

질소시비가 쌀의 품질 특성과 취반미의 향기 성분에 미치는 영향

이광빈* · 전대경** · 채제천**[†]

*평택시농업기술센터, **단국대학교 생명자원과학대학

Effect of Nitrogen Fertilization on Quality Characteristics of Rice Grain and Aroma-active Compounds of Cooked Rice

Kwang-Bin Lee*, Dae-Kyung Jun** and Je-Cheon Chae**

*Pyongtaek-City Agricultural Development and Technology Center

**College of Bio-resources Science, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

ABSTRACT : This experiment was conducted in 2001 to investigate the effect of four nitrogen levels (0, 5.5, 11, 16.5 kg/10a) on the yield and quality of rice especially with respect to eating quality. One early-maturing variety (Daejinbyeo) and two mid-late-maturing varieties (Ilpumbyeo and Chucheongbyeo) were used in this experiment. Rice yields of all varieties were increased by the higher rate of nitrogen application, mainly due to a larger number of panicles per m². Head rice ratio was reduced significantly with an increased rate of nitrogen, while immature rice ratio was increased significantly. Increasing the nitrogen application rate, a considerable increase of protein content was found in all tested rice varieties. Palatability value of Daejinbyeo and Ilpumbyeo measured by rice taster was not affected by nitrogen application rate ranging from 0 to 11 kg/10a, but it was decreased significantly at the rate of 16.5 kg/10a. In contrast, the palatability value of Chucheongbyeo was decreased significantly by increasing nitrogen application at the whole application rate. A positive correlation was found between nitrogen application rate and protein content ($r=0.88^{***}\sim 0.96^{**}$), but head rice ($r=-0.84^{**}\sim -0.91^{**}$) and palatability value ($r=-0.72^{**}\sim -0.85^{**}$) showed a negative correlation with the nitrogen application rate. Regardless of the fact that eleven aroma-active volatile compounds were detected in cooked rice of Chucheongbyeo, it was concluded that the aroma-active volatile compounds of cooked rice was not affected by the different nitrogen application rate. The results of this study showed that the standard nitrogen fertilization rate of 11 kg/10a could be appropriate considering both rice yield and palatability.

Keywords: nitrogen rate, rice quality, rice yield, aroma-active volatile compounds, head rice, protein content, palatability value, rice taster, cooked rice

밥쌀의 품질요소에는 외관특성, 이화학적특성, 영양가, 기능성, 식미(밥맛), 안전성 및 상품성 등이 있으나 고품질 시대를 맞아 무엇보다도 가장 중요시 해야 할 품질요소는 식미이다(채 등, 2003). 쌀의 식미는 품종, 기상 및 토양조건, 작기, 시비량, 수확시기 등의 재배기술과 건조, 저장, 도정 등의 수확 후관리기술의 영향을 크게 받는다. 재배조건 중에서도 질소시비량의 영향을 크게 받음은 잘 알려져 있는 사실이다(김, 2001; 구 등, 1998). 질소 다비는 일반적으로 심복백, 동할미를 증가시키고 투명도가 낮아지는 단점 외에도, 단백질 함량을 높여 밥의 경도, 점성, 조식감을 나쁘게 하고, 쌀 전분에 세포막 물질을 만들어 밥의 부드러움을 해쳐서 식미를 저하시킨다(農山漁村文化協會, 1990; 구 등, 1998; 王桂 등, 1998; 岡留 등, 1999; 최, 2001).

우리나라에서는 2000년대 들어 친환경 고품질쌀 생산 필요성이 강조되면서 질소시비량이 많이 감소하고는 있으나 아직도 표준시비량인 10a당 11 kg를 초과하는 예가 많은 실정이다(농림부, 2002). 우리나라에서 질소질 시비에 대한 과거의 연구는 주로 생육이나 수량 반응을 본 것이며, 품질은 다루더라도 외관 품위 중심으로 다루었고(박·이, 1988; 오 등, 1991) 식미나 밥향과 관련된 연구는 거의 하지 못했다고 해도 과언이 아니다(채, 2002).

