

질소시비량에 따른 벼 생리생태적 특성 연구

구홍모¹, 유오종², 박종현^{3*}

¹(주)자람바이오, ²농촌진흥청, ³농림축산식품부

Physiological and Ecological Comparison of Rice Cultivars Grown in Low Fertilized Condition

H. M. Gu¹, O. J. You² and J. H. Park^{3*}

¹Jarambio Corporation, Cheongju, Korea

²Agro-materials industry Division, Rural Development Administration, Jeonju, Korea

³Environment and Welfare Division, Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Sejong, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the physiological and ecological characters of rice cultivars suitable for low fertilized condition. 5 rice cultivars(Jinmiby eo, Sobiby eo, Hwayeongby eo, Nagdongby eo and Junamby eo) were cultivated for selection under 3 different nitrogen application levels, and 1 cultivars were selected. The results obtained are summarized as follows ;

High yielded rice cultivars under low N application level were Junamby eo, Jinheng and Sobiby eo. Also these cultivars were yielded highly under conventional level(11kg/10a). Milled rice yield under conventional level(11kg/10a) was positively correlated with them under low N levels. Milled rice yield was most affected by no. of grain/m². Rice cultivars that were high crop growth rate(CGR) before heading stage were Junamby eo, Sobiby eo and Nagdongby eo.

Grain filling rate was increased mostly until 20 days after heading, and decreased after this stage. Nitrogen use efficiency was higher under low N level(5.5kg/10a) than conventional level(11kg/10a). Especially, Junamby eo was most low in Apparent recovery of applied N(AR) under low N application level, but most high in Agronomic N use efficiency(ANUE). This characteristics of Junamby eo will to be useful for selection of variety suitable for growing under low fertilized condition.

Key words : Rice, Low fertilization, Nitrogen use efficiency, Rice quality

* 교신저자 : 농림축산식품부, oxenpower@korea.kr

** H. M. Gu and O. J. You contributed equally to this work as first authors

I. 서언

우리나라에서 벼 품종육성과 재배기술은 크게 수량성 확보와 수량 안정성 그리고, 생력화에 주안점을 두고 오늘날까지 연구가 이루어져 왔다. 그러나 쌀 소비 감소, 공급 과잉, 재배면적 감소, WTO에 따른 수입개방 등 쌀 산업의 여건이 급격히 변화하고 있다. 또한, 생활수준이 향상됨에 따라 소비자들은 점차 쌀 품질에 대한 관심도가 높아지고 있다.

현재 우리나라에서 재배되고 있는 벼는 안정적인 쌀 공급을 위해 수량성이 높은 질소 다비조건에 적응된 품종으로 발전되어 왔다. 질소 다비조건에서는 최대의 수량을 낼 수 있으나, 질소 시비량이 적은 조건에서는 수량성이 심하게 감소하게 된다. 그러나 최근에는 질소 다비에 의한 쌀 품질의 하락과 환경오염 등의 문제가 지적되고 있어(권 등, 2004) 질소 시비량을 줄이고자 하는 움직임이 꾸준히 지속되고 있다. 아울러, 벼의 단백질 함량은 품종, 재배환경 및 기상환경에 따라 달라지고(Heu et al., 1969; Gomez and De Datta, 1975; Zhai et al., 2001), 특히 품종이나 기상환경 보다는 주로 이앙시기, 재배지역, 토양비옥도, 질소시비수준, 재식밀도 등 재배여건에 의해 더 큰 영향을 받는다(허 등, 1974). 그 중에서도 질소시비 수준은 단백질 함량에 가장 크게 영향을 미친다고 한다(Islam et al., 1996). Wu & Tao(1995)은 벼의 품종군간 질소에 대한 이용효율은 현저한 차이가 있다고 보고하였다. Gotoh & Osanai(1959)도 벼에서 수량의 유전력은 소비조건에서 가장 높았으며, 소비조건에서 다수성 계통의 출현이 많았고, 이것들은 여러 소비조건에 잘 적응하였다고 보고하였다. 우리나라에서도 현재까지 개발된 품종 중 소비조건에서 수량성 감소가 크지 않은 품종과 크게 감소하는 품종이 존재하며(오 등, 2005), 이들 품종의 체내 질소 함

량과 생리적, 생화학적 특성을 통해 소비적응성 품종이 갖추어야 할 특성을 추론할 수 있을 것이다.

