sang Yoon²

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

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

²Department of Plant Resources, Kongju National University, Kongju 340-702, Korea

The primary concern on fertilizer recommendations on paddy soils in Korea is not high rice yield but high rice quality, sustainable rice yield, and less environmental loads these days. Based on soil survey data, the paddy soils in Korea were classified into five large management types ; normal, sandy, immatured, poorly drained, saline soil. In order to establish the optimum level of nitrogen fertilizer to increase the rate of head rice yield, field experiments were conducted at 24 farmhouses throughout the country with nitrogen fertilizer treatment levels of 0, 50, 70, 90, 110, 140, 170 kg ha⁻¹ from 2003 to 2004. As the result of the experiment, the optimum rates of nitrogen fertilizer for improving rice quality were 90 kg ha⁻¹ in normal, sandy, and poorly drained soils, 100 kg ha⁻¹ in immatured soils, and 112 kg ha⁻¹ in saline soils where the content of NaCl in soil was below 0.1%. The optimum rates of nitrogen fertilizer were determined in view of head rice percent, protein content, and palatability value of rice.

Key words : Rice quality, Nitrogen application rate, Paddy soil type, Head rice yield

서 언

최근 우리나라 쌀은 연속풍작 및 최소시장접근 (minimum market access : MMA) 물량만큼의 수입량 등에 의한 쌀 재고량 증가와 중국의 WTO(world trade organization) 가입으로 인하여 쌀의 국제경쟁력이 떨어질 것으로 예측되고 있으며, 우리 쌀 생산정책은 증산위주에서 고품질의 안전한 쌀 생산을 위한 영농으로 전환되고 있는 실정이다. 국내의 쌀소비 감소는 지속되겠지만 소비자의 고품질 및 안전농산물에 대한 선호도는 더욱 높아 질 것으로 생각된다. 따라서 쌀시장은 프리미엄급, 고품질, 일반쌀 등 품질에 따른 차별화가 가속화될 전망이다.

쌀 품질에 관여하는 요인으로 질소질비료의 과다사용은 도복과 함께 병해충 발생을 조장하며, 완전미율과 쌀의 맑기를 나타내는 투명도가 낮아지면서, 심복백미와 동할미 비율이 상대적으로 높아지고, 또한 질

소비료의 시비량이 많으면 단백질 함량이 높아 겉층에 단백질체가 많이 존재하게 되어 세포막의 견고로 밥이 딱딱하게 느껴져 밥맛을 저하시키는 요인이 된다. 그리고 쌀의 Mg/K비율이 높을 수록, 아밀로그램 특성의 최고점도와 함께 알칼리 붕괴도가 높을 수록, 텍스트로그래프 특성의 경도/점성비가 낮을 수록 식미가 좋은 것으로 알려져 있다(RDA, 1993; Park et al., 2004). 동일한 수준의 질소질비료를 사용하더라도 분시방법에 따라서도 미질이 달라진다고 한다. 미립이 형성되는 후기의 추비는 미립내 단백질 함량을 높이므로 출수후 추비는 피하는 것이 도열병의 예방뿐만 아니라 미질향상에도 유리하다고 한다(Park et al., 2004; Lee and Oh, 1991).

고품질 쌀의 기준에 관해서는 아직까지 정확히 정의를 내리기가 힘든 현실이다. 그 이유는 지금까지 쌀에 관한 품질기준은 외적인 품위를 기준하여 등급을 분류하였는데 식미가 좋고 품질이 우수한 고품질 쌀의 품질에 영향을 미치는 인자는 품종>질소시비량>단백질함량>기상>재배방법>건조>저장>가공>수확>유통>취반 순으로 볼 수 있다(Eom, 2005; Ahn and Kim,

접수 : 2006. 2. 2 수리 : 2006. 2. 20

*연락처 : Phone: +82312900327,

E-mail: sys111@rda.go.kr

1996).

따라서 우리나라의 시비추천의 목표는 비료의 자원을 최소로 투입하면서 작물수량을 적정 수준으로 유지함에 있다. 현행 시비추천 방법은 작물특성에 맞는 유효양분의 요구도와 토양검정에 의한 토양중 유효양분의 함량을 감안하여 시비량을 추천하고 있다 (NIAST, 1999). 시비된 양분의 용탈과 유거 등 손실 과정을 통하여 환경에 미치는 영향과 기상환경에 따른 작물의 반응 등을 함께 고려한 시비추천으로 보완이 되어야 할 것이며, 또한 수량 등에 미치는 요인들의 합리적인 분석과 아울러 시비추천에 관련되는 이들 요인의 종합된 모델이 필요하다.