이 연구는 농산물 고품질시대를 맞아 질소 수준에 따른 쌀의 품질을 식미 중심으로 검토하여 양식미쌀을 생산하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다. 특히 질소시비량 증가에 따른 쌀의 식미 저하 원인이 밥의 향기 성분과 관련있는가를 구명코자 하였다.

재료 및 방법

공시품종 및 토양

조생종인 대진벼, 중만생종인 일품벼와 추청벼를 공시하여 2001년 경기도농업기술원 포장에서 실험을 실시하였다. 공시

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-550-3621 (E-mail) chaejc@dankook.ac.kr

<Received December 1, 2003>

토양은 미사질양토로서, pH 6.0, 규산 함량은 183 ppm, Ca와 Mg 함량 7.7 Cmol과 1.77 Cmol로 적정범위이나, 유기물 함량은 2.0%, 유효인산은 40 ppm으로 적정범위보다 다소 미달하는 토양이었다.

실험처리 및 재배

시비량은 질소, 인산,加里 11-4.5-5.7 kg/10a를 표준비구로 하여 질소수준을 무비구(질소 0 kg/10a), 0.5배비구(질소 5.5 kg/10a), 표준비구(질소 11 kg/10a) 및 1.5배비구(질소 16.5 kg/10a)의 4처리로 하였으며, 품종별 난괴법 3반복으로 수행하였다. 육묘상자당 130 g 과중하여 30일간 육묘한 모를 5월22일, 30 cm×14 cm의 재식거리로 기계이양하였다. 질소는 요소, 인산은 용과린, 가리는 염화加里로 사용하였으며, 기비 : 분얼비 : 수비를 50 : 30 : 20%로 분시하였고, 인산은 전량 기비, 가리는 기비 : 수비를 70 : 30%로 사용하였다. 물관리는 5~10cm의 담수심을 유지하였고, 제초와 병충해방제 및 기타 재배관리는 경기도농업기술원 표준경종법에 준하였다.

품질분석

벼의 수량은 출수후 45일에 각 처리당 100주를 수확하여 3반복으로 조사하였고, 수량구성요소는 5주의 벼를 대상으로 조사하였다. 현미 품위는 500립을 미립판별기(RN-500, Kett, Japan)로 조사하였다. 성분분석은 근적외분광분석방식인 성분분석계(AN-700, Kett, Japan)를 이용하여 비파괴적으로 3반복 측정하여 평균값을 얻었다. 식미는 식미계(미도메타, MA-30A, Toyo, Japan)를 이용하여 기계적 방법으로 측정하였다. 백미의 도정은 실험용정미기(MC-90A, Toyo, Japan)를 이용하여 현미 100~200g을 정백을 91.5%가 되도록 중량비로 계산하여 입력한 후 일정하게 압력을 주어 도정하였다. 모든 쌀시료는 출수후 45일에 수확하여 16%로 건조한 현미를 4°C에서 보관하며 분석하였다.

향기성분 추출, 분석, 동정

취반미의 휘발성 향기성분 분석은 Simultaneous steam distillation and solvent extraction(SDE)법으로 추출하고 Gas chromatography/mass spectrometry(GC/MS)법으로 분석하였다. 쌀 100 g과 deodorized distilled water(DDW) 3000 mL을 5 L round bottom flask에 넣고 내부표준물질로써 2,4,6-trimethylpyridine(TMP) 453.92 ng을 더하고 DDW 600 mL에 antiform(antiform B, sigma) 20 mL을 혼합하여 혼합액이 200 mL 될 때까지 증류시켜 만든 antifoaming agent 2 mL을 5 L round bottom flask 넣은 후 추출용매로 dichloromethane 100 mL을 250 mL round bottom flask에 넣었다. 추출이 끝난 후 추출용매를 분리하고 -20°C 냉동고에서 12시간 냉동 후 용매층을 3g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 수분을 제거하였다. 추출한 향기성분 동정은 Agilent 6890N GC/

Agilent 5973 mass selective detector(MSD)(Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA, USA)를 사용하였다. Column은 DB-WAX(60 m length×0.25 mm i.d.×0.25 μm film thickness: J&W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였다. Retention indices(RI)와 Wiley/7n mass spectral database(Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA, USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