본 연구는 품종들의 수량반응 및 질소 이용효율 등의 생리생태적 특성을 고려하여 친환경 안전 쌀 생산을 위한 소비재배 확립 체계 마련을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 2010년 충북 청원군에서 실시하였으며, 진미벼, 소비벼, 화영벼, 낙동벼, 주남벼 5 품종을 공시하였다. 5월 4일 파종하여 5월 30일에 25일 묘를 30×14cm로 1주 1본으로 손이앙 하였다. 시비는 질소를 10a당 11kg, 5.5kg, 0kg 3수준으로 처리하였으며, 질소 분시방법은 기비(밑거름)-분얼비(가지거름)-수비(이삭거름)를 각각 50-20-30%로 하였다. 인산(P_2O_5)은 10a당 4.5kg을 전량 기비로 하였다. 칼리(K_2O)는 10a당 5.7kg을 기비로 70%, 수비로 30%로 분시하였으며, 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다.

출수기 생육특성은 8월 12일~8월 21일 까지 초장, 경수, 엽면적지수(LAI), 건물중을 조사하였다. 개체군 생장율은 분얼기(6월 28일~6월 30일), 유수형성기(7월 12일~7월 25일), 출수기(8월 12일~8월 21일), 성숙기(9월 19일~9월 29일)의 4차례로 식물체를 채취하여 건물중을 조사하여 산출하였다. 벼의 엽면적은 엽면적측정기 LI-3100(Li-Cor Co.)을 사용하여 측정하였고, 건물중은 채취한 시료를 75°C에서 48시간 건조 후 측정하였다.

채취한 시료의 이화학적 특성을 분석하기 위하여 Super mill HM-180분쇄기(Korea)로 40

mesh 이상으로 분쇄하여 분석용 시료를 준비하였다. 전질소 분석은 micro-Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 시료 100 mg을 Kjeldahl 분해관에 넣고 농황산(H₂SO₄) 20 ml과 분해촉매제 1개를 넣고 400°C에서 2시간 동안 분해한 후 자동질소 분석기(Kjeltec Analyzer 2300, Foss Co.)를 이용하여 분석하였다.

질소이용효율은 Singh 등(1998)이 제안한 평가 방법들을 사용하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$\text{Agronomic N Use Efficiency(ANUE)} = \frac{[(\text{GYF} - \text{GY0})/\text{NF}]}{[(\text{TNF} - \text{TN0})/\text{NF}] \times 100}$$

$$\text{Apparent recovery of applied N(AR)} = \frac{[(\text{TNF} - \text{TN0})/\text{NF}] \times 100}{\text{GYF} - \text{GY0}}$$

-GYF : 시비구의 종실수량, GY0 : 무비구

의 종실수량, NF : 질소시비량

-TNF : 시비구의 총 질소흡수량, TN0 : 무비구의 총 질소흡수량

수확 후 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 조사기준에 준하여 조사하였으며, 쌀 품위분석은 도정된 백미 30g을 Grain Inspector(Foss TECATOR, Cervitec 1625)를 이용하여 완전립, 찌라기, 분상립, 피해립 등을 측정하였다.

처리구 또는 품종 간 통계처리는 SAS package(SAS Institute 1988), Microsoft office Excel 2007을 활용하였다.

실험에 사용된 포장의 토양특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Soil physico-chemical properties of experimental field

Soil Texture	pH(5:1)	A.V. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable Cation (cmol/kg)			CEC (cmol/kg)	O.M. (%)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		
Clay loam	6.5	107	6.98	1.34	0.55	11.2	1.4

III. 결과

1. 질소시비량에 따른 생장특성

가. 출수기 생육특성

시비량에 따른 벼 품종별 출수기 생육특성은 Table 2와 같다. 초장, 경수, LAI, 건물중 모두 시비량이 감소함에 따라 같은 경향으로 감소하였다. 경수는 1~2개 감소하였고, 엽면적지수는 5품종 모두 보비수준에서 4정도를 유지하여 과번무

하지 않는 특성을 보였고, 소비조건에서는 3 이상이 나타났는데 그 중 소비벼와 주남벼가 높은 특성을 보였다.