최근 우리나라의 벼에 대한 질소시비량은 토양중 유효규산과 유기물 함량을 주요 토양인자로 하여 추천하고 있으며(Park, 1977; Lee et. al., 1988), 또한 기상상태, 지대 및 토성에 따라 구분하여 보다 세분화된 질소시비량을 추천하고 있다(Lee, 1986; Lee et. al., 1988; NIAST, 1999). 벼에 대한 일반계 질소비료의 시비량 조정과정을 개략적으로 연대별로 보면 ('46-56) 80 ('65-68) 106 ('71) 107 ('76) 119 ('78) 128 ('82) 110 ('05) 90 kg ha⁻¹ 이었다(Park et al., 2001; Ryu, 2001).

본 연구에서는 현재 우리나라 일반계 벼 장려품종에 대한 품질의 향상과 관련하여 토양유형을 고려한 질소시비량의 하향조정에 대한 가능성을 검토하기 위하여 농가포장에서 재배시험으로 수행한 결과를 종합 정리하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2003-2004년에 벼 생태형별 적정 질소시비량 시험으로 전국 24개 농가포장을 대상으로 하여 시험을 수행하였다. 논토양은 모래, 미사(微砂), 점질 등의 함유비율로 나타내는 토성을 포함하여 물빠짐, 작토층의 변화, 작토층의 깊이, 유효토심 및 지하수위 등 물리적 특성을 기준으로 하여 보통논, 사질논, 고논, 미숙논, 염해논 등 5개의 유형을 대상으로 하였다.

논유형별로 볼 때 시험포장수는 보통논 12, 사질논 5, 고논 1, 미숙논 3, 염해논 3개소이었다. 시험에 사용한 벼품종은 당해 지역의 장려품종이며, 질소 시용수준은 성분량으로 0, 50, 70, 90, 110, 140, 170 kg ha⁻¹인 7 수준으로 하였다. 다만 염해논은 일반논과 다소 다르게 하여 중부지역 남양과 호남지역 계화에서는 질소 0, 70, 110, 150, 180, 200, 240 kg ha⁻¹인 7수준, 남부지역 해남에서는 일반논과 동일한 질소수준을 두어 작물과학원과 공동연구로 수행하였다. 시험이 수행된 염해논은 모두 간척후기로 NaCl 함량이 0.1%이하로 속담화가 진전된 토양이었다. 시험성적을 집계하는 과정에서 동일한 시비수준에서 완전미수량 및 품질요인의 논유형별 비교와 가중평균으로 본 전국치 집계를 위하여 일반논과 질소수준이 다른 염해논의 경우는 시비수준과 각 조사요인과의 관계인 2차회귀곡선식에 의하여 수량 및 품질요인의 수치를 산정하여 동일한 질소 시비수준에서 논유형간의 차이를 알 수 있도록 하였다. 비종은 질소는 요소, 인산은 용과린, 칼리는 염화加里로 하여 농촌진흥청의 기비 및 추비의 표준시비법(RDA, 1999)에 준하여 분시하였다.

2004년에 수행한 시험전 토양의 이화학적성을 Table 1에서 보면 토성은 보통논, 미숙논 및 염해논은 식양질 및 식질토양, 사질논과 고논은 사양질 토양이었다. 전체적으로 토양의 pH, 유기물, 총질소 및 치환성 염기 함량은 우리나라 논토양 평균함량과 비슷하였다. 다만 유효인산 함량은 매우 적으나 유효규산 함량은 매우 많았다. 논유형별로 볼 때 시험수가 1개소에 불과한 고논을 제외한 다른 유형간에서 비교하면 미숙논과 염해논에서 유기물, 유효인산 함량이 낮으며, 보통논과 미숙논에서 유효규산 함량이 높았다. 속담인 염해논은 일반논의 유효규산과 치환성 칼륨함량과 유사하였으나 토양의 pH가 낮은 것이 특징이었다.

수확기 식물체중 쌀의 무기성분 함량 분석은 HClO₄+H₂SO₄로 분해하여 T-N는 Micro-Kjeldahl 법으로 증류하였다(RDA, 2000). 백미품위는 쌀 외관품위측정에 KETT RN-500을 이용하여 완전립비, 분상질립비, 싸라기비 및 피해립비를 조사하였고, 아밀로

Table 1. Physico-chemical properties of soil used for the field experiment.

Soil type	Soil tex.	pH	OM	T-N	Av.P ₂ O ₅	Exchangeable Cation			SiO ₂
						K	Ca	Mg	
		1:5	g kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	----- cmol ⁺ kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹
Normal	SiCL-CL	5.8	25	0.12	60	0.39	5.9	1.2	281
Sandy	SL	5.7	26	0.11	73	0.18	3.5	0.4	112
Poorly drained	SL	7.0	14	0.06	89	0.15	7.8	2.1	221
Immatured	CL-C	5.5	22	0.12	47	0.43	5.4	1.8	240
Saline	SiCL	5.4	13	0.09	16	0.66	4.6	4.2	119
Average	SL-C	5.7	22	0.10	57	0.36	5.3	1.6	205

