韓作誌(Korean J. Crop Sci.), 49(3): 194~198(2004)

미질향상을 위한 간척지 토양 염농도별 적정 질소시비량

최원영*† · 이규성** · 고종철* · 박홍규* · 김상수* · 김보경* · 김정곤*
*작물과학원 호남농업연구소, **작물과학원

Nitrogen Fertilizer Management for Improving Rice Quality under Different Salinity Conditions in Tidal Reclaimed Area

Weon-Young Choi*†, Kyu-Seong Lee, Jong-Cheol Ko*, Hong-Kyu Park*, Sang-Su Kim*, Bo-Kyeong Kim*, and Chung-Kon Kim***

**Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea*
***National Institute of Crop Science, Suwon 441-857, Korea*

ABSTRACT : This study was conducted to identify the appropriate nitrogen fertilizer application rate for improving rice quality in tidal reclaimed area, at the Gyehwado substation of the Honam Agricultural Research Institute during 2002-2003. The experimental fields contained 0.1% (low salinity) and 0.3-0.4% (medium salinity) Nacl in soil solution. Plant height at panicle formation stage was tall ay heavy nitrogen level and the effect of heavy nitrogen was higher in low than in high soil salinity condition. Heading date was not affected by applied nitrogen levels from 8 to 20 kg/10a in low soil salinity condition but it was one day later in 24 kg/10a nitrogen level when compared with the standard nitrogen level, 20 kg/10a. In middle soil salinity condition, the heading date was one day earlier in 8 to 16 kg/10a and similar in 24 kg/10a, when compared with 20 kg/10a nitrogen level. And also it was four days later in middle than in low soil salinity condition. In low soil salinity condition, grain number m^{-2} increased but ripened grain ratio decreased as the nitrogen application increased and finally, milled rice yield was not different among heavy nitrogen application levels compared with 12 kg/10a. Head rice ratio was high and protein content was low in 12 kg/10a or lower nitrogen level. In middle soil salinity condition, grain number m^{-2} increased and ripened grain ratio was not affected as the nitrogen application increased. And finally, milled rice yield increased with increasing nitrogen application levels. Head rice ratio was high and protein content was not affected by nitrogen application levels. Therefore, on the basis of milled rice yield and rice grain quality in reclaimed land, the appropriate nitrogen application level would be 12 kg/10a in low soil salinity condition and 20 kg/10a in middle soil salinity condition.

†Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2171 (E-mail) choiwy@rda.go.kr
<Received May 7, 2004>

Keywords: rice, tidal reclaimed area, nitrogen fertilizer application rate, rice quality

최근 우리나라는 새만금 간척지구를 중심으로 대규모 간척사업이 활발히 이루어지고 있다. 농업기반공사 조사(1999)에 의하면 남한의 간척 가능면적은 우리나라 논 면적의 31% 정도인 357천ha라고 보고하고 있으며, 현재 76천ha가 간척이 완료되어 벼농사를 경작하고 있고, 2011년까지 81천ha가 더 간척이 완료될 것으로 예상하고 있다. 그러나 이에 대한 대비책은 부족하여 유일하게 호남농업연구소 계화도출장소만이 국가기관으로 존재하면서 간척지에서 벼 생육관련 연구를 하고 있는 실정이다. 더욱이 쌀은 다수확 하는 것보다 품질향상이 시급이 요구되고 있는 실정으로 WTO 재협상에서 나타나는 바와 같이 국제경쟁력을 확보하기 위해서는 저비용 고품질 쌀을 생산하지 않으면 안 되는 시점에 와 있다.

따라서 본 연구에서는 남서해안 간척지 벼 기계이앙재배시 고품질 쌀 생산을 위한 적정 질소시비량을 구명하고자 시험한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 2002년부터 2003년까지 2년에 걸쳐 호남농업연구소 계화도출장소 벼 시험포장인 세사양토(문포통)에서 간척지 미질향상을 위한 적정 질소시비량을 구명하고자 새계화벼를 공시하여 수행하였다. 시험구배치는 토양 염농도를 주구로 하고 질소시비량을 세구로 하였는데, 주구인 토양 염농도를 저염 정도인 0.1% 토양과 중염 정도인 0.3~0.4% 토양으로 하였고, 세구인 질소시비량은 10a당 8, 12, 16, 20(표준), 24 kg의 5처리를 두고 3반복으로 시험을 수행하였다. 주요 재배법을 보면 4월 30일에 파종하여 30일간 육묘한 후

30×12 cm 간격으로 주당 5본씩 5월 30일에 기계이앙하였으며, 비료는 P_2O_5-K_2O를 5.1-5.7 kg/10a 시용하였는데 질소는 기비:분얼비:최고분얼기:수비:실비로 30:20:20:20:10%씩 분시하였으며, 인산은 전량기비로, 칼리는 기비:수비를 70:30%로 분시하였다. 질소시비효율은 (질소 시용구 수량 – 질소 무시용구 수량)/질소 시용량으로 산출하였고, 현미의 외관품위는 미질판정기(RN-500, Kett, Japan)로 분석하였고 단백질과 아밀로스 분석은 성분측정기(AN-700, Kett, Japan)로 분석하였으며, 식미는 취반한 쌀을 근적외선(NIR)으로 측정하는 토요식미계(MA-30A, TOYO, Japan)로 측정하였고, 기타 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1995)에 따랐다.

