

표준 질소시비량이 감소된 조건에서 쌀 품질 향상과 노력절감을 위한 질소 시비방법

이충근* · 김준환* · 최민규* · 박강수** · 신진철*[†]

*국립식량과학원, ** 농촌진흥청

Nitrogen Application Method for High Quality and Labor Saving in Rice Production under Amended Standard N Application Level

Chung-Kuen Lee*, Jun Hwan Kim*, Min-Kyu Choi*, Kang-Su Kwak**, and Jin-Chul Shin*[†]

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

**Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT In Korea, standard N application level was amended from 110 to 90kg per ha for high quality rice production in 2005. So far, N application method, however, has not been considered for yield and quality based on changed standard N application level. Therefore, this experiment was conducted to find out more efficient N application method for improving rice quality or labor saving under the amended standard N application level with several varieties at three site (Suwon, Iksan, and Milyang) for two years from 2005 to 2006. Top dressing of N at 15 days before heading compared to the standard (25 days before heading) showed improved rice qualities such as 1000 grain weight and head rice ratio without changing rice yield and protein content of brown rice. In addition, there were no significant differences in yield and quality between different N split application of 70-0-30% and 50-30-20%, indicating that the former would be useful for labor saving without yield decrease and quality deterioration.

Keywords : rice, yield, quality, head rice, protein content, nitrogen split method, nitrogen application, nitrogen uptake

한·미, EU, 인도 등과의 FTA 타결에 따른 시장 개방의 급속한 확대에 우리 농산물 시장도 글로벌화 되어 우리 농업의 국제경쟁력 강화가 시급한 실정이다. 또한, 쌀을 제외한 농축산물의 상당부분 개방된 현실을 볼 때, 우리의 주곡인 쌀 역시 개방을 피할 수 없을 것으로 보인다. 우리나라

1인당 쌀 소비량은 1990년 120kg에서 2008년 75.8kg으로 계속해서 감소하고 있다(농식품부, 2009). 2004년도 WTO 체제에 따른 쌀 재협상 결과 쌀 의무 수입물량이 2005년 225천톤에서 2014년에는 409천톤까지 증가할 예정이며, 이 중 2005년도에 10%로부터 점차 늘려 2010년에는 30%까지 국내에 밥쌀용으로 시판되어 외국산 수입쌀과 국산 쌀이 직접적으로 경쟁하게 되었다(농림부, 2006). 따라서 국내산 쌀의 소비 촉진 및 국제 경쟁력 강화를 위해서는 국내산 쌀의 고품질화가 시급하다.

질소시비는 벼의 초형, 병충해 및 재해 발생 등에 복합적으로 영향을 미치는데, 질소량 부족은 수량을 감소시키고 질소 과잉은 병해충 및 도복 발생 등으로 수량이 감소되며(Mills & Jones, 1979; 김 등, 1998), 완전미율이 뚜렷하게 감소되고 쌀 단백질함량이 유의하게 증가하여 미질이 저하된다(강 등, 1997). 따라서 정부에서는 고품질 쌀 생산을 유도하기 위해 2005년부터 질소 표준시비량을 10a당 질소 성분비로 11kg에서 9kg으로 감량하였다(작물과학원, 2005). 이는 수량은 어느 정도 감소하더라도 쌀의 품질을 높이고자 하는 정부의 강력한 의지의 표현이라 할 수 있다. 그러나 표준 질소시비량이 감소하였음에도 불구하고 질소 분시방법 또는 수비 시용시기와 같은 질소 시비방법에 대한 연구는 거의 없었다. 또한 최근 많은 농가에서 기비를 많이 주는 대신 분얼비를 생략하고 있는데, 이것은 분얼비를 생략하면 노력을 절감할 수 있는 반면 수량 및 품질은 관행과 큰 차이가 없다는 경험을 근거로 하고 있다. 따라서 본 연구는 표준시비량이 감소된 조건에서 보다 효율적인 질소시비방법을 확립하고자 수행하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-33-254-6328
(E-mail) shinjces@korea.kr <Received January 12, 2010>