스 함량 분석은 Juliano의 요오드 비색 정량법으로 하였으며(Juliano et al., 1981), 단백질 함량은 쌀 중 총 질소 함량에 단백질 환산계수 5.95를 곱하여 계산하였다. 식미의 평가는 식미계(Toyo MA-90)를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

2003-2004년도 보통논 12, 사질논 5, 고논 1, 미숙논 3, 염해논 3개소로 합계 24개 농가포장에서 그 지역에 알맞은 장려품종을 공시하여 재배시험한 결과는 Table 2 및 Table 3과 같다. 논 토양유형별 질소 시비 수준에 따른 쌀 수량과 완전미 수량은 토양유형에 관계없이 질소 시비수준이 증가할수록 많아지는 경향이 나 토양유형별로 쌀 수량을 보면 보통논과 사질논에서 많았고, 고논에서 적었으나, 완전미 수량은 염해논, 보통논, 사질논, 미숙논 순으로서 염해논에서 많은 점이 특징이었다.

참고로 질소 시비수준과 완전미 수량과의 관계인 2 차회귀곡선식에서 완전미 수량을 최대 생산한 즉

토양유형의 특성을 최대 발현한 질소시비량을 Table 3에서 보면 ha당 보통논 138 kg, 사질논 148 kg, 고논 159 kg, 고논 170 kg, 염해논 190 kg로서 Table 2의 쌀수량을 최고로 하는 질소시비량보다는 현저히 절감해 줄 수 있음을 알 수 있다.

Table 4는 벼의 토양유형별 질소시비수준에 따른 완전미 비율을 조사한 결과이다. 완전미 비율은 질소 시비수준이 증가함에 따라 감소하고 있다. 답 유형별 전체를 평균하여 볼 때 질소 시비수준 90-110 kg ha⁻¹에 비하여 질소비료 50-70 kg ha⁻¹수준에서 완전미 비율이 2-3% 정도 높았지만, 다량인 질소 140-170 kg ha⁻¹의 시비수준에서는 완전미 비율이 오히려 1.0% 정도 근소한 차이로 낮은 결과를 보였다.

논토양 유형별로 볼 때 완전미 비율은 염해논 90%, 미숙논 88%로 높은 유형에 포함되었으며, 보통논, 사질논, 고논은 유형간에 차이 없이 완전미 비율이 85%로 동일하였다. 완전미 비율은 질소질비료 시용량의 다소에 따른 영향이 있는데 그 기여도는 18% 정도인 것으로 알려져 있다(Ahn et al., 1996).

Table 2. Yield of polished rice with paddy soil type and N application levels. (Unit: kg ha⁻¹)

N levels	Paddy soil type					Average
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	
0	4,090	4,080	3,140	3,380	3,930	3,940
50	4,730	4,620	3,860	4,330	4,520	4,595
70	4,980	4,890	4,140	4,670	4,680	4,850
90	5,170	5,170	4,410	4,890	4,890	5,068
110	5,290	5,310	4,770	5,180	5,070	5,231
140	5,380	5,310	4,910	5,410	5,210	5,328
170	5,320	5,360	5,030	5,480	5,320	5,336
200	-	-	-	-	5,400	-
240	-	-	-	-	5,350	-
Aver. yield	4,994	4,963	4,323	4,763	4,930	4,907
Max. N levels	151	165	170	170	214	167

Table 3. Yield of head rice with soil type and N application levels. (Unit: kg ha⁻¹)

N levels	Paddy soil type					Average
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	
0	3,590	3,550	2,490	3,090	3,620	3,477
50	4,070	3,960	3,430	3,920	4,190	4,017
70	4,270	4,190	3,540	4,150	4,290	4,210
90	4,350	4,350	3,780	4,260	4,410	4,322
110	4,430	4,490	4,120	4,470	4,580	4,453
140	4,480	4,400	4,130	4,610	4,680	4,490
170	4,400	4,440	4,120	4,730	4,740	4,480
200	-	-	-	-	4,750	-
240	-	-	-	-	4,680	-
Aver. yield	4,227	4,197	3,659	4,176	4,438	4,207
Max. N levels	138	148	159	170	190	151

Table 4. Percent of head rice with soil type and N application levels. (Unit : %)

N levels (kg ha ⁻¹)	Paddy soil type					Average
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	
0	88	87	80	91	92	88
50	86	86	89	91	91	87
70	86	86	85	89	92	87
90	84	84	86	87	90	85
110	84	84	86	86	90	85
140	83	83	84	85	90	84
170	83	83	82	86	89	84
200	-	-	-	-	89	-
240	-	-	-	-	89	-
Average	85	85	85	88	90	86

질소질비료의 시용량이 많으면 완전미비율이 감소되는 것 이외에도 싸라기, 금간쌀 등 불완전미와 외관의 선호도를 떨어뜨릴 뿐 만 아니라, 밥 짓기 때 전분이 녹아나 밥 맛을 현저히 떨어뜨린다고 하였다 (Toruyuki, 1990). 농림부와 농촌진흥청은 지난 2001년부터 2004년까지 4개년에 걸쳐 매년 정기적으로 대표적인 시중 유통 브랜드 쌀에 품위조사를 실시한 결과에 의하면 완전미 비율은 2000년 57.4%, 2001년 71.4%, 2002년 74.2%, 2003년 82.1%, 2004년 85.5%로 우리나라 쌀의 품질이 연차의 경과에 따라서 점차적으로 개선되어 왔음을 알 수 있었다(Eom, 2005).