결과 및 고찰

유수분화기 벼 생육

토양 염농도 및 질소시비량별 유수분화기인 이앙후 50일에 조사한 벼 생육을 보면(Table 1), 초장은 저염 토양(0.1%)에서 질소시비량이 많을수록 컸는데 이러한 경향은 중염 토양(0.3~0.4%)에서도 비슷한 경향이었으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에 비하여 중염 토양에서 15% 정도 단축되었는데 질소시비량이 적을수록 단축정도는 더 컸다. 단위면적당 경수도 같은 경향으로 질소시비량이 많을수록 많았으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에 비하여 중염 토양에서 35% 정도 감소되었는데 질소시비량이 적을수록 감소율은 더 컸다.

Table 1. Growth of rice at panicle initiation stage.

Soil salinity	N amount (kg/10a)	Plant height (cm)	Tiller number	
			No./hill	No./m^2
Low (0.1%)	8	58	20.7	575c
	12	60	21.5	598bc
	16	61	22.2	617b
	20(St.)	62	22.1	614b
	24	63	23.2	645a
	Mean	61	21.9	610
Medium (0.30.4%)	8	48	13.1	364e
	12	50	13.6	378e
	16	53	14.1	392de
	20	55	15.0	417d
	24	56	15.3	425d
	Mean	52	14.2	395

[a] Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

출수기 엽색 및 지상부건물중

토양 염농도 및 질소시비량별 출수기 엽색 및 지상부 건물중은 Table 2와 같다. 질소시비량별 출수기를 보면 저염 토양에서는 질소 20 kg/10a(표준) 시비에서 8월 13일에 출수한데 비해 N8~16 kg/10a 시비에서는 같았고 N 24 kg/10a 시비에서는 1일이 지연되었다. 중염 토양에서는 질소 표준(20 kg/10a) 시비량이 8월 18일에 출수한데 비해 N8~16 kg/10a 시비에서는 1일이 빨랐고 N24 kg/10a 시비에서는 같았으며, 토양 염농도간에는 중염 토양이 저염 토양에서 보다 4일이 늦게 출수되었는데 이는 염수농도가 높아짐에 따라 출수지연이 증가하며, 고농도로 갈수록 더 큰 폭으로 지연된다는 이 등(1993)과 이 등(2002)의 보고와 비슷하였다. 질소시비량간 엽색은 시비량이 많을수록 짙었으며, 토양 염농도간에는 중염 토양에서 더 짙었는데 이는 염해에 의한 생육 저해로 생육량이 적기 때문인

Table 2. Heading date, leaf color, and top dry weight at heading stage.

Soil salinity	N amount (kg/10a)	Heading date	Leaf color (SPAD)	Top dry weight(g/)		
				Leaf	Stem+panicle	Total
Low (0.1%)	8	Aug. 13	34.4	216.6	584.7	801.3c
	12	Aug. 13	34.7	239.0	610.6	849.6b
	16	Aug. 13	36.7	252.6	618.0	870.6a
	20(St.)	Aug. 13	37.1	253.5	622.6	876.1a
	24	Aug. 14	37.3	254.7	640.9	895.6a
	Mean	Aug. 13	36.0	243.3	615.4	858.6
Medium (0.30.4%)	8	Aug. 17	39.2	129.9	375.5	505.4f
	12	Aug. 17	40.3	150.2	415.6	565.8e
	16	Aug. 17	40.6	164.9	419.5	584.4de
	20	Aug. 18	42.4	172.0	449.7	621.7d
	24	Aug. 18	41.4	173.5	445.1	618.6d
	Mean	Aug. 17	40.8	158.1	421.1	579.2

[a] Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

것으로 생각된다. 지상부 건물중도 질소시비량이 많을수록 무거웠는데 토양 염농도간에는 저염 토양에 비해 중염 토양에서 33%가 가벼웠다.

