

## 남부 산간고랭지에서 쌀 품질 향상을 위한 적정 질소시비량

김상수<sup>†</sup> · 최원영 · 남정권 · 이준희 · 백남현 · 박홍규 · 최민규 · 김정곤

작물과학원 호남농업연구소

### Optimum N-fertilization Level for Quality Rice Production in the Southern Alpine Area of Korea

Sang-Su Kim<sup>†</sup>, Weon-Young Choi, Jeong-Kwon Nam, Jun-Hee Lee, Nam-Hyun Back, Hong-Kyu Park, Min-Kyu Choi, and Chung-Kon Kim

Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA. Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT** The effect of N-fertilization on yield, milling characteristics and quality of Samcheonbyeol, an early maturing rice variety, was investigated in 2002 to 2004. The study was carried out in the southern alpine area of Unbong Sub-Station, Honam Agricultural Research Institute. Higher nitrogen levels increased number of panicle and grain per unit area, but lowered ripening rate and decreased 1,000-grain weight. Higher nitrogen levels of up to 90 kg/ha also increased head rice yield. A nitrogen level of 90 kg/ha was found optimal for increasing ripening rate and head rice yield, and rice palatability.

**Keywords** : rice, nitrogen level, rice quality, head rice yield

우리나라는 지속적인 쌀 수량증대, 소비감소, WTO 협상 타결에 의한 수입쌀의 증가 등으로 쌀이 공급 과잉 되었고, 가공용으로 한정되어 수입되던 쌀이 금년부터 밥쌀용으로 허용됨으로써 국내산 쌀의 국제 경쟁력 제고를 위하여 품질 향상을 위한 재배기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

쌀 품질은 품종, 재배기술 등과 매우 밀접한 관계가 있는데 질소 시비량은 벼의 초형, 병해충 및 기상재해 발생 등에 복합적으로 영향을 미치는데, 질소 부족은 수량을 감소시키고 과다는 병해충, 도복 발생 등으로 수량감소는 물론, 쌀의 단백질 함량을 높여 품질을 크게 저하시킨다(Kim *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2003).

질소는 작물 생산성과 밀접한 관계를 가지고 있어 단백질을 합성하고 생육을 유지시키며 동화물질 생성에 필수적인

요소이다(Roh *et al.*, 1977). Lee and Park(1981)은 질소시비량과 수확기의 엽신 질소함량과는 정의 상관성이 있고 질소 다비상태에서는 동화물질의 전류저해 때문에 등숙비율이 저하된다고 하였다. 한편 질소는 영화의 분화와 퇴화에 영향을 주는데 분화된 영화의 퇴화는 전체 영화에 대하여 그 수가 매우 적으므로 단위면적당 영화수는 출수기까지 흡수된 총질소량에 의하여 설명될 수 있다(和田, 1969). 또한 다량의 질소를 이용하면 특히 일조가 부족한 상태에서는 화사의 이상신장, 약의 불완전 열개 및 발아, 화분립의 감소 등으로 불임률이 증가된다(戶苑와 柏倉, 1958). 그러나 우리나라에서 지금까지 질소 시비에 대한 연구는 주로 생육이나 수량반응을 본 것이며, 품질은 외관품위 중심으로 연구가 일부만 수행되어 왔다(Oh *et al.*, 1991; Park and Lee, 1988). Kang *et al.*(1997)과 Lee *et al.*(2003)은 질소시비량이 증가함에 따라 완전미비율은 뚜렷하게 감소되고, 쌀 단백질 함량은 유의하게 증가되며 아밀로스 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 증가하는 경향이나 그 차이는 적다고 하였다. 최근까지의 질소시비량은 수량 및 재배의 안정성을 고려하여 설정되어 있고 아직도 농가의 질소시비량은 표준 시비량인 10a당 11kg을 초과하는 실정이다(농림부, 2002).

본 연구는 남부 산간고랭지에서 고품질 쌀 생산을 위한 적정 질소 시비량을 구명하고자 2002~2004년에 호남농업연구소 시험지인 운봉에서 수행한 시험결과를 보고하고자 한다.