논토양 유형별 벼에 대한 질소시비수준에 따른 단백질 함량을 조사한 성적은 Table 5와 같다. 논토양 유형에 관계없이 단백질 함량은 질소 시비수준에 따라 차이가 있어서 질소 110 kg ha⁻¹를 기준해서 불 때 질소 90 kg ha⁻¹이하인 감비구는 6.6-6.7%에서, 질소 140 kg ha⁻¹ 이상인 증비구는 7.1-7.3% 로 질소수준이 증가함에 따라 단백질 함량이 많아지는 결과를 보였다. 토양유형별로 본 단백질 함량은 고논, 사질논, 염해논, 보통논, 미숙논 순으로 고논에서 가장 많았던 반면에, 미숙논에서는 가장 적었다.

여기서 주목되는 사실은 보통논에서는 질소무비구

나 50 kg ha⁻¹ 시비구에서는 고품질의 지표가 되는 단백질 함량이 6.5%로 조사되었으나 미숙논에서는 질소 무비구를 포함하여 110 kg ha⁻¹ 시비구이하 질소수준에서는 단백질 함량이 6.2-6.3%로 낮은 함량을 보인 점이다.

질소시비량과 미질과의 상호관계는 부의 관계가 성립한다는 일반적인 사실과 같이 질소시비량의 증가에 따른 쌀의 단백질함량 증가로 미질이 불량해지는 것으로 알려져 있으며, 밥의 점성이나 조직감을 나쁘게 하고 또한 쌀의 전분 세포막 물질을 만들어 밥의 부드러움을 깨틀어 식미를 저하시킨다. 특히 출수기에 질소의 과다 추비는 쌀알의 질소함량을 높일 뿐만 아니라 단백질 함량도 높여 밥 맛을 나쁘게 한다고 한다(Lee and Oh, 1991; Ahn and Kim, 1996; Cha et al., 1982; Choi, 1996).

Table 6은 식미관련 형질을 나타낸 것이다. Toyo 식미치는 토양유형에 따라 질소 시비수준이 증가할수록 약간씩 차이는 있으나, 전체적으로 보아 질소 시비수준이 증가할수록 Toyo 식미치가 낮아지는 경향이 있었다. Table 7의 아미로스함량은 질소 시비수준 간에는 차이가 없으나, 토양유형 간에는 큰소한 차이가 있어서 보통논, 사질논, 염해논에서 높았고, 고논과 미숙논

Table 5. Content of protein in rice with soil type and N application levels. (Unit: %)

N levels (kg ha ⁻¹)	Paddy soil type					Average
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	
0	6.5	6.6	7.4	6.2	6.9	6.6
50	6.5	6.6	7.3	6.2	6.9	6.6
70	6.7	6.6	7.3	6.2	6.9	6.7
90	6.7	6.8	7.4	6.2	7.0	6.7
110	6.9	7.0	7.2	6.3	7.1	6.9
140	7.1	7.1	7.6	6.6	7.2	7.1
170	7.3	7.4	7.8	6.6	7.4	7.3
200	-	-	-	-	7.5	-
240	-	-	-	-	7.6	-
Average	6.8	6.9	7.4	6.3	7.2	6.8

에서 다소 낮아지는 경향이였다.

최근 미질의 지표로서 식미 평가의 객관화를 위한 다양한 방안이 모색되고 있으나, 식미 측정장치를 이용한 식미치는 관능평가 결과와의 편차가 있어서 간접적인 참고자료로만 이용되고 있다. 식미의 정확한 평가를 위해서는 쌀 중 수분함량이 15% 수준을 유지하는 것이 중요하며, 식미치가 최소 75 이상은 되어야만 양질미로 평가되고 있다(Choung et al., 1995). 밥의 점성을 결정하는 주요 성분은 amylose와 amylopectin이 있는데 두성분의 조성비에 의해 쌀의 식미가 결정된다. 따라서 아미로스 함량이 높을수록 밥의 경도는 커지고 점성은 떨어지는데, 일반적으로 국내에서 재배되는 일반계 품종의 아미로스함량은 17-20% 범위로 알려져 있다(Choi, 1996).