벼의 수량 및 수량구성요소

질소 시비수준에 따른 벼 품종의 출수기, 수량 및 수량구성요소는 Table 1과 같다. 질소시비량이 증가함에 따라 대진벼의 출수기는 5일 지연되었으나 일품벼와 추청벼는 지연 정도가 1일이었다. 백미 수량은 질소시비량이 증가함에 따라 유의하게 증가하여 1.5배비구에서 대진벼는 530 kg/10a, 일품벼는 565 kg/10a, 추청벼는 535 kg/10a이었다. 3 품종 모두 질소시비량이 증가하면 단위면적당 수수가 증가하여 수량이 유의하게 증가하였다. 질소시비량에 따른 이러한 수량반응은 기존 보고(이·小林, 1989; Park & Mok, 1976)와 잘 일치하였다.

쌀의 품질

현미의 외관상 품위

질소 시비수준에 따른 현미의 외관상 품위를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 3 품종 모두 질소시비량이 증가하면 완전미율이 유의하게 감소하고 불완전미율은 증가하였다. 완전미율은 대진벼는 무비구, 0.5배비구, 표준비구 간에는 유의한 차이가 없고 1.5배비구에서만 75.7%로 유의하게 낮았다. 일품벼는 무비구가 87.2%로 유의하게 높았고 1.5배비구는 82.8%로 가장 낮았다. 추청벼는 무비구는 94.8%로 가장 높았고, 1.5배비구에서는 91.2%로 가장 낮았다.

이러한 결과는 질소시비량이 증가함에 따라 완전미율이 감소하고 미숙미율이 증가한다는 기존 보고(강 등, 1997)와 잘 일치하는 결과이었다.

품질 관련 성분 및 식미

질소 시비수준에 따른 현미의 단백질 함량, 아밀로스 함량 및 백미의 기계 식미값은 Table 3과 같다.

단백질 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 유의하게 증가하는 경향이였다. 대진벼는 질소 무비구에서 7.9%로 가장 낮았고 표준비구 이상에서 8.8%로 유의하게 높았다. 일품벼는 무비구에서 7.2%로 가장 낮았고 0.5배비구 이상에서 7.6~7.7%로 유의하게 높았다. 추청벼는 무비구에서 7.5%로 가장 낮았고 1.5배비구에서 8.2%로 가장 높았다.

아밀로스 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 유의하게 증가는 하나 처리간 차이가 0.2%에 불과하였다. 대진벼의 아밀로스 함량은 1.5배비구 18.9%, 무비구에서 18.7%, 일품벼는

Table 1. Yield and yield components of rice varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilization in paddy field. Rice yield was investigated at 45 days after heading.

Varieties	Nitrogen levels	Heading date	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per panicle	1000 grain weight (g)	Grain filling ratio (%)	Yield of milled rice (kg/10a)
Daejinbyeo	0	Aug. 2	336c	75b	24.6a	93.2a	349d
	0.5	Aug. 4	352c	83a	23.5b	92.7a	376c
	1	Aug. 5	387b	86a	23.2bc	92.0a	482b
	1.5	Aug. 7	424a	89a	23.1c	88.7a	530a
	F-value	—	19.6**	27.6**	74.7**	2.5 ^{ns}	32.4**
	LSD _{.05}	—	30.7	3.9	0.3	—	16.5
Ipumbyeo	0	Aug. 18	312d	104a	22.4a	95.2a	522d
	0.5	Aug. 18	384c	104a	21.7c	94.2a	536c
	1	Aug. 19	432b	107a	21.9c	94.3a	549b
	1.5	Aug. 19	470a	100a	22.1b	95.5a	565a
	F-value	—	85.0**	4.3 ^{ns}	16.8**	0.4 ^{ns}	29.2**
	LSD _{.05}	—	25.6	—	0.2	—	11.8
Chucheongbyeo	0	Aug. 20	425c	68a	20.8a	96.0a	453b
	0.5	Aug. 19	445c	70a	20.9a	96.6a	478b
	1	Aug. 20	500b	74a	20.8a	95.1a	518a
	1.5	Aug. 20	572a	73a	20.8a	95.7a	535a
	F-value	—	19.8**	2.3 ^{ns}	0.7 ^{ns}	0.9 ^{ns}	20.0**
	LSD _{.05}	—	51.1	—	—	—	28.9

*,** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

Means followed by a common letter in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2. Grain appearance of brown rice as affected by different levels of nitrogen fertilization.