나. 개체군 생장을 변화

시비량에 따른 5품종의 각 생육시기별 개체군 생장을 변화는 Fig. 1과 같다. 개체군 생장은 시비량이 증가할수록 큰 경향이었고, 대부분의 품종들이 유수형성기에서 출수기 사이에 높은 건물 증가를 보이다가 출수 후에 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 진미벼는 출수 전까지는 다른 품

Table 2. Growth characteristics of 5 rice cultivars at heading stage under different N application levels

N application level(kg/10a)	Cultivar	Plant height(cm)	No. of tiller/hill	LAI (Leaf Area Index)	Dry weight/m ²
11	Jinmibyeo	111	11.2	4.1	838
	Sobibyeo	125	9.7	4.2	853
	Hwayeongbyeo	103	10.9	3.9	832
	Nagdongbyeo	110	12.6	4.1	968
	Junambyeo	97	11.0	4.3	1041
	Average	109	11.1	4.1	906
5.5	Jinmibyeo	107	9.7	3.1	642
	Sobibyeo	119	8.3	3.7	822
	Hwayeongbyeo	98	10.3	3.6	789
	Nagdongbyeo	101	10.8	3.2	878
	Junambyeo	92	10.0	3.7	938
	Average	103	9.8	3.5	814
0	Jinmibyeo	99	8.7	2.5	574
	Sobibyeo	109	5.8	2.4	688
	Hwayeongbyeo	89	8.5	2.9	699
	Nagdongbyeo	91	9.4	2.9	765
	Junambyeo	91	8.3	2.9	732
	Average	96	8.1	2.7	692

종들보다 건물 증가율이 작았지만 출수 후에도 계속적인 건물 증가양상을 나타냈다. 주남벼, 낙동벼, 소비벼가 유수형성기에서 출수 전까지 건물 증가율이 높았다.

2. 질소이용효율

시비량에 따른 각 품종별 질소이용효율은 Fig. 2와 Table 3과 같다. 각각의 품종 및 처리구별 시비한 양에 대한 식물체가 흡수한 양을 나타내는 회수율(AR)과 종실의 생산성을 고려한 농업적

질소이용효율(ANUE)을 살펴보면, 회수율은 소비수준보다 보비수준에서 높게 나타났고, 농업적 질소이용효율은 소비수준에서 더 높게 나타났다. 회수율은 보비와 소비수준에서 소비벼와 화영벼에서 높은 경향이 나타났다. 그러나 농업적 질소이용효율은 낙동벼와 주남벼에서 높게 나타났는데, 특히 주남벼는 소비수준에서 회수율이 가장 작았음에도 불구하고 농업적 질소이용효율은 가장 높았다. 이는 적은 양의 질소를 흡수하면서도 효율적으로 이삭을 생산해 낼 수 있다는 것을 나타낸다.