고품질의 쌀을 생산하기 위해서는 품종, 재배관리, 수확 후 관리기술 등 각 단계별로 세심한 관리가 필요한데 이 중에서 완전미로 손쉽게 향상시킬 수 있는 방법 중의 하나로 질소시비법 개선을 들 수 있다. 안전한 지속적인 수량생산을 위한 시비량 결정은 Cate & Nelson(1965)과 Reagan(1994)은 최고수량의 95% 수준, Lee et al.(2005)은 최고수량의 98% 수준, Bray(1994)는 최고수량의 95-98% 수준의 수량을 낼

수 있는 시비량을 적정량으로 하는 것이 타당하다고 제안한 바 있다. Table 8에서 보는 바와 같이 완전미 생산으로 본 토양유형에 따른 적정 질소시비량은 시비수준별 수량에서 최고수량을 100으로 보았을 때 Bray 방법(Bray, 1994)에 따라 95-98% 수준의 수량을 생산할 수 있는 시비량이다. 이러한 적정시비량은 보통논, 사질논, 고논은 80-100 kg ha⁻¹, 미숙논 90-110 kg ha⁻¹, 염해논(숙전) 100-130 kg ha⁻¹ 이었으며, 이러한 시비수준은 완전미의 지속적인 안정생산은 물론, 단백질 함량과 밥맛 등의 요인을 고려하여 질소수준을 하향조정하였다. 적정 질소시비량(적정시비량의 중간치)은 보통논, 사질논, 고논은 89 kg ha⁻¹, 미숙논 100 kg ha⁻¹, 염해논(숙전) 112 kg ha⁻¹ 이었다. 여기서 질소 적정량의 하한치를 결정한 최고수량의 95%수준은 ha당 쌀수량이 5,000 kg 이상이나 되어 실제 전국의 쌀수량을 상회하고 있음을 알 수 있었다(Table 9). 농촌진흥청 자료에 의하면 전국 평균 쌀수량은 ha당 2004년 5,040 kg, 2005년 4,900 kg 이었다.

목표수량 즉 완전미 수량과 쌀 수량 수준별 질소시비량은 Table 9와 같다. 그림1에서 2차회귀곡선을 적용하여 목표수량에 따른 완전미 수량과 쌀 수량은 질소시비량이 증가할수록 많아지는 경향이였다. 시험수

Table 6. Toyo palatability value with soil type and N application levels.

N levels (kg ha ⁻¹)	Paddy soil type					
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	Average
0	71.7	73.1	70.8	80.9	74.5	73.5
50	71.0	71.9	73.7	80.9	75.6	73.1
70	68.5	72.0	72.6	80.5	75.0	71.7
90	70.0	71.1	72.4	80.1	74.9	72.2
110	69.1	69.6	70.9	79.8	75.0	71.4
140	66.8	68.4	71.0	79.1	74.0	69.7
170	64.8	67.0	70.9	78.4	73.5	68.3
200	-	-	-	-	72.3	-
240	-	-	-	-	71.3	-
Average	68.8	70.4	71.8	80.0	74.0	71.4

Table 7. Content of amylose in rice with soil type and N application levels. (Unit: %)

N levels (kg ha ⁻¹)	Paddy soil type					
	Normal	Sandy	Poorly drained	Immatured	Saline	Average
0	18.9	18.8	17.8	18.3	18.8	18.7
50	18.8	18.9	17.9	18.3	18.8	18.7
70	18.7	18.9	18.1	18.3	18.8	18.7
90	18.8	18.8	17.9	18.4	18.7	18.7
110	18.7	18.7	18.1	18.3	18.8	18.6
140	18.8	18.9	18.0	18.3	18.8	18.7
170	18.8	18.8	18.1	18.2	18.8	18.7
200	-	-	-	-	18.7	-
240	-	-	-	-	18.7	-
Average	18.8	18.8	18.0	18.3	18.8	18.7

Table 8. Optimal N application levels of head rice with paddy soil type.

Paddy soil type	Range of opt. N levels	Opt. N levels
		kg ha ⁻¹
Normal	80-100 [†]	89
Sandy	80-100	89
Poorly drained	80-100	89
Immatured	90-110	100
Saline	100-130	112

[†] Levels of optimal N application were determined in view of head rice, protein content and palatability value.

행시의 질소 표준시비량(110 kg ha⁻¹)에 비하여 적정 질소시비량 (90 kg ha⁻¹)일때 완전미 수량(4,333 kg ha⁻¹)과 쌀 수량 (5,049 kg ha⁻¹) 은 2-3%정도 낮아지는 경향이지만 앞에서 언급한 바와 같이 질소질비료의 절감은 완전미 비율과 Toyo 식미치의 증가 및 단백질 함량의 감소로 나타나 품질향상에 유리하게 영향하였음을 알 수 있다. 또한 질소시비량이 많으면 쌀의 심복백미와 불완전미가 증가하여 쌀의 외관 품질이 저하될 뿐만 아니라 상품가치가 낮아지게 되는 잘 알려져 있다.