성숙기 벼 생육

성숙기에 조사한 벼 생육을 Table 3에서 보면, 간장은 질소시비량이 많을수록 컸고 토양 염농도간에는 저염 토양에 비해 중염 토양에서 11%가 단축되었다. m^2당 수수는 저염 토양에서 N20 kg/10a(표준)시비에서 464개 인데 비해 N12 kg/10a 이상 시비에서는 유의차가 없었으며 N8 kg/10a 시비에서는 적었고, 중염 토양에서는 질소시비량이 많을수록 수수도 많았으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에 비해 중염 토양이 22% 감소되었고 질소시비량이 많을수록 감소율은 더 적었다. 포장도복은 질소시비량이 많을수록 심하게 발생 되었는데, 특히 저염 토양의 질소 24 kg/10a 시비에서는 5 정도의 만곡 도복이 발생되었다. 질소시비효율은 질소시비량이 많을수록 효율이 낮았는데 토양 염농도별 질소시비효율을 보면 질소 8과 12 kg/10a 시비에서는 저염 토양에서 높았으나 N16 kg/10a 이상 시비에서는 중염 토양에서 높았고 그 정도는 시비량이 많을수록 더 차이가 컸다. 이는 질소가 토양 염농도에 미치는 영향이 대단히 큰 것으로 생각된다.

수량구성요소 및 수량

토양 염농도 및 질소시비량별 수량구성요소 및 수량은 Table 4와 같다. 질소시비량이 많을수록 ㎡ 당 립수는 많았는데, 토양 염농도간에는 저염 토양에 비해 중염 토양에서 28%가 감소되었다. 저염 토양에서 등숙비율을 보면 질소시비량이 많을수록 낮았는데 중염 토양에서는 질소시비량간에 차이가 없었

Table 3. Rice growth at ripening stage in nitrogen fertilizer application rate on a reclaimed saline soil.

Soil salinity	N amount (kg/10a)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle		Lodging index (0-9)	N use efficiency (△Ykg/Nkg)
				No./hill	No./m^2		
Low (0.1%)	8	64	19.2	14.9	414	1	10.2
	12	65	19.3	15.9	442	1	8.6
	16	66	19.7	16.8	467	2	7.2
	20(St.)	67	19.9	16.7	464	3	5.6
	24	69	19.8	17.5	487	5	4.7
	Mean	66	19.6	16.4	455	2.4	7.3
Medium (0.30.4%)	8	56	19.0	12.0	334	1	9.2
	12	58	18.8	12.1	336	1	7.7
	16	58	19.8	12.7	353	1	7.7
	20	61	19.6	13.1	364	1	6.9
	24	61	20.0	13.7	380	3	6.5
	Mean	59	19.4	12.7	353	1.4	7.6

Table 4. Yield components and yield of rice.

Soil salinity	N amount (kg/10a)	Spikelet per panicle (No.)	Sipkelet per (×1000)	Ripened grain (%)	1000 grain weight brown rice (g)	Milled rice (kg/10a)	Yield index
Low (0.1%)	8	72	29.7b	79	21.6	508b	95
	12	75	33.0ab	80	21.6	530a	99
	16	75	34.8a	78	21.7	541a	101
	20(St.)	77	35.7a	74	21.7	537a	100
	24	76	36.9a	74	21.4	540a	101
	Mean	75	34.0	77	21.6	531	-
Medium (0.30.4%)	8	65	21.6d	69	20.7	287g	53
	12	67	22.4d	68	20.3	305fg	57
	16	69	24.3cd	70	20.4	321f	60
	20	73	26.5c	66	20.4	353e	66
	24	74	28.1bc	68	20.5	369e	68
	Mean	70	24.6	68	20.5	327	-

[a] Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 5. Quality of brown rice and protein content.

Soil salinity	N amount (kg/10a)	Quality of brown rice(%)				Amylose content (%)	Protein content (%)	Palatability index
		Head	Green-kerneled	Damaged	Dead			
Low (0.1%)	8	73.1a	16.5	5.3	5.1	19.1	6.5a	70a
	12	73.0a	17.0	5.1	4.9	19.1	6.8a	70a
	16	69.4b	17.8	7.6	5.4	19.1	7.3b	67b
	20(St.)	64.4c	18.0	11.6	6.3	19.1	7.4b	66b
	24	64.2c	19.3	9.1	7.5	19.2	7.4b	65b
	Mean	68.8	17.7	7.7	5.8	19.1	7.1	68
Medium (0.30.4%)	8	53.6e	25.3	16.6	4.6	19.1	6.8a	66b
	12	52.3e	23.0	20.5	4.3	19.1	7.1ab	67b
	16	52.2e	21.0	21.8	5.5	19.1	7.7c	66b
	20	51.5e	20.8	21.7	6.1	19.1	7.8c	65b
	24	51.0e	23.6	21.3	4.1	19.1	7.8c	65b
	Mean	52.1	22.7	20.4	4.9	19.1	7.4	66

[a]Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에서 높았다. 질소시비량간에 현미천립중은 차이가 없었으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에서 무거웠다. 따라서 쌀 수량은 저염 토양의 표준 질소시비(20 kg/10a)의 수량에 비해 질소 8 kg/10a 시비에서만 적었고 12 kg/10a 이상에서는 차이가 없었으며, 중염 토양에서는 질소시비량이 많을수록 많았는데 질소 20과 24 kg/10a에서는 같았다. 본 시험 결과, 쌀 수량의 감소는 수수가 가장 큰 영향을 미친다는 Balasuburamanian과 Rac.(1977)의 보고와 비슷한 경향을 보였다.