Table 1. Summary of experiment conditions

Experiment. No.	Year	Site	Treatment	Number of levels
1	2005, 2006	Suwon, Iksan, Milyang	Varieties, N application method and site	2×5×3
2	2005, 2006	Suwon	Varieties and N split method	2×3

재료 및 방법

본 연구는 2개의 실험으로 구성되어 2005년과 2006년 2년간 수행되었다(표 1). 두 시험 모두 30일간 육묘 후 재식 거리를 30cm×14cm, 주당 본수를 3~5본으로 하여 기계이앙을 하였다. 무질소구를 제외하고는 질소시비량은 성분량으로 10a당 9kg을 분시방법별로 나누어 사용하였으며, 인산은 성분량으로 10a당 4.5kg을 전량 기비로, 가리는 10a당 5.7kg을 기비와 수비로 각각 70%와 30%로 나누어 사용하였다. 현미단백질함량은 1241 Grain Analyzer(Foss, Sweden)를 이용하여 측정하였으며, 현미 품위는 RN-500(Kett, Japan)을 이용하여 조사하였다. 기타 생육 및 수량 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농촌진흥청, 2003)에 의거하여 조사하였다.

질소분시 및 수비시용시기에 따른 벼 수량 및 품질

우리나라의 고품질 쌀 생산을 위한 질소시비방법을 확립하고자 지역 및 품종 변이를 검토하기 위하여 지역 및 품종을 달리하여 시험을 수행하였다. 수원(국립식량과학원 본원 답작포장)에서는 2005년과 2006년 모두 오대벼와 일품벼, 익산(국립식량과학원 벼맥류부 답작포장)에서는 2005년에는 남평벼와 화성벼, 2006년에는 남평벼와 신동진벼, 밀양(국립식량과학원 기능성작물부 답작포장)에서는 2005년과 2006년 모두 화영벼와 주남벼를 시험품종으로 하였다. 파종기는 2005년에는 4월 25일, 2006년에는 4월 30일경으로 지역 및 연차간 1~2일 차이가 있었다. 처리는 질소분시방법 2수준(50-30-20%, 70-0-30%)과, 질소 수비시용시기 3수준(출수전 35, 25, 15일)으로 수행하였다.

시험지역의 포장특성을 살펴보면 수원지역은 석천통으로써 배수는 약간 불량하고 투수성은 보통인 음회색 미사질양토이고, 익산지역은 전북통으로써 배수는 약간불량하고 투수성은 약간 느린 황갈색 미사질양토이며, 밀양지역은 덕평통으로써 배수는 약간 불량하고 투수성은 느리거나 보통인 음회색 미사질식양토이다.

질소분시방법에 따른 벼 생육 및 질소흡수 동태

벼 생육과 더불어 식물체 질소흡수 동태를 파악하기 위해 수행되었으며, 시험품종은 고품질 다수성 품종인 고품벼와 일품벼로 하여 수원에서 2005년부터 2006년까지 2년간 수행하였다. 파종기는 4월 24일이었으며, 처리는 무질소구, 분산시비구(50%-30%-20%), 기비중점구(70%-0%-30%)의 3처리를 단구제 3반복으로 실시하였다. 이앙기, 이앙후 30일, 유수형성기, 출수기 및 수확기 때 식물체를 채취하여 이들로부터 각 부위별 건물중 및 질소함량을 조사하였다. 질소함량은 잘 건조된 시료를 40mesh로 분쇄한 후 CNS2000(LECO)을 이용하여 측정하였으며, 질소흡수율은 분산시비구와 기비중점구에서 무질소구의 식물체 지상부 질소함량을 제외한 후 생육일수로 나누어서 계산하였다.