작물의 생산효율을 높이고 환경부담을 줄이기 위해서는 필지별로 토양의 비옥도 성분을 정확히 검정하여 작물별로 알맞은 시비량을 사용하는 기술, 즉 경제적이고 환경친화적인 과학적 시비관리가 무엇보다 필

요하다. 지금까지는 농업과학기술원에서는 벼에 대한 표준시비량과 검정시비량을 설정 또는 조정하여 농가에 보급한 바 있다. 부수적으로 우리나라 논토양정점조사 결과의 토양검정치(Jung et al., 2003)를 질소시비 추천식에 대입할 경우 조정된 질소시비량에 접근되도록 Table 10의 시비량 보정계수에 의해 시비추천식을 하향조정하였다.

벼에 대한 현행 질소검정 시비추천식 “N(kg ha⁻¹) = 127.4 - 1.52 · OM + 0.28 · SiO₂”에 2003년 정점조사결과(Jung et al., 2003) 우리나라 논토양 평균치인 유기물함량 23 g kg⁻¹와 유효규산함량 118 mg kg⁻¹을 적용하면 질소 125 kg이 추천됨으로 이를 기존의 표준시비량 110kg에 접근되게 하기 위해 시비량 보정계수(F값, 0.877)를 곱해 “N(kg ha⁻¹) = 111.7 - 13.3 ·

Table 9. N application rates for head and polished rice yield with goal levels. (Unit: kg ha⁻¹)

Rice	N application levels									
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Head	4,127 (93 [†])	4,204 (95)	4,273 (97)	4,333 (98)	4,384 (99)	4,425 (100)	4,458 (101)	4,481 (101)	4,496 (102)	4,501 (102)
Polished	4,764 (92)	4,869 (94)	4,964 (96)	5,049 (97)	5,124 (99)	5,188 (100)	5,242 (101)	5,285 (102)	5,319 (103)	5,342 (103)
% of head rice	86.6	86.3	86.1	85.8	85.6	85.3	85.0	84.8	84.5	84.3

[†] Yield index in each corresponding

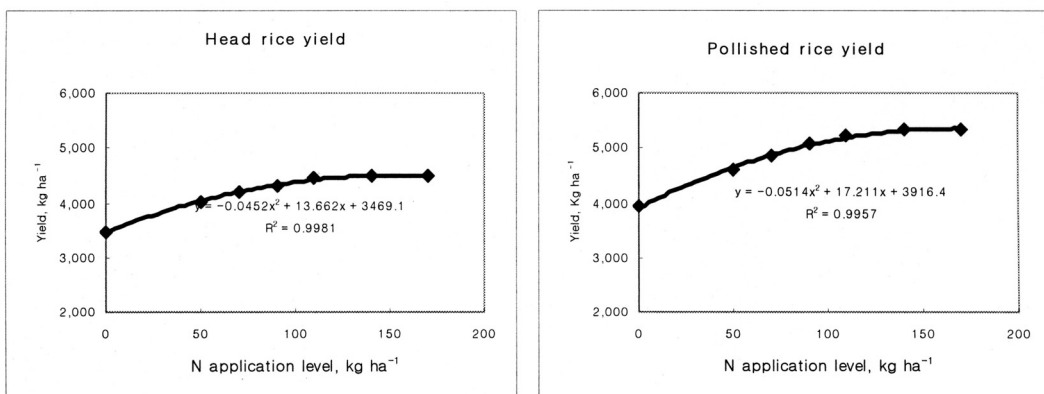


Fig.1. Yield of head and polished rice with N application levels.

OM + 0.25 · SiO₂”인 질소 시비추천식을 제시하였다. 표준시비량 110 kg ha⁻¹를 1.00으로 보았을 때 완전 미 비율을 고려한 시비량 보정계수 F값 0.82를 얻을 수 있었으며, 이러한 F값을 적용하여 보통논 기준, 품질을 향상시킬 수 있는 질소시비량(ha당 90 kg)임을 고려하여 전국 논토양 평균인 유기물과 유효규산 함

량을 적용할 경우 ha당 90 kg 수준이 산출될 수 있는 질소 시비추천식 “N(kg ha⁻¹) = 91.4 - 1.09 · OM + 0.2 · SiO₂”를 도출하였다. 우리나라 논토양 평균 검정치를 적용할 때 벼의 표준시비량에 접근되도록 하기 위해 질소 시비량 보정계수를 적용하였다.