#### 재료 및 방법

본 시험은 남부 산간고랭지에서 적정 질소시비량을 구명

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2172 (E-mail) kimss28@rda.go.kr

하고자 2002~2004년에 남부 산간고랭지인 운봉의 佳川統에서 수행되었다. 시험토양의 시험 전 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 시험품종은 조생종인 삼천벼로 35일간 육묘하여 5월 21일에 재식거리 30×12 cm로 기계이앙 하였다. 10a당 시비량은 질소는 0, 5, 7, 9, 11(표준), 14, 17 kg, 인산 7.7 kg, 칼리 9.3 kg으로 하였으며 질소와 칼리는 기비 : 수비 = 70 : 30%로 분시 하였고 인산은 전량 기비로 사용하였다.

엽면적은 반복별로 생육이 평균인 포기를 3포기씩 채취하여 자동엽면적측정기(LI-3100, li-cor, USA)로 조사하였으며, 건물중은 엽면적을 측정된 시료를 100℃에서 30분간 건조하고 80℃에서 2일간 건조하여 조사하였다. 출수 후 적산온도 1,100℃ 내외가 되는 날에 수확하여 정조 수분이 15~16% 정도가 되도록 통풍 건조 후 도정하여 쌀 품질, 수량 등을 조사하였다. 현미 및 쌀의 품위는 RN-500(Kett, Japan)으로, 아밀로스 및 단백질 분석은 근적외선분석기인 AN-700(Kett, Japan)으로 하였으며, 식미는 취반한 쌀의 보수막을 측정하여 식미를 나타내는 식미계(TOYO 미도메타, MA-30A, Japan)를 이용하여 측정하였다. 식물체의 질소함량은 Indophenol Blue법(RDA, 2000)으로 분석하였으며, 기타 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 의하여 조사하였다.

## 결과 및 고찰

질소시비량에 따른 출수기 및 출수기 벼 생육특성은 Table 2에서와 같다. 출수기는 질소 5 kg/10a 시비에서는 8월 1일, 질소 7~14 kg/10a 시비에서는 8월 2일, 질소 17 kg/10a 시비에서는 8월 3일로 질소시비량이 많을수록 출수가 지연되는 경향이였다. 한편 엽면적지수는 질소시비량이 증가함에 따라 높았는데 질소 11 kg/10a 이상 증비에서는 큰 차이가 없었으며, 지상부 건물중도 엽면적지수와 같은 경향으로 질소 11 kg/10a 시비까지는 많아졌으나 그 이상의 질소증비에서는 시비량간에 별 차이가 없었다. SPAD meter(Minolta-300, Japan)로 측정된 엽색은 질소시비량이 증가할수록 짙었는데 질소 9 kg/10a 시비까지는 높아졌고 그 이상의 질소 증비에서는 별 차이가 없었다. 엽신과 줄기 + 엽신 + 이삭의 질소 함량은 질소시비량이 증가할수록 높아지는 경향이였다.

이와 같은 결과는 질소 시비량이 많을수록 벼의 질소 흡수량이 많아 광합성량이 증가되었기 때문으로 생각된다.

질소시비량에 따른 수량구성요소, 쌀 수량 및 완전미 수량을 보면 Table 3에서와 같다. m<sup>2</sup>당 평균 수수는 401개, m<sup>2</sup>당 평균립수는 26.9천개로 질소시비량이 증가할수록 많아지는 경향이였으나, 등숙비율은 반대 경향으로 질소시비량이 증가할수록 낮아졌다. 현미 천립중은 질소 9 kg/10a까

**Table 1.** Physico-chemical properties of the soil before experiment.

pH (1 : 5)	OM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	EX. cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
	(g kg <sup>-1</sup> )		(mg kg <sup>-1</sup> )		K	Ca	Mg
5.5	23	0.22	82	77	0.43	4.1	0.9