결과 및 고찰

질소의 수비는 기비나 분얼비에 비해 이용효율이 높아서 쌀 수량성과 쌀 단백질 함량 증가에 크게 기여하므로(Nguyen et al., 2006) 질소시비의 주안점은 수비를 언제 얼마나 사용하는가에 달려있다. 또한 벼의 안전다수확 및 품질 향상을 위해서는 재배기간 중 질소가 너무 많거나 부족한 일이 없도록 여러 번 시비하는 것이 이상적이지만 현실적으로 노력절감 및 벼 질소이용효율 등이 고려되어 표준분시방법이 설정되었다. 그러나 표준시비량이 감소한 조건에서는 이들에 대한 검토가 없었으므로 본 연구는 질소 수비시용시기나 분시방법 개선을 통해 보다 효율적인 고품질 쌀 생산 질소시비체계를 확립하고자 하였다.

수비시용시기에 따른 벼 수량성 및 품질

표 2는 질소 수비 시용시기에 따른 쌀수량과 현미 단백질 함량, 현미천립중, 현미완전미율 등 수량 및 품질 관련 형질을 나타낸 것이다. 2005~2006년 수원에서는 오대벼와 일품벼, 익산에선 남평벼, 화성벼(신동진벼), 밀양에선 주남벼와 화영벼로 시험한 결과 출수전 35일 수비를 사용했을 때는 쌀수량, 완전미율, 천립중 및 현미 단백질함량 모두 관형

Table 2. Rice yield and quality at different N application time in experiment 1

Year	Site	Variety	N application time	Yield (kg/10a)	1000 grain weight (g)	Head rice ratio (%)	Protein content (%)	
2005	Suwon	Odaebyeo	35DBH [†]	516 a [‡]	21.5 a	67.9 b	9.0 a	
			25DBH	489 a	20.6 b	64.2 b	8.8 a	
			15DBH	470 a	21.8 a	75.4 a	9.5 a	
	Iksan	Hwaseong byeo	35DBH	523 a	20.9 a	79.9 a	7.8 a	
			25DBH	526 a	21.2 a	77.5 a	7.9 a	
			15DBH	531 a	21.3 a	77.2 a	8.2 a	
	Iksan	Nampyeong byeo	35DBH	553 a	20.5 b	86.9 a	8.6 a	
			25DBH	554 a	20.8 ab	85.8 ab	8.4 a	
			15DBH	558 a	20.9 a	84.4 b	8.6 a	
	Milyang	Hwayeong byeo	35DBH	455 a	22.1 b	(62.8) ^b ab	(6.4) a	
			25DBH	511 a	22.6 ab	(61.9) b	(6.3) a	
			15DBH	472 a	23.2 a	(67.0) a	(6.1) a	
	Milyang	Junambyeo byeo	35DBH	531 a	22.3 b	(58.6) a	(5.5) a	
			25DBH	551 a	22.6 b	(56.5) a	(5.8) a	
			15DBH	522 a	23.6 a	(61.2) a	(5.8) a	
	2005 sub-average			35DBH	516 a	21.5 b	71.2 b	7.5 a
				25DBH	526 a	21.6 b	69.2 b	7.4 a
				15DBH	511 a	22.2 a	73.0 a	7.6 a
	2006	Suwon	Odaebyeo	35DBH	402 a	19.6 a	81.1 a	8.7 b
				25DBH	397 a	19.7 a	77.8 b	8.9 a
				15DBH	405 a	20.0 a	81.6 a	9.0 a
Suwon		Ilpumbyeo	35DBH	537 a	22.1 a	81.1 a	7.5 a	
			25DBH	511 a	22.1 a	79.5 a	7.5 a	
			15DBH	523 a	22.6 a	80.5 a	7.5 a	
Iksan		Nampyeong byeo	35DBH	470 a	20.7 b	87.9 a	7.5 a	
			25DBH	482 a	20.7 b	88.3 a	7.6 a	
			15DBH	496 a	21.6 a	88.8 a	7.7 a	
Iksan		Shindongjin byeo	35DBH	501 b	24.2 ab	78.9 a	6.9 a	
			25DBH	527 a	24.0 b	79.3 a	6.9 a	
			15DBH	529 a	24.8 a	79.5 a	7.1 a	
Milyang	Junambyeo	35DBH	576 a	21.6 a	83.2 ab	6.9 a		
		25DBH	595 a	21.4 a	80.5 b	6.9 a		
		15DBH	603 a	22.0 a	87.4 a	7.2 a		
2006 sub-average			35DBH	497 a	21.6 b	82.4 a	7.5 b	
			25DBH	502 a	21.6 b	81.1 b	7.6 ab	
			15DBH	511 a	22.2 a	83.6 a	7.7 a	
Average pooled with 2005 and 2006			35DBH	506 a	21.6 b	76.8 b	7.5 a	
			25DBH	514 a	21.5 b	75.1 b	7.5 a	
			15DBH	511 a	22.2 a	78.3 a	7.7 a	