Table 11은 질소시비량에 따른 수확기 식물체, 쌀의

Table 10. Rice yield and correction coefficient by N fertilizer rates. (Unit: kg ha⁻¹)

N rate	Correction coefficient (F)	Head rice		Rice	
		Yield	Index	Yield	Index
110	1.00	4,340	100	5,000	100
90	0.82	4,230	97	4,840	97

Modified N recommendation based on the monitoring data of soil chemical properties in 2003 : N(kg ha⁻¹) = 91.4 - 1.09 · OM + 0.2 · SiO₂

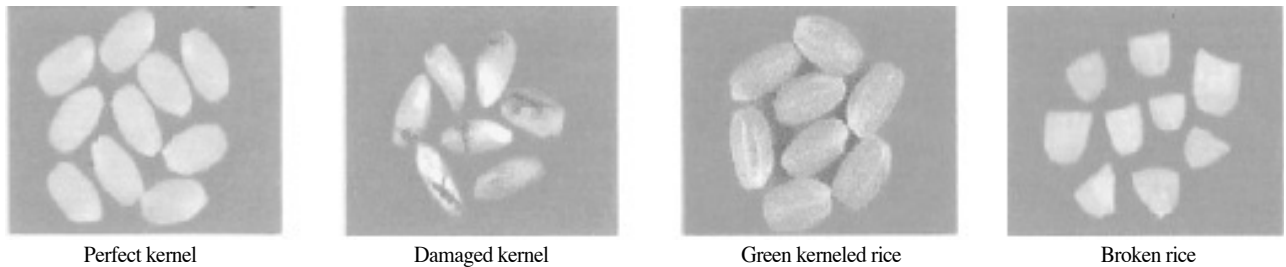


Fig. 2. Characteristics of rice quality.

Table 11. Content of N in rice at harvesting stage with N application levels. (Unit : %)

Region	N levels (kg ha ⁻¹)	T-N			Rice		
		Cereal	Leaf	Stem	T-N	Protein	Mg/K
Suwon	0	1.19	1.02	0.61	0.60	3.75	1.95
	50	1.20	1.18	0.65	0.62	3.88	1.63
	70	1.19	1.19	0.66	0.63	3.94	1.63
	90	1.21	1.28	0.69	0.64	4.00	1.63
	110	1.30	1.34	0.77	0.73	4.56	1.63
	140	1.38	1.44	0.78	0.70	4.38	1.43
	170	1.34	1.68	0.94	0.70	4.38	1.27
Cheolwon	0	1.11	0.77	0.54	0.55	3.44	2.05
	50	1.17	0.78	0.59	0.56	3.50	1.88
	70	1.17	0.80	0.58	0.62	3.88	1.79
	90	1.23	0.84	0.59	0.66	4.12	1.63
	110	1.13	0.85	0.62	0.80	5.00	1.63
	140	1.20	0.97	0.64	0.83	5.18	1.50
	170	1.18	1.13	0.69	0.91	5.68	1.37
Namyang	0	1.03	0.74	0.45	0.76	4.75	2.05
	70	1.10	0.79	0.51	0.78	4.88	1.43
	110	1.12	0.96	0.52	0.79	4.94	1.20
	150	1.15	1.11	0.62	0.94	5.88	1.20
	180	1.14	1.10	0.72	0.92	5.75	1.20
	200	1.13	1.06	0.72	0.90	5.62	0.98
	240	1.12	1.10	0.70	0.85	5.31	0.91

* Study on establishment of optimal N rate with ecology type for rice (National Institute of Crop Science, 2004)

* Rice varieties : Hwa-seong byeo, Sang-mi byeo, O-dae byeo

T-N 함량과 단백질, Mg/K 당량비를 조사한 성적을 보면 지역에 관계없이 질소시비량이 증가할수록 곡립, 잎, 줄기 및 쌀의 T-N 함량은 많아지는 경향이었고, 단백질함량도 질소시비량이 증가할수록 많아지는 반면, Mg/K 당량비는 질소시비량이 증가할수록 낮아지는 경향이였다.

Okamoto(1988)는 출수기 전후 15일경에 마그네슘을 함유하는 엠지오 21액제(수용성고토 21% 함유)를 엽면시비하면 등숙비율이 높아져 완전미 비율, 투명도가 높아지며, 전분의 점성 및 밥의 조직감이 향상되어 식미를 높일 수 있음을 지적하였다. 미질관련 인자의 상호관계에서 현미중 Mg/K 및 Mg/N비율이 낮으면 복백미의 발생이 많아 진다고 하였으며, 또한 Okamoto(1988)와 Toruyuki(1990)는 양질미의 특성으로는 Mg와 P함량이 높아야 하고 N, K, 아밀로스 함량은 낮은 것이 식미가 좋다고 하였다.

적 요

우리나라 고품질 완전미의 안전생산을 위한 적정 질소시비량을 설정하기 위하여 2003-2004년에 전국 24 농가포장을 대상으로 논토양 유형별로 재배시험을 수행하였다.

토양유형별 쌀 수량, 완전미 수량 및 단백질 함량은 질소시비수준이 증가할 수록 많아지는 경향이고, 토양유형별 완전미 비율 및 Toyo 식미치는 질소시비수준이 증가하면 오히려 낮아지는 경향을 보였다.

지역별로 본 수확기 식물체와 쌀의 T-N 함량과 단백질함량도 질소 시비량 증가로 많아지는 반면, Mg/K 당량비는 오히려 질소 감비로 증가하는 경향이였다.