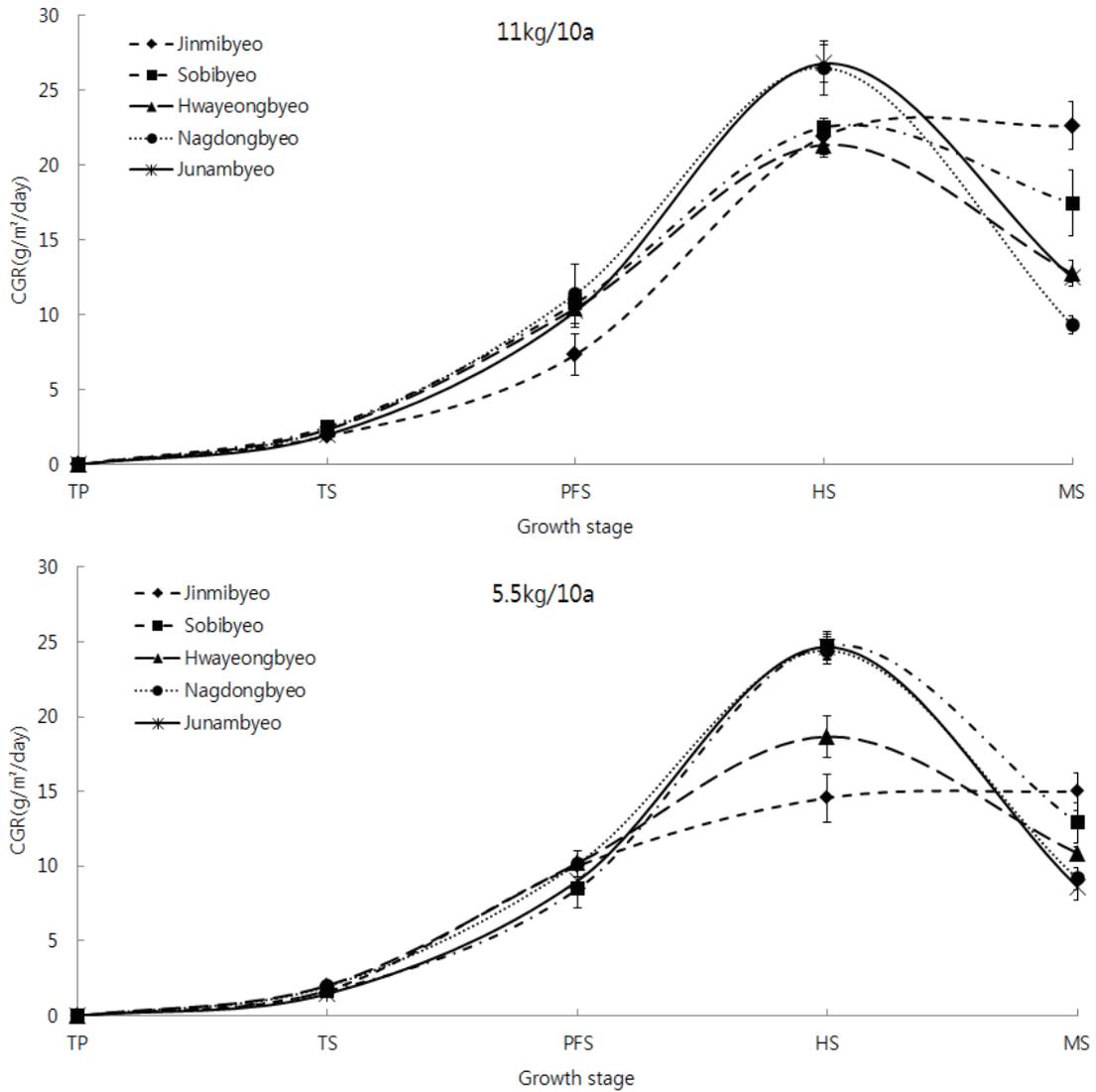


Fig. 1. Variation of Crop Growth Rate(CGR) at each growth stage under different N application levels (TP : Transplanting TS : Tillering Stage PFS : Panicle Formation Stage HS : Heading Stage MS : Maturity Stage)