[†]DBH : days before heading

[‡]the same letters in a column are not significantly different at P<0.05 by duncan multiple range test.

^b the data of head rice ratio in parenthesis are from milled rice and other data from brown rice.

과 큰 차이가 없었으나 연차간 변이는 다른 처리에 비하여 컸다. 관행대로 출수전 25일에 수비를 사용했을 때는 10a당 쌀수량이 514 kg이었고 현미 단백질함량은 7.5%였는데, 출수전 15일로 10일 늦추어 수비를 사용해도 쌀수량은 511 kg, 현미 단백질농도는 7.7%로 거의 차이가 없었다. 반면 현미천립중은 21.5 g에서 22.2 g으로 증가했고, 완전미율도 75.1%에서 78.3%로 높아져 쌀 품질이 좋아지는 것으로 나타났다.

이삭당 영화수는 영화의 분화수와 퇴화수의 차에 의해 결정되는데, 분화는 1, 2차지경분화기 및 영화분화초기 질소 공급에 크게 좌우되며 퇴화수는 영화분화후기 및 감수분열기의 일사량에 의해 결정된다고 한다(이, 2001). 따라서 관행과 같이 출수전 25일에 수비를 사용하면 이때는 영화분화초기에 해당되는 시기로 이삭당 영화수가 증가하여 수량 증대에 유리한 측면은 있지만 영화수가 너무 많아 전분을 제대로 채우지 못하기 때문에 등숙률과 천립중, 완전미율 등 쌀 품질이 떨어질 가능성이 높다. 반면 출수전 15일은 수잉기로 이때 수비를 사용하면 쌀의 전분이 채워질 왕겨의 크기가 커지고 퇴화가 방지되는 동시에 적당한 영화수를 확보할 수 있어 전분을 채우는데 용이하므로 천립중, 완전미율 등이 높아져 쌀 품질이 좋아진 것으로 판단된다. 오 등(1990)과 유 등(1996)의 실험에서도 질소 수비 사용시기가 늦어질수록 영화수는 감소하고 등숙률이 증가하는 등 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.

유수분화기부터 수잉기까지는 아미노산과 같은 질소화합물과 단백질은 줄기와 엽에 저장되며(Ntanos & Koutrobas, 2002), 등숙기간 중 많은 양의 질소가 요구되는데, 이 기간 중 흡수되는 질소의 양은 종실축적을 위한 질소 요구에 비해 현저하게 작기 때문에 많은 양의 질소는 영양생장기관 특히 엽신으로부터 아미노산의 형태로 종실로 전류된다(Mae, 1997). 따라서 일반적으로 질소의 수비 사용시기를 늦추면 종실의 질소함량이 높아지는데, 이는 질소 수비사용시기를 기준으로 할 때 이후 질소를 가장 왕성하게 이용하고 흡수하는 엽의 생성이 적어지므로(Gastal & Lemaire, 2002) 출수전에 흡수 저장되는 질소가 적어지는 반면, 출수 후 등숙기에 종실로 직접적으로 흡수되는 질소가 많아지기 때문이다(Jamieson & Semenov, 2000). 그러나 본 연구에서는 질소 수비 사용시기를 늦추어도 현미 단백질농도의 증가가 없었는데, 이것은 우선 표준 질소시비량의 감소로 질소 수비사용량 또한 감소하여 출수전에 흡수되었다가 등숙기에 종실로 전류되거나 등숙기에 직접적으로 종실에 흡수되는 질소량에 큰 차이를 발생시키지 않았으며, 두 번째로는 앞서 언급하였듯이 수당립수 감소로 인한 적정 영화수 확보