**Table 2.** Effect of N-fertilization on heading date, leaf area index at heading stage, and top dry weight of rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	Heading date	Leaf area index	Top dry weight (g/m <sup>2</sup> )	Leaf color (SPAD)	Nitrogen content (%)	
					Leaf blade	Leaf sheath + culm + panicle
0	July 31	2.0c	473c	32	1.47	0.74
50	Aug. 1	2.5bc	612b	32	1.79	0.81
70	Aug. 2	3.2b	611b	34	2.00	0.81
90	Aug. 2	3.7b	656b	38	2.27	0.90
110	Aug. 2	4.4a	804a	39	2.38	0.93
140	Aug. 2	4.5a	805a	40	2.47	1.04
170	Aug. 3	5.5a	806a	40	2.50	0.98
Mean	Aug. 2	3.7	682	36	2.13	0.89

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

지는 뚜렷한 차이가 없었으나 그 이상의 증비에서는 가벼워지는 경향이였다.

쌀 수량은 질소시비량 11 kg/10a까지 증비할수록 많아졌으며, 완전미 수량은 질소 9 kg/10a 수준까지는 증수 효과가 인정되었으나 그 이상의 질소 증비에서는 수량차이가 적었다.

질소시비량에 따른 도정특성은 Table 4에서와 같다. 정현 비율은 질소 11 kg/10a 시비까지는 별 차이가 없었으나 그

이상의 질소 증비에서는 낮아지는 경향이였으며, 도정수율도 정현비율과 같은 경향으로 질소 11 kg/10a 이상 증비에서는 낮아졌다. 또한 질소시비량에 따른 완전미 평균 도정수율은 64.5%로 질소시비량이 증가함에 따라 감소되는 경향이였다. 이는 전술한 바와 같이 등숙비율, 정현비율 및 현미천립중 감소 등에 기인된 것으로 생각한다.

한편 질소시비량에 따른 현미의 외관상 품위는 Table 5에서와 같다. 현미의 완전립 비율은 질소 9 kg/10a에서 가장

**Table 3.** Effect of N-fertilization on yield and yield components of rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	No. of panicle/m <sup>2</sup>	No. of spikelet/m <sup>2</sup> (×1,000)	Ripened grain (%)	1,000-grain weight (g)	Milled rice yield (kg/ha)	Head rice yield (kg/ha)
0	325e	19.0d	89a	19.5	2,770e	2,360e
50	343d	20.6cd	89a	19.3	3,470d	3,000d
70	380c	25.5c	85b	19.2	4,140c	3,580c
90	399bc	26.1c	86c	19.4	4,980b	4,470b
110	421b	29.5b	86c	19.3	5,470a	4,680a
140	463a	33.5ab	86c	19.0	5,530a	4,710a
170	475a	34.3a	84d	19.0	5,560a	4,740a
Mean	401	26.9	86	19.2	4,560	3,930

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 4.** Effect of N-fertilization on milling characteristics of rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	Brown/rough rice ratio	Milling recovery (%)	Milling recovery of head rice (%)
0	82.0ab	74.9ab	67.6a
50	81.9b	74.3b	65.2ab
70	81.3b	73.8c	64.4b
90	82.4ab	74.8ab	64.3b
110	82.3a	75.9a	64.1b
140	81.9b	74.2b	63.0c
170	80.4b	73.4c	63.1c
Mean	81.9	74.5	64.5

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 5.** Effect of N-fertilization on appearance quality of brown rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	Perfect grain (%)	Imperfect grain (%)		
		Green-kernel	Damaged	Others
0	63.4bc	23.2	11.4	2.0
50	61.1c	23.8	12.6	2.4
70	61.3c	24.3	12.2	2.3
90	70.3a	16.8	10.3	2.7
110	66.3b	19.3	11.1	3.4
140	65.9b	18.9	11.3	3.9
170	62.8c	18.8	14.6	3.9
Mean	64.4	20.7	11.9	2.9

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

높았고 11 kg/10a 이상에서는 감소되는 경향이었으며, 불완전립 비율은 완전립비율과 반대 경향으로 질소시비량이 증가할수록 높아지는 경향이었는데 이는 청미 및 피해립 등이 많이 발생하였기 때문이었다.