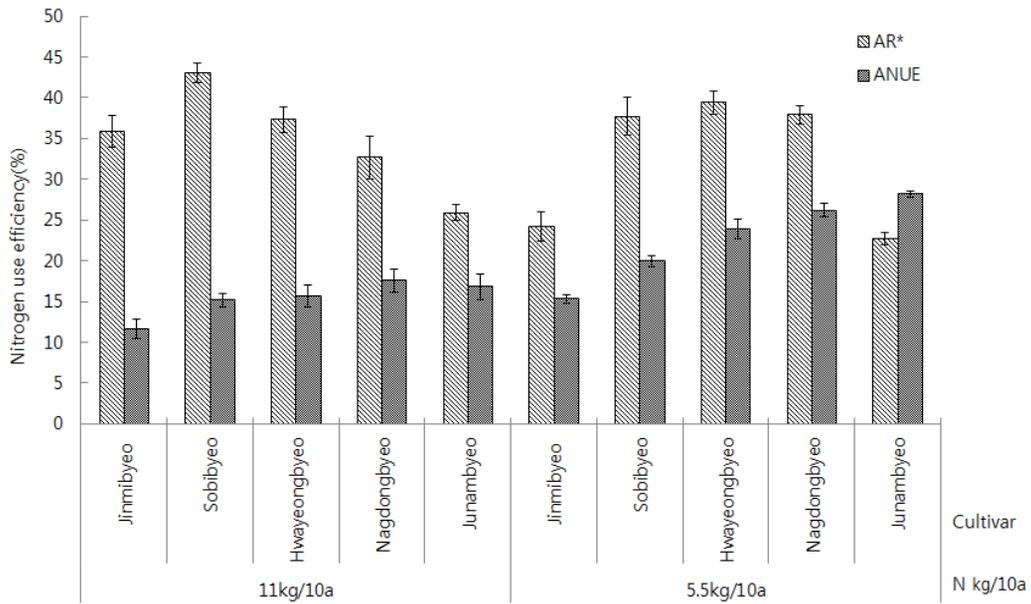


Fig. 2. Nitrogen use efficiency of 5 cultivars under nitrogen application levels

* AR : Apparent recovery of applied N, ANUE : Agronomic N Use Efficiency

Table 3. Nitrogen absorbed of 5 cultivars under nitrogen application levels

N application level(kg/10a)	Cultivar	Amount of N uptake(kg)		
		Straw	Grain	Total
11	Jinmibyeye	5.66	7.23	12.89
	Sobibyeye	5.85	8.28	14.13
	Hwayeongbyeoye	5.70	7.26	12.96
	Nagdongbyeoye	4.88	7.41	12.28
	Junambyeoye	4.95	6.88	11.83
	Average	5.41	7.41	12.82
5.5	Jinmibyeye	3.97	6.30	10.27
	Sobibyeye	4.49	6.98	11.47
	Hwayeongbyeoye	4.39	6.63	11.03
	Nagdongbyeoye	4.00	6.77	10.77
	Junambyeoye	3.71	6.52	10.23
	Average	4.11	6.64	10.75
0	Jinmibyeye	3.59	5.35	8.94
	Sobibyeye	3.54	5.85	9.39
	Hwayeongbyeoye	3.39	5.47	8.86
	Nagdongbyeoye	3.35	5.34	8.69
	Junambyeoye	3.87	5.12	8.98
	Average.	3.55	5.43	8.97

3. 질소시비량에 따른 수량 관련 특성

가. 수량 및 수량구성요소

진미벼, 소비벼, 화영벼, 낙동벼, 주남벼 5개 품종의 시비량에 따른 수량 및 수량구성요소는 Table 4와 같다. 각각의 품종에 대한 수량 및 수량구성요소는 시비량과 유의성이 있는 것으로 나타났다. 단위면적당 영화수는 시비량이 감소할수록 적었고, 등숙율은 증가하였으나, 천립중은 시비량에 따른 큰 차이를 보이지는 않았다. 단위면

적당 영화수가 많았던 품종으로는 주남벼, 진미벼 등이었으며, 천립중은 소비벼가 가장 높았다. 소비수준(11kg/10a)에서 쌀수량이 높았던 품종은 주남벼, 소비벼 등이었고, 이들 품종은 소비조건인 5.5kg/10a, 0kg/10a 시비수준에서도 쌀수량이 높아 소비조건에서 수량이 높았던 품종이 소비조건에서도 높은 경향을 나타내었다. 품종별 특성은 주남벼가 단위면적당 영화수와 천립중이 높았으며, 소비벼는 단위면적당 영화수는 주남벼보다 적었지만 천립중이 비교적 무거워 높은 수량을 나타낸 것으로 판단된다.

Table 4. Yields and yield components of 5 rice cultivars as affected by application levels

N Application level (kg/10a)	Cultivar	No. of grain/m ²	Ripened grain rate (%)	Brown rice 1000 grain weight (g)	Milled rice yield (kg/10a)
11	Jinmibyeo	36,939	78.2	18.9	522
	Sobibyeo	30,878	71.2	24.8	612
	Hwayeongbyeo	35,136	80.9	20.7	557
	Nagdongbyeo	33,122	80.8	20.2	587
	Junambyeo	40,381	80.1	20.7	614
	Mean	35,291	78.2	21.1	578
5.5	Jinmibyeo	32,408	85.2	19.2	490
	Sobibyeo	28,682	79.0	25.7	562
	Hwayeongbyeo	30,469	86.2	21.1	536
	Nagdongbyeo	30,022	83.5	20.7	538
	Junambyeo	34,929	84.8	21.0	583
	Mean	31,302	83.7	21.5	542
0	Jinmibyeo	27,456	90.3	19.3	434
	Sobibyeo	24,614	80.7	25.5	474
	Hwayeongbyeo	25,557	86.1	20.3	429
	Nagdongbyeo	24,933	84.8	20.6	424
	Junambyeo	27,754	85.3	20.9	452
	Mean	26,063	85.4	21.3	443
LSD(5%)					
Application level (A)		2,322	3.5	0.4	28.8
Cultivar(C)		2,998	4.5	0.5	37.2
A×C		NS	NS	NS	NS

나. 수량 및 수량구성요소 간 상관관계

수량 및 수량구성요소 간 상관관계는 Table 5와 같다. 쌀수량에 가장 많은 영향을 미치는 요소는 단위면적당 영화수로서 나타났으며, 모든 품종에서 고도의 정의상관이 나타났다. 단위면적당 영

화수는 등숙율과 부의상관을 보여 모든 품종에서 영화수가 증가할수록 등숙율이 낮아지는 경향이 나타났다. 현미 1,000립중은 다른 수량 구성요소와 상관관계가 적었으며 수량과도 유의적인 상관이 없는 것으로 나타났다.