로 전분을 채우는데 용이하여 한 영화에 증가된 질소흡수량과 더불어 축적된 탄수화물량 또한 많아졌기 때문에 판단된다. 이것은 현미두께별로 단백질농도를 측정할 경우 현미 두께가 클수록 즉 등숙이 양호할수록 단백질함량이 낮아지는 이 등(2007)의 보고와 일치하였다.

따라서 쌀품질과 관계없이 쌀 생산량을 늘리기 위해서는 표준 질소시비량 보다 사용량을 증가시키고 기존 방법대로 출수전 25일에 수비를 사용하는 것이 유리하지만, 고품질 쌀 생산을 위해서는 표준 질소시비량을 준수하고 수비사용시기를 늦추는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

질소 분시방법에 따른 벼 수량성 및 품질

쌀 수량, 현미천립중, 현미완전미율, 현미단백질 함량 모두 일부 지역 및 품종에서 분산시비(50-30-20%)와 기비중점시비(70-0-30%)간 유의성이 인정되었으나 전체적으로는 차이가 없었다(표 3). 질소 분시방법에 따른 생육기간중 개체군성장속도를 분석한 결과, 분산시비보다 기비중점시비에서 고품벼는 약 33%, 일품벼는 약 3% 높게 나타났으며 일품벼의 경우 이앙 후 30일부터는 질소 분시방법간 차이가 거의 나타나지 않았다(표 4). 지상부 식물체 질소흡수율에서는 고품벼에서 유수형성기까지는 처리간 차이가 크지 않았으나 출수기 이후에는 분산시비가 기비중점시비에 비해 질소의 흡수율이 떨어지는 경향이였다. 이와는 달리, 일품벼에서는 유수형성기까지 기비중점시비에서 약간 높았으나 출수기 이후부터는 처리간 차이가 거의 없었다. 그리고 지상부 식물체에 축적된 총질소함유량을 분석한 결과, 유수형성기 이후 수확기까지 고품벼는 기비중점시비가 분산시비에 비해 39~48% 높았으나 일품벼는 약 4~9% 증가하는데 그쳐 두 품종의 질소분시방법에 따른 질소대사 반응이 뚜렷하게 다르다는 것을 알 수 있었다(표 5). 품종간 차이는 있었으나 전체적으로 기비중점시비에서 생육이 좋았는데, 이는 표 4와 표 5에서 보는바와 같이 초기에 빠른 질소 흡수와 생육량 확보로 이후 계속해서 질소의 식물체 축적량이 많았기 때문으로 생각된다. 따라서 본 연구가 수행된 지역과 같이 비교적 배수불량 토양특성을 보이는 지역에서는 기비중점 시비가 관행에 비하여 수량 감소 및 품질저하 없이 생산노력비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 만식재배 또는 초기 생육이 늦은 품종에서는 생육 초기 질소흡수속도와 개체군 성장속도가 빠른 기비중점 시비가 유리할 것이다. 그러나, 사질답과 같이 배수 및 투수가 잘되는 조건에서는 한꺼번에 많은 양의 질소가 사용될 경우 토양 중 유실량이 많아 오히려 기비중점시비가 불리할 수 있다.

Table 3. Rice yield and quality at different N split application method in experiment 1.