백미 외관상 품위는 Table 6에서와 같이 질소시비량이 증가할수록 백미의 완전립 비율은 낮아졌는데, 특히 질소 17 kg/10a에서 현저히 낮았고, 불완전립 비율은 질소시비량이 증가할수록 높아졌는데 이는 분상질립 및 피해립 발생이 많았기 때문이며 이와 같은 결과는 Kang *et al.*(1997)의 보고내용과 같은 경향이였다.

질소시비량에 따른 미질특성의 변화는 Table 7에서와 같다. 아밀로스 함량은 질소시비량 간에 별 차이가 없었으나 단백질 함량은 질소시비량이 증가할수록 다소 높아지는 경향이였다. 한편 Toyo 식미치는 질소시비량이 증가할수록 약간씩 감소되는 경향이었는데, 이는 질소 과다 시비에 의해 단백질 함량이 높아져 식미가 떨어진다(稻津 등, 1982, 1988; 中川와 高賀, 1989; 井邊, 1991)는 내용과 비슷한 경

향이였다.

질소시비량에 따른 완전미 수량과 단백질 함량 변화는 Fig. 1에서와 같다. 식미와 밀접한 관계가 있는 단백질 함량은 질소 시비량에 따라 직선적으로 증가되었고 완전미 수량은 질소시비량 9 kg/10a까지는 다비할수록 증가되는 경향이였으나 11 kg/10a 이상에서 시비량에 따른 증수효과가 경미하였다.

이상에서와 같이 질소시비량에 따른 생육, 수량 및 쌀 품질을 검토한 결과, 질소시비량이 증가됨에 따라 단위면적당 수수와 입수는 다비할수록 많았으나 등숙비율과 현미천립중이 저하되는 경향이였고 단백질 함량은 다소 높아지는 경향이였다. 완전미 수량은 질소 9 kg/10a 수준까지는 시비수준이 높을수록 증수효과가 인정되었으나 11 kg/10a 이상에서는 시비량 간에 수량차이가 인정되지 않았다.

따라서 등숙비율, 완전미 수량, 미질 등을 고려한 10a당 적정 질소시비량은 9 kg로 사료된다.

Table 6. Effect of N-fertilization on appearance characteristics of milled rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	Head rice (%)	Defected rice (%)			
		White core & belly	Broken	Damaged	Dead
0	90.7a	2.2	4.6	2.0	0.5
50	87.5ab	2.5	5.8	4.0	0.2
70	87.5ab	3.3	5.4	3.6	0.2
90	89.9a	3.3	3.9	2.8	0.1
110	85.5b	4.5	5.2	4.6	0.2
140	85.1b	3.6	5.7	5.6	0.0
170	75.3c	8.3	6.5	9.8	0.1
Mean	85.9	4.0	5.3	4.6	0.2

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 7. Effect of N-fertilization on chemical and palatability characteristics of milled rice in the southern alpine area.

Nitrogen level (kg/ha)	Amylose content (%)	Protein content (%)	Palatability value
0	18.7b	5.7c	71a
50	18.6b	5.8c	72a
70	18.8a	6.2bc	72a
90	18.9a	6.8b	71a
110	18.9a	7.0ab	67b
140	18.8a	7.1ab	65b
170	18.7b	7.5a	65b
Mean	18.8	6.6	69

Means with the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

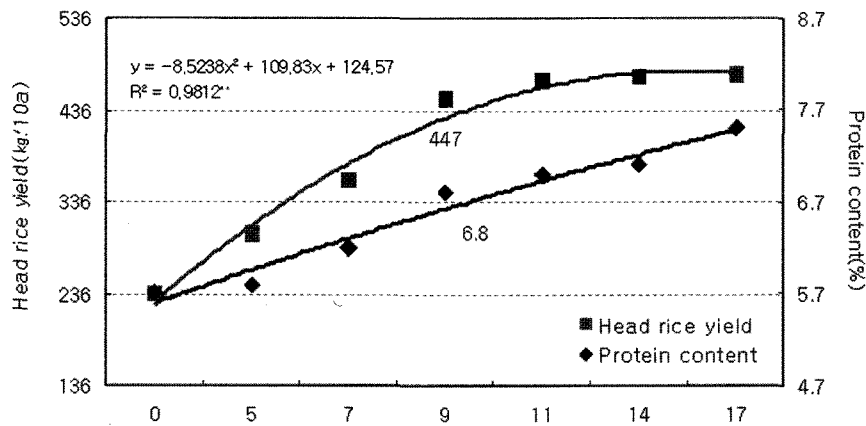


Fig. 1. Relationship among nitrogen level, protein content and head rice yield in the southern alpine area.