Table 5. Correlation coefficients among yield and yield components of 5 rice cultivars

Traits	Cultivar	No. of grain/m ² (X1)	Ripened grain rate (X2)	Brown rice 1,000 grain weight(X3)	Milled rice yield (X4)
X1	All rice		-0.473 ^{**}	-0.274	0.577 ^{**}
	Jinmibyeo		-0.737 [*]	-0.229	0.831 ^{**}
	Sobibyeo		-0.804 ^{**}	-0.099	0.802 ^{**}
	Hwayeongbyeo		-0.616	0.336	0.837 ^{**}
	Nagdongbyeo		-0.620 [*]	-0.454	0.832 ^{**}
	Junambyeo		-0.703 [*]	-0.645 [*]	0.894 ^{**}
X2	All rice			-0.368 [*]	-0.395 ^{**}
	Jinmibyeo			0.547	-0.672 [*]
	Sobibyeo			0.326	-0.657 [*]
	Hwayeongbyeo			0.265	-0.364
	Nagdongbyeo			-0.075	-0.560
	Junambyeo			0.697 [*]	-0.426
X3	All rice				0.190
	Jinmibyeo				-0.269
	Sobibyeo				-0.143
	Hwayeongbyeo				0.168
	Nagdongbyeo				-0.238
	Junambyeo				-0.399

다. 시비량과 쌀 수량과의 관계

보비조건(11kg/10a)에서의 쌀수량과 소비조건(5.5kg/10a)에서의 쌀수량은 서로 정의상관관계가 나타났다(Fig. 3). 처리간에는 무비조건보다 소비조건(5.5kg/10a)에서 높은 경향을 보여 시비량이 높은 수준에서 쌀수량이 높았던 품종이 소비수준에서도 높은 결과가 나타났다.

라. 시비량에 따른 백미품위

시비량에 따른 품종별 백미품위는 Table 6과 같다. 시비량이 감소할수록 백미품위와 완전미율은 증가하는 경향이었고, 찌라기와 분상질립은 감소하였다. 보비수준(11kg/10a)에서는 분상질립이 찌라기보다 증가하였고, 소비수준(5.5kg/10a)과 무비수준에서는 찌라기가 분상질립보다 증가하였다. 소비벼가 다른 품종들에 비해 찌라기와 분상

질립 비율이 높았는데, 소비조건과 무비조건에서 비해 품질이 저하되는 문제점이 제기되었다. 도 쓰라기와 분상질립의 비율이 높아 수량성에

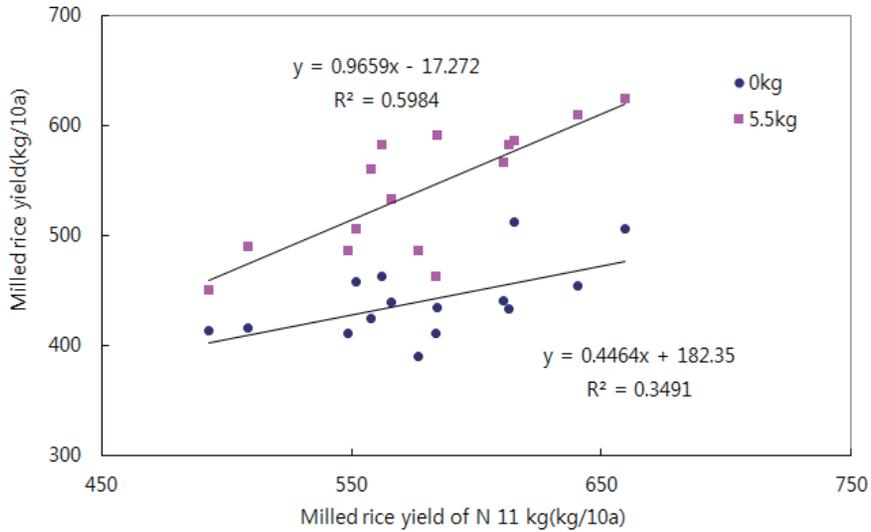


Fig. 3. Relationship between rice yield of conventional level and low application level