Year	Site	Variety	N split application method	Yield (kg/10a)	1000 grain weight (g)	Head rice ratio (%)	Protein content (%)	
2005	Suwon	Odaebyeo	50-30-20%	489 a	20.6 a	64.2 b	8.8 a	
			70-0-30%	489 a	20.7 a	72.3 a	9.3 a	
		Ipumbyeo	50-30-20%	545 a	20.8 a	65.9 a	8.7 a	
			70-0-30%	527 a	20.1 b	58.0 a	8.7 a	
	Iksan	Hwaseong byeo	50-30-20%	526 b	21.2 a	77.5 a	7.9 a	
			70-0-30%	538 a	21.3 a	79.9 a	8.0 a	
		Nampyeong byeo	50-30-20%	554 a	20.8 a	85.8 a	8.4 a	
			70-0-30%	558 a	20.9 a	86.7 a	8.5 a	
	Milyang	Junambyeo	50-30-20%	551 a	22.6 a	(56.5) [‡] a	(5.8) a	
			70-0-30%	554 a	22.4 a	(56.9) a	(5.8) a	
		Hwayeong byeo	50-30-20%	511 a	22.6 a	(61.9) a	(6.3) a	
			70-0-30%	481 a	22.4 a	(62.2) a	(6.0) a	
	2005 sub-average		50-30-20%	529 a	21.4 a	68.5 a	7.5 a	
			70-0-30%	524 a	21.3 a	69.4 a	7.6 a	
	2006	Suwon	Odaebyeo	50-30-20%	397 a	19.7 a	77.8 a	8.9 a
				70-0-30%	386 a	19.3 b	78.4 a	8.8 a
Ipumbyeo			50-30-20%	511 a	22.1 a	79.4 a	7.5 b	
			70-0-30%	508 a	21.8 b	78.8 a	7.8 a	
Iksan		Nampyeong byeo	50-30-20%	482 a	20.7 b	88.3 a	7.6 a	
			70-0-30%	485 a	21.3 a	88.3 a	7.6 a	
		Shindongjin byeo	50-30-20%	527 a	24.0 a	79.3 a	6.9 a	
			70-0-30%	553 a	24.0 a	78.2 a	7.0 a	
Milyang		Junambyeo	50-30-20%	595 a	21.4 a	80.5 a	6.9 a	
			70-0-30%	603 a	22.0 a	83.1 a	6.9 a	
		2006 sub-average		50-30-20%	504 a	21.5 a	81.0 a	7.6 a
				70-0-30%	507 a	21.7 a	81.4 a	7.6 a
Average pooled with 2005 and 2006		50-30-20%	517 a	21.5 a	74.8 a	7.6 a		
		70-0-30%	516 a	21.5 a	75.4 a	7.6 a		

[†]DBH : days before heading

[‡]the same letters in a column are not significantly different at P<0.05 by duncan multiple range test.

^bthe data of head rice ratio in parenthesis are from milled rice and other data from brown rice.

Table 4. The crop growth rate at different growth stages in experiment 2

Variety	N split method (%)	Crop growth rate(g/m ² /day).				
		TR [†] ~ 30DAT [‡]	30DAT ~ PI ^b	PI ~ HD [↓]	HD ~ HV ^{↓b}	TR ~ HV
Gopum byeo	50-30-20(A)	1.7	10.4	18.3	13.2	11.5
	70-0-30(B)	3.0	13.6	22.1	18.9	15.3
	A/B	0.57	0.76	0.82	0.70	0.75
Ipum byeo	50-30-20(A)	1.8	10.0	19.3	13.8	11.9
	70-0-30(B)	2.4	9.8	21.3	13.3	12.3
	A/B	0.75	1.02	0.91	1.03	0.96

[†]TR : transplanting, [‡]DAT : days after transplanting, ^bPI : Panicle initiation, [↓]HD : heading, ^{↓b}HV : harvest

Table 5. The nitrogen uptake rate in shoot at different growth stages in experiment 2

Variety	N split method (%)	Nitrogen uptake(g/10a/day).				
		TR~30DAT	30DAT~PI	PI~HD	HD~HV	TR~HV
Gopum byeo	50-30-20(A)	51.2	193.4	119.7	20.9	85.2
	70-0-30(B)	92.8	245.6	185.3	38.2	126.3
	A/B	0.55	0.79	0.65	0.55	0.67
byeo	50-30-20(A)	55.5	165.1	186.1	15.0	94.8
	70-0-30(B)	81.5	157.2	184.2	17.0	98.9
	A/B	0.68	1.05	1.01	0.88	0.96