## 적 요

남부 산간고랭지에서 고품질 쌀 생산을 위한 질소시비량을 구명하고자 2002~2004년에 남부 산간고랭지인 운봉에서 삼천벼를 공시하여 질소시비량에 따른 생육, 수량구성요소, 쌀 수량 및 품질 관련형질을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단위면적당 수수와 입수는 다비할수록 많았으나, 등숙비율과 현미천립중은 다비할수록 저하되었다.

2. 백미 외관상 품위에서 완전립 비율은 질소시비량이 많을수록 낮았고, 아밀로스 함량은 질소시비량 간에 별 차이가 없었으나, 단백질 함량은 질소시비량이 증가됨에 따라 다소 높아지는 경향이였다.

3. 쌀 수량과 완전미 수량은 질소 9 kg/10a 수준까지는 증수 되었으나 그 이상의 질소시비량에서는 수량 차이가 인정되지 않았다.

4. 따라서 남부 산간고랭지에서 완전미 수량, 완전미비율, 미질, 등숙비율 등을 고려한 품질향상을 위한 적정 질소시비량은 10a당 9 kg 내외로 판단된다.

## 인용문헌

- 戶苅義次, 柏倉康光. 1958. 水稻に於ける不稔發生の一機構. 日作紀 26 : 3-5.
- Kang, Y. S., J. H. Lee, J. I. Kim and J. S. Lee. 1997. Influence of silicate application on rice grain quality. Korean J. Crop Sci. 42(6) : 800-804.
- Kim, C. K. et al. 1998. Effect of transplanting dates and nitrogen fertilizer levels on the dry matter production and yields of a pigmented rice "Heuginjubyeo". RDA. J.

- Agro-Envir. Sci. 40(2) : 48-55.
- 井邊時雄. 1991. 良食味水稻品種の育成と今後の方向. 農業および園藝 66(5) : 575-581.
- 稻津 脩, 佐佐忠雄, 新井利直. 1982. お米の味. その科學と技術. 北農會 pp. 47-100.
- 稻津 脩. 1988. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道農業試験場報告 66 : 150-157.
- Lee, E. W. and S. Z. Park. 1981. Nitrogen response of rice cultivars with different plant type on morphological and agronomical traits. A collection of learned papers commemorating Choi Hyun-ok's 60th birthday anniversary : 154-166.
- Lee, K. B, D. K. Jun and J. C. Chae. 2003. Effect of nitrogen fertilization on quality characteristics of rice grain and aroma-active compounds of cooked rice. Korean J. Crop Sci. 48(6) : 527-533.
- 中川宣與, 古賀義昭. 1989. 食味育種. 農業技術 44(2) : 88-93.
- Oh, Y. B., J. I. Kim, J.H. Park, S. J. Lee, Y. J. Oh and R. K. Park. 1991. Effect of environmental factors on the occurrence of chalkiness and physicochemical properties of chalky kernels. Res. Rept. RDA(R). 33(3) : 91-98.
- Park, J. S. and S. S. Lee. 1998. Performance of rice varieties at the different levels and time of nitrogen application. Korean J. Crop Sci. 33(3) : 222-228.
- Rho, Y. D, J. H. Lee and J. Y. Cho. 1997. Nitrogen responses of rice varieties on grain yield and other agronomic characters. Korean J. Crop Sci. 22(2) : 1-17.
- Rural Development Administration. 2000. Soil & Plant analysis pp 110-112.
- Rural Development Administration 2003. Study & Analysis Standard of Agricultural Science & Technology 838p.
- 和田源七. 1969. 水稻收量成立におよぼす窒素榮養の影響とくに出穂期以後の窒素の重要性について. 日本 農林省 農業技術研究所報告 A(16) : 27-167.