현미품위 및 미질특성

현미품위 및 미질특성을 보면 Table 5와 같다. 현미 완전미 비율을 보면 저염 토양의 표준시비(20 kg/10a)에 비하여 질소 8과 12 kg/10a 시비에서는 차이가 없었으며, 시비량이 많을수록 완전미 비율은 낮아졌다. 중염 토양에서는 질소시비량간에 별 차이를 보이지 않았으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에 비해 중염 토양이 24%가 감소되었다. 단백질함량은 밥맛과 부의 상관을 보이는 것으로 알려져 있는데(구 등, 1998), 질소시비량이 많을수록 단백질 함량은 많았는데, 특히 질소 16 kg/10a 이상에서는 크게 많아졌고 토양 염농도간에는 중염 토양에서 약간 많았으며, 아밀로스 함량은 토양 염농도 및 질소시비량간에 차이가 없었다. 토요식미계로 측정한 식미치를 보면 저염 토양에서는 질소 8과 12 kg/10a 시비에서 70으로 같았고 질소시비량이 많을수록 식미치는 낮았으며, 중염 토양에서는 질소 시비량간에 별 차이를 보이지 않았다.

따라서 남서해안 간척지에 알맞은 질소시비량은 쌀 수량 및 미질 등을 고려해 볼 때 저염 토양에서는 N12 kg/10a, 중염 토양에서는 N20 kg/10a이 적당 할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 남서해안 간척지에서 토양 염농도(저염; 0.1%, 중염; 0.3~0.4%)별로 쌀 품질 향상을 위한 적정 질소 시비량을 구명하기 위하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 유수분화기의 초장은 질소시비량이 많을수록 컸고, 토양 염농도간에는 저염 토양에서 컸다.

2. 출수기는 저염 토양에서는 표준비인 N20 kg/10a에 비해 N8~N16 kg/10a까지는 같았으나 N24 kg/10a에서는 1일 늦었고, 중염 토양에서는 N8~N16 kg/10a 까지는 1일이 빨랐고 N24 kg/10a에서는 같았으며, 토양 염농도간에는 저염 토양에서보다 중염 토양에서 4일 정도 늦었다.

3. 질소시비량이 많을수록 간장이 크고, 포장도복이 심했다.

4. 저염 토양에서 질소시비량이 많을수록 m^2당 립수는 많았으나 등숙비율이 낮아져 쌀 수량은 N12 kg/10a 이상에서는 유의차가 없었으며, N12 kg/10a 이하에서 현미의 완전미율이 높고 단백질 함량이 낮았다.

5. 중염 토양에서는 질소시비량이 많을수록 m^2당 립수가 많고 등숙비율이 비슷하여 쌀 수량은 질소시비량이 많을수록 높았으나 N20 kg/10a 이상에서는 유의차가 없었고, 현미의 완전미율과 단백질함량은 질소 시비량간에 비슷하였다.

따라서 남서해안 간척지에서 쌀 수량 및 미질 등을 고려해 볼 때, 저염 토양에서는 N12 kg/10a, 중염 토양에서는 N20 kg/10a이 적당할 것으로 생각된다.

인용문헌

Balasuburamanian, V. & Rac. 1977. Physiology basis of salt tolerance in rice. Plant. Physiol. section, Tadu Nagada Agr. Univ. India.

26(4) : 291-294.
구자웅, 최진규, 손재권. 1998. 우리나라 서해안 간척지 및 간석지 토양의 이화학적 특성. 한국토양비료학회지. 31(2) : 120-127.
이충근, 윤영환, 신진철, 이변우, 김정곤. 2002. 벼 생육시기별 염수처리 농도와 기간에 따른 생육 및 수량. 한국작물학회지. 47(6) : 402-408.
이장석, 오경석, 손상목. 1993. 수도의 분얼기에 염수처리 농도가 체내 무기성분 함량, 생육 및 수량에 미치는 영향. 국제농업개발학회지. 5(2) : 167-174.
농업기반공사. 1999. 간척사업보고서.
농촌진흥청. 1995. 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청. 603p.