Varieties	Nitrogen levels	Head rice(%)	Immature rice(%)	Dead rice(%)	Imperfect rice(%)
Daejinbyeo	0	85.0a	2.8b	0.0a	12.2b
	0.5	84.0a	3.3b	0.0a	12.7b
	1	81.8a	3.6ab	0.0a	14.6b
	1.5	75.7b	4.9a	0.0a	19.3a
	F-value	20.2**	6.0*	—	12.1**
	LSD _{.05}	3.22	1.3	—	3.2
Ipumbyeo	0	87.2a	6.3c	0.6a	5.9c
	0.5	84.8b	7.9b	0.4a	6.8b
	1	84.5b	7.5b	0.3a	7.6a
	1.5	82.8c	9.3a	0.4a	7.5a
	F-value	41.6**	32.3**	2.1 ^{ns}	22.2 ^{ns}
	LSD _{.05}	1.0	0.7	—	0.6
Chucheongbyeo	0	94.8a	1.4b	0.1a	3.7a
	0.5	93.7ab	1.9ab	0.2a	4.1a
	1	91.7bc	2.4a	0.3a	5.6a
	1.5	91.2c	2.6a	0.4a	5.8a
	F-value	5.8*	6.2*	4.5 ^{ns}	4.8 ^{ns}
	LSD _{.05}	2.4	0.8	—	—

*,** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

Means followed by a common letter in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

1.5배비구 19.4%, 무비구와 0.5배비구 19.2%, 추청벼는 0.5배비구 및 표준비구 19.3%, 무비구는 19.1%이었다.

식미계로 측정된 식미값은 대진벼는 무비구, 0.5배비구 및 표준비구는 62.7~64.3의 범위로 같았고, 1.5배비구에서는 57.7

Table 3. Protein and amylose content of brown rice, and palatability value of milled rice in different levels of nitrogen fertilization.

Varieties	Nitrogen levels	Protein content (%)	Amylose content (%)	Palatability value by rice taster
Daejinbyeo	0	7.9c	18.7b	64.3a
	0.5	8.5b	18.8ab	64.0a
	1	8.8a	18.8ab	62.7a
	1.5	8.8a	18.9a	57.7b
	F-value	114.8**	25.0**	21.9**
	LSD _{.05}	0.1	0.1	2.3
Ilpumbyeo	0	7.2b	19.2b	86.3a
	0.5	7.6a	19.2b	84.3a
	1	7.7a	19.3ab	84.0a
	1.5	7.8a	19.4a	80.7b
	F-value	17.4**	11.8**	11.3**
	LSD _{.05}	0.2	0.1	2.4
Chucheongbyeo	0	7.5c	19.1b	80.3a
	0.5	7.7bc	19.3a	79.0ab
	1	7.9b	19.3a	76.3bc
	1.5	8.2a	19.2ab	75.7c
	F-value	27.7**	28.0**	6.3*
	LSD _{.05}	0.2	0.1	3.0

*,** : Significant at 5% and 1% level, respectively.
 Means followed by a common letter in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

로 유의하게 낮은 값을 보였다. 일품벼도 대진벼와 유사하여 무비구, 0.5배비구 및 표준비구는 84.0~86.3로 유의한 차이가

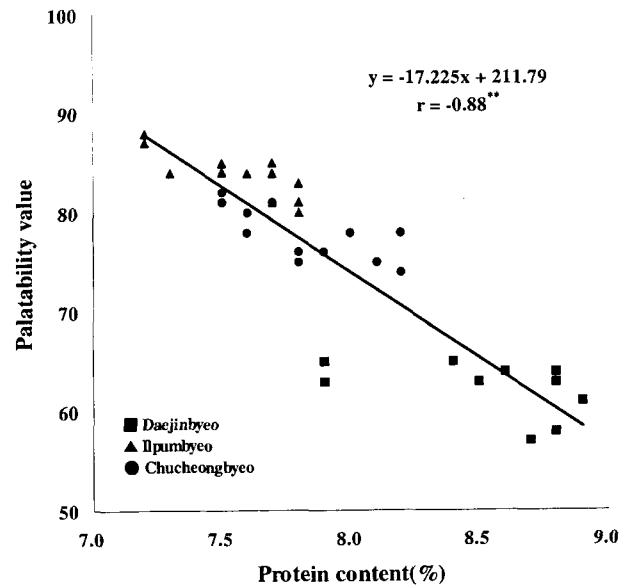


Fig. 1. Relationship between protein content of 3 varieties of brown rice and palatability value of milled rice by rice taster.