Table 6. Milled rice quality of 5 rice cultivars under different N application levels

N application level(kg/10a)	Cultivar	Head rice(%)	Broken rice(%)	Chalky rice(%)	Damaged rice(%)
11	Jinmibyeo	64.3	8.1	11.8	15.9
	Sobibyeo	49.5	19.1	30.5	1.1
	Hwayeongbyeo	73.2	15.8	6.9	4.1
	Nagdongbyeo	75.1	9.6	11.3	4.1
	Junambyeo	62.2	24.5	13.0	0.2
	Average	64.9	15.4	14.7	5.1
5.5	Jinmibyeo	79.7	8.2	6.3	5.7
	Sobibyeo	56.0	21.6	21.3	1.2
	Hwayeongbyeo	83.4	10.6	2.5	3.5
	Nagdongbyeo	84.3	7.0	5.8	2.9
	Junambyeo	71.3	21.0	7.0	0.7
	Average	74.9	13.7	8.6	2.8
0	Jinmibyeo	87.7	4.5	3.1	4.7
	Sobibyeo	66.8	20.6	11.9	0.7
	Hwayeongbyeo	87.7	6.4	1.5	4.5
	Nagdongbyeo	84.6	6.5	3.2	5.7
	Junambyeo	81.1	11.5	4.4	3.1
	Average	81.6	9.9	4.8	3.7

IV. 고찰

시비량에 따른 5품종의 출수기 생육특성은 초장, 경수, LAI, 건물중 모두 시비량이 감소함에 따라 같은 경향으로 감소하였다. 건물중은 주남벼와 낙동벼가 높았는데 특히 주남벼는 단간이면서도 엽면적지수와 건물중이 높아 많은 엽의 확보가 건물증가에 기인한 것으로 사료된다.

시비량에 따른 5품종의 생육시기별 개체군 생장율은 시비량이 증가할수록 큰 경향이었고, 대부분의 품종에서 유수형성기와 출수기 사이에 높은 건물증가를 보이다가 출수 후에 감소하는 경향이 나타났다. 생육초기의 건물생산속도와 출수전 건물생산능력은 출수 후에 등숙에 미치는 영향이 크다고 한다(Akio et al, 1996). 본 실험에서는 주남벼, 낙동벼, 소비벼가 유수형성기에서 출수전까지 건물증가율이 높았는데, 이러한 특성어은 등숙 및 수량형성에 유리한 조건으로 작용했을 것으로 판단된다.

시비량에 따른 각 품종별 질소이용효율은 주남벼는 소비조건에서 회수율이 가장 작았음에도 불구하고 농업적 질소이용효율은 가장 높았다. 이는 적은 양의 질소를 흡수하면서도 효율적으로 이삭을 생산해 낼 수 있다는 의미이다. 주남벼의 이러한 특징이 소비조건에서 높은 수량을 내는 한 요인으로 작용했을 것으로 생각되며, 소비적응 품종의 유용한 선발기준이 될 것으로 판단된다.

시비량에 따른 수량 및 수량구성요소는 시비량과 품종간에 유의성이 인정되었으며, 수량 및 수량구성요소 간 상관관계는 단위면적당 영화수가 쌀 수량에 가장 많이 영향을 미쳤으며, 모든 품종들이 고도의 정의상관관계에 있음을 나타낸다. 단위면적당 영화수는 등숙율과 부의상관을 보여 시험품종 모두 영화수가 증가할수록 등숙율이 낮아지는 경향이였다. Yang 등(1984)은 현미 1,000립 중이 수량구성요소 중 가장 변이가 작으며 다른 구성요소 간에 유의적인 상관이 인정되지 않았다

는 보고와 유사한 결과가 나타났다.

품종들의 시비량간과 쌀 수량은 서로 정의상 상관관계가 나타났다. 결국 Gotoh & Osanai(1959)의 보고에서처럼 소비조건에서 높은 수량을 나타낼 수 있는 품종들은 기존의 관행재배 시 높은 수량을 갖는 품종군에서 선발할 수 있을 것으로 판단된다.

시비량에 따른 품종별 백미품위는 시비량이 감소할수록 증가하는 경향이였다. 보비수준에서는 분상질립이 싸라기보다 증가하였고, 소비수준과 무비수준에서는 싸라기가 분상질립보다 증가하였다. 다른 품종들에 비해 대립종인 소비벼는 보비, 소비, 무비 수준 모두에서 싸라기와 분상질립 비율이 높았으며, 수량성에 비해 품질이 저하되었다.