고품질미의 안전생산을 위하여 하향 조정된 논토양 유형별 질소의 적정시비량은 ha당 보통논, 사질논, 고논 80-100 kg(89 kg), 미숙논 90-110 kg (100 kg), 염해논(숙답) 100-130 kg(112 kg) 이였다.

인 용 문 헌

Ahn, S.Y., and D.H. Kim. 1996. Effects of application rates on quality of rice. Institute of Agricultural Resources Research, Dong-A Univ., Korea. 3:9-16.

Bray, R.H. 1994. A nutrient mobility concept of soil-plant. relations. Soil Sci. 78:9-22.

Cate, R.B., and L.A. Nelson. 1965. A rapid method correlation of soil test analysis with plant response data. International Soil Testing Tech. Bull. No. 1. Approved by the North Carolina State University. Agricultural Experiment Station.

Cha, K.H., Y.S. Kim, and D.K. Lee. 1982. Effects of application levels of fertilizer on the susceptibility to bacterial leaf blight, yield

and quality of grains in nineteen rice cultivars in Jeonnam region. Korean J. Plant Prot. 21:216-221.

Choi, Y.K. 1996. Characteristics of quality with fidelity distribution and fidelity of rice grain under the different rice cultivars and cultivation environments. Graduate School, Jeonbuk National University. Jeonju, Korea.

Choung, J.I., S.J. Seok, W.Y. Choi, and T.O. Kwon. 1995. Variation of rice quality characteristics with rice cultivation type in Honam Area. Research Report of Rural Development Administration. 37:61-67.

Eom, K.C. 2005. Measure for improving rice quality with market sale of imported rice. In proceedings of symposium for improving rice quality in Korea. p.27-51. National Institute of Crop Science, RDA.

Juliano, B.O., C.M. Perz, A.B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E.T. Lapis, V.V.S. Murty, C.M. Paule, and B.D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. Staerke 33:157-162.

Jung, B.G., G.B. Jung, K.R. Cho, S.J. Lim, H.J. Kim, Y.K. Nam, Y.H. Moon, H.K. Kwon, Y.J. Suh, Y.H. Lee, and S.C. Lee. 2003. Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. p.9-17. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA.

Lee, C.S. 1986. Studies on determination of N-fertilizer rates for increasing rice yield in paddy soils. Research Reporters of RDA. 28:6-21.

Lee, C.S., H.K. Kwak, K.S. Hwang, and J.K. Park. 1988. Estimation for application amount of N fertilizer in mid mountainous paddy soils with special reference to content of organic matter and available silica in Soils. Research Reporters of RDA. 30:41-47.

Lee, C.S., J.T. Lee, G.J. Lee, Y.N. Yoon, and S.W. Hwang. 2005. Recommendations of NPK fertilizers based on soil testing for major crops in Alpine area. Research Report of National Institute of Highland Agriculture, RDA. p.29-54.

Lee, J.H., and Y.J. Oh. 1991. Yield and quality of rice by continuous application of NPK and organic matter. Korean J. Crop Sci. 36:332-339.

Lee, S.E, J.K. Park, J.H. Yoon, and M.S. Kim. 1987. Studies on the chemical properties of soil under the vinyl house cultivation. Research Report, Rural Development Administration (Soil and Fertilizers) 29:28-34.

NIAS. 1999. Fertilizer application recommendation for crops. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA.

Okamoto, T. 1988. Technology for palatability characteristics testing by chemical analysis in rice breeding. Reports of Research Conference on Uses and Varieties of Rice. China Agriculture Experiment.

Park, C.S. 1977. Determination of nitrogen dosage for paddy from interrelated organic matter and silica soil test values. Proceeding of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management under Intensive Agriculture p.230-239.

Park, Y.H., J.Y. Lee, S.C. Kim, and P.J. Kim. 2001. Evaluation study on environmental affects by fertilizer use in cultivation lands. Research Report of National Institute of Agricultural

- Science and Technology. RDA. p.3-46.
- Park, Y.H., Y. Lee, J.S. Noh, S.C. Kim, and K.S. Lee. 2004. Integrated nutrition management for rice cultivation. Plant Nutrition Division, Dept. of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- RDA. 1993. Effect of foliar application of liquid magnesium fertilizer on rice quality, Practical use of farming agriculture (Soil & Fertilizer), Rural Development Administration, Suwon, Korea
- NIAST. 1999. Methods of Soil and Crop Plant Analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Reagan, M.W. 1994. Best management practices for phosphorus fertilization. Best Management Practices for Colorado Agriculture p.1-20.
- Ryu, I.S. 2001. A plan of fertilizer application for minimizing environment influence. In proceedings of symposium on integrated nutrient management for friendly environment agriculture. National Institute of Agricultural Science and Technology p.53-68.
- Toruyuki, S. 1990. Study on palatability of rice in Japan. A Seminar for Korean and Japan Cooperation Study. NIAST, RDA, Suwon, Korea.