없으나 1.5배비구에서는 80.7로 유의하게 낮았다. 추청벼의 식미값은 무비구에서 80.3, 0.5배비구 79.0, 표준비구는 76.3, 1.5배비구는 75.7로 유의하게 낮아졌다.

대진벼, 일품벼, 추청벼 등 3품종의 식미값을 종합해 볼때 질소소비량이 표준비인 11 kg/10a 이내이기만 하면 식미치는 큰 차이가 없었다. 따라서 밥맛 향상을 위해 시비량을 표준비 이하로 지나치게 줄일 필요는 없을 것으로 생각되었다.

Table 4. Correlation coefficients between rice yield and factors related to grain quality.

Varieties	factors	Rice Yield	Palatability value by rice taster	Protein content	Amylose content	Head rice ratio
Daejinbyeo	Nitrogen levels	0.97**	-0.84**	0.88**	0.83**	-0.84**
	Rice yield		-0.84**	0.84**	0.71**	-0.82**
	Palatability value			-0.57*	-0.71**	0.83**
	Protein content				0.80**	-0.56
	Amylose content					-0.65*
Ilpumbyeo	Nitrogen levels	0.95**	-0.85**	0.89**	0.77**	-0.91**
	Rice yield		-0.82**	0.81**	0.77**	-0.88**
	Palatability value			-0.81**	-0.59*	0.82**
	Protein content				0.58*	-0.82
	Amylose content					-0.56
Chucheongbyeo	Nitrogen levels	0.93**	-0.72**	0.96**	0.40	-0.84**
	Rice yield		-0.63*	0.88**	0.41	-0.67*
	Palatability value			-0.72**	-0.33	0.69*
	Protein content				0.30	-0.83**
	Amylose content					-0.28

*,** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

수량과 품질 관련 특성간의 상호관계

질소 시비수준에 따른 쌀 수량, 품위 및 품질 특성간의 상호관계는 Table 4와 같다. 질소시비량과 쌀 수량과는 고도로 유의한 정의 상관을 나타내어(대진벼 $r=0.97^{**}$, 일품벼 $r=0.95^{**}$, 추청벼 $r=0.93^{**}$) 질소시비량이 증가할수록 수량이 직선적으로 증가하였다.

질소시비량과 단백질 함량 간에는 매우 유의한 정의 상관을 나타내어(대진벼 $r=0.88^{**}$, 일품벼 $r=0.89^{**}$, 추청벼 $r=0.96^{**}$) 질소시비량이 증가할수록 단백질 함량이 직선적으로 증가하였다. 질소시비량과 아밀로스 함량 간에는 추청벼를 제외한 2품종에서 높은 상관을 나타내었다(대진벼 $r=0.83^{**}$, 일품벼

$r=0.77^{**}$).

한편 질소시비량과 완전미율 간에는 유의한 부의 상관관계를 보여 질소시비량이 증가함에 따라 완전미율은 뚜렷하게 감소하였다. 품종별 상관은 대진벼, 일품벼, 추청벼가 각각 $r=-0.84^{**}$, $r=-0.91^{**}$, $r=-0.84^{**}$ 이었다.

질소시비량과 식미값과의 상관관계 역시 대진벼 $r=-0.84^{**}$, 일품벼 $r=-0.85^{**}$, 추청벼 $r=-0.72^{**}$ 로 모두 고도로 유의한 부의 상관을 나타내었고(Table 4) 3 품종의 단백질 함량과 식미값 간에도 고도로 유의한 부의 상관($r=-0.86^{**}$)이 인정되었다(Fig. 1).