[†]TR : transplanting, [‡]DAT : days after transplanting, ^bPI : Panicle initiation, [↓]HD : heading, [♯]HV : harvest

적 요

표준시비량이 감소된 조건에서 좀 더 효율적인 질소시비 방법을 확립하고 이들이 벼 수량 및 품질에 미치는 영향을 분석하고자 연차, 지역 및 품종별로 질소시비방법을 달리하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연차, 지역 및 품종에 관계없이 질소의 수비시용 시기에 따른 수량과 현미단백질 함량에는 차이가 없었고, 질소 분비비율을 기비-분얼비-수비로 50-30-20 혹은 70-0-30으로 하여 질소시용시기를 출수 전 25일에서 출수 전 15일로 늦출 때 현미 천립중과 현미완전미 비율이 증가하여 고품질 쌀 생산에 유리하였다.

2. 쌀 수량, 현미천립중, 현미완전미율, 현미단백질 함량 모두 일부 지역 및 품종에서 유의성이 인정되었으나 전체적으로 분산시비와 기비중점시비간 차이가 없었다. 따라서 사질답과 같은 토양 양분 유실이 많은 조건을 제외하고는 기비중점 시비로 관행에 비하여 수량 감소 및 품질저하 없이 생산노력비 절감이 가능한 것으로 판단된다.

인용문헌

Gastal F., and Lemaire G. 2002. N uptake and distribution in crops : an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53: 789-799.

Jamieson, P.D., and M.A. Semenov. 2000. Modelling nitrogen uptake and redistribution in wheat. *Field Crops Res.* 68: 21-29.

Mae T. 1997. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. *Plant Soil.* 196: 201-210.

Mills, H.A., and J.B. Jr. Jones. 1979. Nutrient deficiencies and toxicities in plants; nitrogen. *J. Plant Nutr.* 1: 101-122.

Nguyen, H.T., M.H. Kim, L.T. Nguyen, B.W. Lee. 2006. Response of grain yield and milled-rice protein content to nitrogen rates applied at different growth stages of rice. *Korean J. Crop Sci.* 51(1): 14-25.

Ntanos, D.A., and Koutroubas, S.D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Inadi ca and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 74, 93-101.

강양순, 이종훈, 김정일, 이재생. 1997. 규산시용이 미립의 품질에 미치는 영향. *한작지* 42(6): 800-804.

김정곤, 김창영, 이정일, 신진철, 이문희. 1998. 이앙시기 및 질소시비량이 유색이 '흑진주벼'의 건물생산 및 수량에 미치는 영향. *농업환경연구논문집* 40(2): 48-55.

농림부. 2006. 쌀협상 국민 대토론회 발표자료. 6-7pp.

농식품부. 2009. 2008 농림통계연보. 298pp.

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준. pp269-290.

오용비, 김병호, 안종국, 임무상, 박래경. 1990. 벼 기계이앙 재배시 측조시비 효과 구명. 3. 수비시기가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향. *농시논문집* 32(3): 1-10.

유철현, 신복우, 이상복, 조국현, 이경수. 1996. 무논 골뿌림에서 질소 수비 시기 및 시용량에 따른 벼의 생육과 수량성. *한토비지.* 29(1): 3-7.

이종훈. 2001. 최신 도작과학. 선진문화사. p.167, pp.257-258.

이충근, 박호기, 구분철, 이재은, 신진철. 2007. 벼 표준시비량이 감소된 조건에서 고품질 쌀 생산을 위한 중부지역 질소시비방법 연구. *작물과학연구논문총* 8:490-499.

작물과학원. 2005. 지역 및 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 이앙 적기, 적정 질소 시비량 및 수확적기. 고품질 쌀 생산을 위한 재배 및 수확 후 관리 기술 확립 제3차년도 완결보고서 pp14-24.