이상의 결과로 5품종 중 주남벼가 생육특성과 수량특성을 고려할 때 소비재배에 적합한 품종으로 판단된다.

V. 적요

개체군생장율(CGR)은 유수형성기와 출수기 사이에 가장 높았는데, 주남벼, 낙동벼, 소비벼 등이 높았으며, 이삭의 등숙속도는 시비량이 증가할수록 증가하였고, 출수 후 20일까지 가장 많이 증가하고, 그 이후에는 점차 감소하는 경향이었는데, 주남벼, 소비벼에서 빨랐다.

관행재배에서 수량이 높은 품종은 소비재배에서도 수량이 높았으며, 소비재배시 수량에 가장 많은 영향을 미치는 수량구성요소는 단위면적당 영화수로, 고도의 정의 상관관계를 나타냈다. 또한 백미품위는 시비량이 증가할수록 감소하였는데, 소비벼의 품위가 가장 낮았으며, 사미와 분상질립의 증가가 원인이었다.

VI. 인용문헌

1. Akio, S., M. Oka, S. Hakoyama, W. Agata and T. Takeda. (1996). Analysis of Plant Characteristics Determining Ear Weight Increase During the Ripening Process in Rice(*Oryza sativa* L.). I. Plant Characteristics Determining the Sink Capacity of Spikelets. *Jpn. J. Crop Sci.*. 65 : 63-70
2. Gomez, K. A. and S. K. De Datta. (1975). Influence of Environment on Protein Content in Rice. *Agronomy Journal*. 67 : 565-568
3. Gotoh, K. and S. Osanai. (1959). Efficiency of Selection for Yield under Different Densities in a Wheat Cross. *Jpn. J. Breeding*. 9 : 7-11
4. Heu M. H., K. H. Kim and H. S. Suh. (1974). Basic Studies for the Breedin of High Protein Rice : III. Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizers on the Protein Content in Rice Kernels. *J. Korean Soc. Crop Sci.*. 15 : 123-128.
5. Heu, M. H., C. Y. Lee, J. Y. Choe and S. I. Kim. (1969). Variability of Protein Content in Rice Grown at Several Different Environments. *J. Korean Soc. Crop Sci.*. 7 : 79-84
6. Islam, N., S. Inanaga, N. Chishaki and T. Horiguchi. (1996). Effect if N Top-dressing on Protein Content in Japonica and Indica Rice Grains. *Cereal Chemistry*. 42 : 225-235
7. Kwon, S. J., E. J. Song, Y. R. Kwon, D. R. Lee, S. H. Cho, D. C. Choi and J. S. Choi. (2004). Changes of the Yield and Rice Quality according to Amount of Nitrogen Application by Cultivation Varieties recommended. *J. Korean Soc. Crop SCI.*. 49 : 152-153
8. Oh, M. K., M. K. Kim, M. K. Choi, I. S. Choi, Y. C. Cho, Y. G. Kim, J. H. Lee and Y. T. Lee. (2005). Genotypic Differences in Nitrogen Uptake and Utilization for Grain Yield of Rice. *Korean J. Breed.* 37 : 209-231
9. Singh, U., J. K. Ladha, E. G. Casillo, G. Punzalan, A. Tirol-Padre and M. Duqueza. (1999). Genotypic Variation in Nitrogen use Efficiency in Medium- and long-duration Rice. *Field Crop research*. 58 : 35-53.
10. Wu, P. and Q. N. Tao. (1995). Genotype Response and Selection Pressure on Nitrogen-use Efficiency in Rice under Different Nitrogen Regimes. *J. plant. nutrition.*. 18 : 487-500
11. Yang, S. J., H. G. Hwang and J. K. Sohn. (1984). Studies on the Yield Potential Increment by Grain Weight in Rice I. Yield Capacity and Major Agro-nomic Characteristics of Rice Varieties with Large Grain. *Korean J. Crop Sci.*. 29 : 109-113
12. Zhai, C. K., C. M. Lu, X. Q. Zhang, G. J. Sun and K. J. Lorenz. (2001). Comparative Study on Nutritional Value of Chinese and North American Wild Rice. *Journal of Food Composition and analysis*. 14 : 371-382