이상의 결과는 질소시비가 쌀의 단백질 함량을 크게 높여

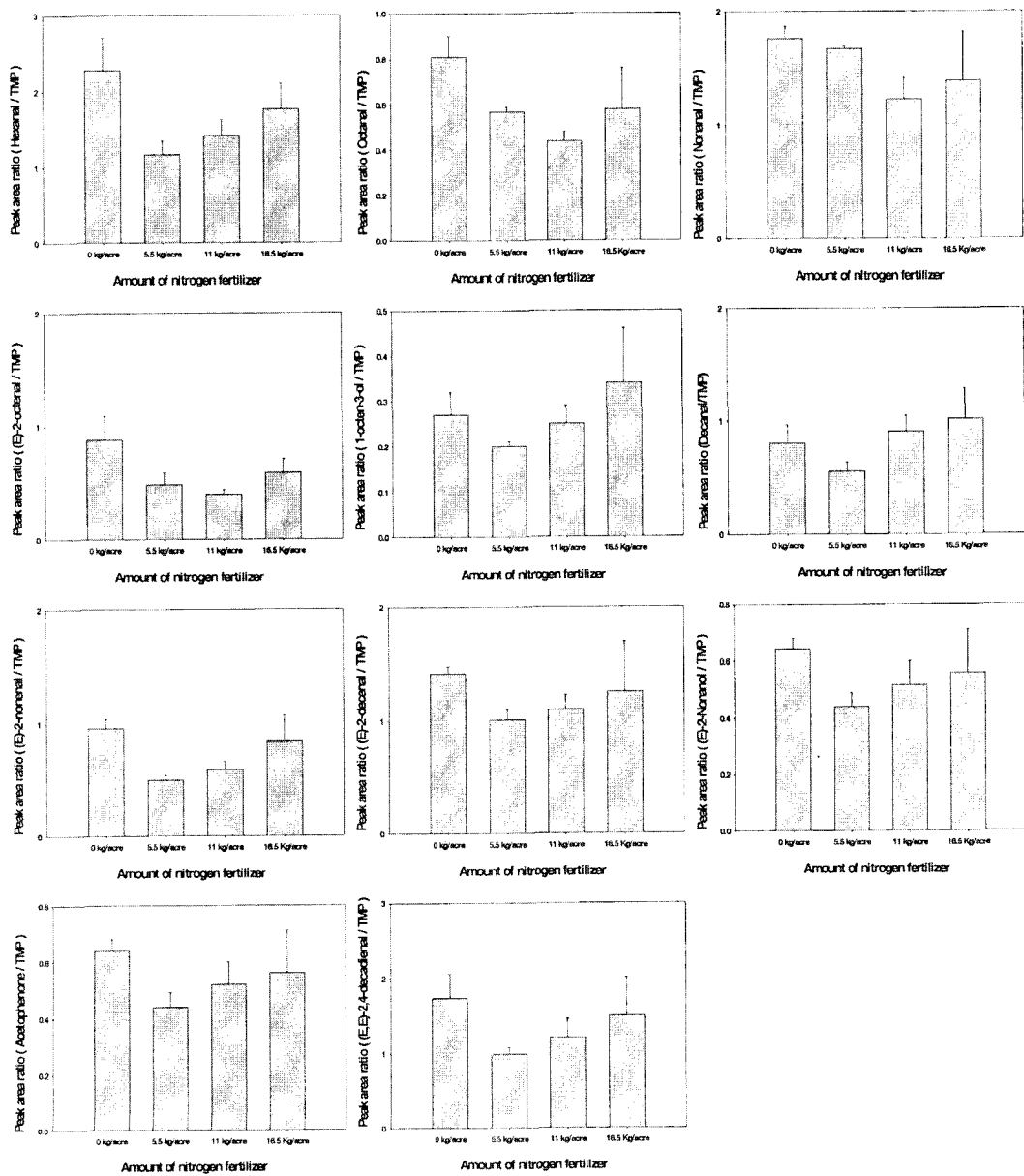


Fig. 2. Changes in peak area ratios of volatile compounds of cooked rice of Chucheongbyeon according to the amount of nitrogen fertilizer.

식미를 저하시킨다는 기존의 보고(김·최, 1990; 남 등, 1995; 岡留 등, 1999; 中川, 2000; 한 등, 2001; 채·전, 2002)와 동일한 결과이었다.

향기성분

질소시비량이 증가함에 따른 식미의 저하가 밥의 향기성분 증감과 관련 있는지를 알아보기 위하여 질소 시비량을 달리한 추청벼 취반미의 주요 향기성분을 분석한 결과는 그림 2와 같다. 총 11개의 향기성분이 검출되었다. 즉 풀잎냄새를 갖는 hexanal, 지방냄새(fatty)를 갖는 octanal, (E)-2-octenal 및 (E)-2-nonanol, 기름냄새의 nonanal, 버섯향의 1-octen-3-ol, 꽃향의 decanal, 단내(sweety)를 나타내는 acetophenone, 풀잎냄새+기름냄새의 (E)-2-nonenal, (E)-2-decenal 및 (E,E)-2,4-decadienal 등이다.

검출된 11개 방향 성분 중 1-octen-3-ol과 decanal을 제외한 나머지 성분은 질소 시비구에서보다 오히려 질소 무비구에서 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 질소가 시비된 경우에는 octanal, nonanal, (E)-2-octenal를 예외로 하면 대체로 질소시비량이 증가함에 따라 방향 성분이 증가하는 경향이었다. 그러나 추청벼 취반미의 향기 성분은 농도가 매우 열어서 분석이 용이하지 않고 질소시비량에 따른 증감 경향이 뚜렷하지 못한 점으로 보아 질소시비량이 증가함에 따라 쌀의 식미가 저하하는 것은 향기성분과는 큰 관련이 없는 것으로 고찰되었다.

선행연구에 의하면 취반 흑미에서는 향기 발현과 관련있는 1-acetyl-w-pyrrolidone을 포함하여 82~91종의 화합물이 동정되며(송 등, 2000), 일반미 취반밥에서는 특징적 향기성분인 2-methyl-3-furanthiol(2-MF)과 2-acetyl-1-pyrroline(2-AP)을 포함하여 16종의 향기성분과 총 70종의 휘발성 성분이 동정되었다는 보고(채 등, 2003)가 있으나 이 실험에서는 향이 미약하고 종류도 적었다.

적 요

질소시비량이 쌀의 품질 특성과 취반미의 향기성분에 미치는 영향을 알고자, 조생종인 대진벼, 중만생종인 일품벼와 추청벼를 공시하고, 질소 시비수준을 0, 5.5, 11, 16.5 kg/10a로 처리하여 2001년에 포장실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 질소시비량이 증가할수록 세 품종 모두 쌀 수량은 고도로 유의하게 증가하였는데($r=0.93^{**}\sim 0.97^{**}$) 이는 단위면적당 수수가 유의하게 증가하였기 때문이었다.

2. 질소시비량이 증가함에 따라 현미 완전미율은 유의하게 감소하였고($-0.84^{**}\sim -0.91^{**}$), 불완전미율은 유의하게 증가하였다.

3. 질소시비량이 증가할수록 현미의 단백질 함량은 세 품종 모두 유의하게 높아졌고, 아밀로스 함량은 대진벼와 일품벼에서는 유의하게 높아졌으나, 추청벼는 일정한 경향을 보

이지 않았다.

4. 기계적 식미값은 대진벼와 일품벼에서는 질소시비량 0~11 kg/10a 사이에 차이가 없었고, 16.5 kg/10a에서는 매우 유의하게 감소하였다. 추청벼는 질소시비량에 비례하여 식미값이 유의하게 감소하였다.

5. 쌀의 단백질 함량과 질소시비량 간에는 고도로 유의한 정 상관($r=0.88^{**}\sim 0.96^{**}$)이, 질소시비량과 완전미율간에는 고도로 유의한 부의 상관($r=-0.84^{**}\sim -0.91^{**}$)이, 그리고 질소시비량과 식미값 간에도 매우 유의한 부의 상관($r=-0.72^{**}\sim -0.85^{**}$)이 나타났다.

6. 질소시비 처리한 추청벼 취반미의 휘발성 방향 성분을 분석한 결과 총 11종이 검출되었다. 그러나 질소시비량이 증가함에 따라 방향 성분이 뚜렷하게 증가한다고 보기는 어려웠다.

7. 쌀의 수량과 품질을 동시에 고려할 때 질소시비량은 표준시비량(11 kg/10a)이 가장 적정할 것으로 생각되며 식미를 높이기 위해 질소 시비량을 표준비 이하로 감소시킬 필요는 없을 것으로 판단되었다.

사 사

이 연구는 2003학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

인 용 문 헌

- 강양순, 이종훈, 김정일, 이재생. 1997. 규산 사용이 미립의 품질에 미치는 영향. 한국작물학회지 42(6) : 800-804.
- 岡留博司, 栗原昌之, 楠田幸, 禮島英親, 金靜逸, 下坪訓次, 松田智明, 大坪研一. 1999. 窒素施肥の異なる炊飯米の多面的物性評價法. 日本作物學會紀事 68(2) : 211-216.
- 구자옥, 이도진, 허상만. 1998. 쌀의 품질과 맛. 전남쌀연구회.
- 김광호, 최해춘. 1990. 쌀 품질 고급화 및 다양화 개발 : 양질미의 이화학적 특성과 식미평가기술. 작물시험장 pp.137-145.
- 김재규. 2001. 고품질 쌀 안정생산 기술 및 브랜드화 전략. 작물시험장. pp.3-34.
- 김태영. 2002. 쌀품질 및 식미평가. 쌀의 품질관련 이화학적 특성. 작물시험장 pp.5-35.
- 남민희, 박향미, 강항원, 이재생, 김순철, 김진호. 1995. 비료 장기 연용 및 병해충 피해가 쌀 품질에 미치는 영향. 농업논문집 37(2) : 68-73.
- 농림부. 2002. 농림업주요통계. 農山漁村文化協會. 1990. 稻作大百科.
- 박중석, 이석순. 1988. 질소시비량 및 분시비율이 수도품종의 생육과 수량에 미치는 영향. 한국작물학회지 33(3) : 222-228.
- Park Hoon and Sung Kyun Mok. 1976. Various nitrogen efficiencies and their interrelation among rice varieties. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 9(2) : 83-92.
- 송선주, 이유석, 이종욱. 2000. 취반된 흑미의 휘발성 향기 성분. 한국식품과학회지 32(5) : 1015-1021.
- 오용비, 김정만, 박정화, 이숙재, 오윤진, 박래경. 1991. 미질에 관한 연구. 1. 심부백미의 식미특성과 재배환경요인에 따른 변이. 농시논문집(수도편) 33(3) : 91-98.

- 王桂云, 阿部利徳, 笹原健夫. 1998. 慣行および有機栽培法で栽培した水稻白米の全窒素・アミロース含量およびアミノ酸含量組成. 日本作物學會紀事 67(3) : 307-311.
- 尹淳康, 柳順昊. 1993. 토양 중 질산태질소의 행동과 지하수질. 한국환경농학회지 12(3) : 281-296.
- 이정택, 小林一雄. 1989. 질소 시비수준에 따른 벼군락내 광환경변화와 생육과의 관계에 관한 연구. 한국환경농학회지 8(2) : 128-135.
- 中川祥治, 田村夕利子, 緒方善丸. 2000. 有機および慣行栽培米の品質特性. 日本作物學會紀事 69(1) : 31-37.
- 채제천, 김병기, 김동철. 2003. 저장·유통중인 쌀품질의 변화 및 평가기준 설정 연구. 농촌진흥청 농업특정연구결과보고서.
- 채제천, 전대경. 2002. 수확시기가 쌀의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국작물학회지 47(3) : 254-258.
- 채제천. 2002. 고품질 및 기능성 증진을 위한 작물생산기술의 연구 현황과 전망. 한국작물학회지 47(별) : 1-14.
- 최해춘. 2001. 전북 쌀 이미지 제고를 위한 발전방안 심포지엄. 좋은 쌀 생산을 위한 기술전략. 전라북도농업기술원 pp.35-61.
- 한상욱, 조영철, 임갑준, 최영진, 채제천. 2001. 밥맛의 객관적 평가지표 개발. 경기도농업기술원 시험보고서.