한국토양비료학회지 44권 3호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 44, No. 3, 448-451 (2011)

보문

이탈리안 라이그라스 후작 벼 재배시 수량을 고려한 적정 질소시비량 추정

송요성 · 박우균 · 이예진 · 이종식* · 윤홍배*

농촌진흥청 국립농업과학원

Estimation of Nitrogen Optimum Level for Rice Planting after Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) Cultivation

Yo-Sung Song, Woo-Kyun Park, Ye-Jin Lee, Jong-Sik Lee*, and Hong-Bae Yun*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

To establish the optimum nitrogen level for rice planting after Italian ryegrass cultivation, one experiment was conducted on a normal paddy soil (Jeonbug series soil taxonomy) with six different nitrogen treatments for two years from 2009 to 2010. The treatments were including no nitrogen fertilization (Free N), 50%-Basal N, 75%-Basal N, 100%-Basal N, 150%-Basal N and 100% of basal fertilization with 30 kg N ha^{-1} (100%+N30-Basal N) for decomposing of Italian ryegrass stubble. The highest rice yields were 8,420 obtained by 100%-Basal N. 150%-Basal N and 100%+N30-Basal N produced a rice yield of 8,190 kg ha^{-1}. Those of 50%-Basal N and Free N were produced 8,020 and 7,370 kg ha^{-1}, respectively. The correlation between rice yield and nitrogen treatment showed a quadratic relationship in high significant. According to this regression, the highest level of nitrogen treatment was 73 kg ha^{-1} and the highest rice yield was 8,405 kg ha^{-1}. Nitrogen uptake rates were relatively higher with lower amounts of nitrogen fertilizer treated.

Key words: Italian ryegrass, Rice planting, Nitrogen application rate

서 언

벼 재배시 표준시비량 또는 토양검정에 의한 추천 시비량을 토대로 단작재배를 할 경우 비배관리에 큰 어려움이 없다. 그러나 최근 일부 남부지방에서는 논에 시설하우스를 설치하고 벼 후작물을 재배하거나 또는 녹비, 사료작물 등을 재배하는 작부형태에서 도복에 의한 수량감소, 미질저하 등 시비관리의 문제점이 지적되고 있다 (GNARES, 1997; JBARES, 1997; JNARES, 1997). 특히, 최근에는 가축의 조사료 조달을 위하여 호밀, 귀리, 청보리, 이탈리안 라이그라스 같은 사료작물을 재배하는 경우가 점차 증가추세로 이의 후작으로 벼를 재배할 경우 친환경적인 시비량 재정립이 요구되고 있는 실정이다 (Lim et al., 2010; NIC, 2009; Ryu et al., 1991). 논에서 녹비작물을 재배하는 경우는 대부분 비료 시비가 필요 없는 두과작물을 주로 재배하여 화학비료 점감 또는 비료필요량을 전량 대체할 목적으로 행해지고 있으며, 이때 생산된 녹비는 전량 논에 환원하고 있다. 그러나 논에서 사료작물을 재배하는 경우는 사료작물의 증수를 도모하기 위하여 파종 전 · 후에 비료를 시비하여 관리하는 경우가 대부분으로 벼 이앙 직전에 지상부위를 예취하여 거둔다. 특히, 지상부위 예취 후 뿌리와 그루터기가 토양에 환원뿐만 아니라, 사료작물 재배시 시용된 비료성분의 일부가 토양에 남아 벼 재배에 영향을 끼칠 것으로 판단된다. 점차 논에서 재배면적이 증가하고 있는 사료작물의 경우 그의 종류에 따라 토양에 환원되는 뿌리, 그루터기 등 잔사물량이 다르기 때문에 이를 평가하여 양분 공급능을 산출할 필요가 있다고 사료된다. 현재 전국적으로 재배되고 있는 이탈리안 라이그라스의 면적은 '08년 기준 11만 ha 정도 (MFAFF, 2008)가 중남부 지방 답리작을 중심으로 재배되는 것으로 예상하고 있다. 이탈리안 라이그라스의 파종적기는 중북부지역은 9월 중순, 남부지역은 9월 하순 ~ 10월 상순으로 가축의 기호성이 좋은 사료작물이다. 특히 이탈리안 라이그라스의 초기생육은 빠르며 재생력이 좋아 여러 번 수확이 가능하다. 이용 형태는 청예, 방목, 건초, 사일리지 등으로 용도가 다양할 뿐만 아니라, 수확 후 그루터기 및 뿌리 등 잔사물은 유기물 공급에 따른 양분공급효과, 토양의 물리성 및 미생물상 개선효과가 기대된다. 따라서 본 연구에서는 벼 앞그루 작물로 이탈리안 라이그라스를 재배하고 뿌리를 포함한 그루터기와 같은 잔사물이 환원될 경우 이로부

접수 : 2011. 3. 18 수리 : 2011. 6. 2
*연락저자 : Phone: +81312900314, 81312900319
E-mail: jongslee@korea.kr, hbaeyun@korea.kr

터 공급될 수 있는 양분의 양 특히 질소의 양을 감안하여 벼에 대한 적정 질소 시용량을 구명하고자 포장시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 벼 앞그루로 이탈리안 라이그라스를 재배하고 수확 후 벼를 재배하는데 질소비료의 적정 시용량을 구명하기 위하여 이모작재배를 하고 있는 전북 김제시 공덕면 황산리 농가포장 (Jeonbug series soil taxonomy)에서 시험을 수행하였다. 이탈리안 라이그라스는 '코원어리' 품종을 공시하여 2008년 10월 초순과 2009년 10월 초순에 동일포장에서 2년 연속 파종하여 다음해 5월 하순에 지상부위를 예취하여 제거하였다. 2009년 5월 벼 재배 전 토양의 화학성을 분석한 결과는 Table 1과 같았으며, 이를 근거로 토양 검정시비량을 산출한 바, 질소-인산-칼리의 시용량이 70-30-30 kg ha^{-1}이었으며, 질소는 시비량의 56% (39.2 kg ha^{-1})를 밑거름으로, 그리고 가지거름과 이삭거름을 각각 22% (15.4 kg ha^{-1})씩 시용하였다.

처리내용은 토양검정 질소량을 기준하여 인산과 칼리질 비료는 모든 처리구에 시용하였으나 질소 시용량을 달리하였다. 질소를 전혀 시용하지 않은 무질소구 (Free N), 기비질소의 50% 시비구 (50%-Basal N), 75% 시비구 (75%-Basal N), 100% 시비구(100%-Basal N), 150% 시비구 (150%-Basal N) 및 기비질소 100%에 질소 30 kg ha^{-1} 해당량을 더한 시비구 (100%+N30-Basal N)를 두고 실시하였다. 기비질소 100%에 질소 30 kg ha^{-1} 해당량을 더한 시비구는 이탈리안 라이그라스 그루터기의 신속한 분해를 위하여 이탈리안 라이그라스 수확직후에 Ryu et al. (1991)이 추천하였던 결과에 근거하였다. 시험구 처리내용에 따른 시비량과 시용방법은 Table 2에 나타낸 바와 같다. 시험방법은 난괴법 3반복으로 수행하였으며, 시험구 면적은 구당 90 m^2 (15 m × 6 m)로 하였다. 인산과 칼리비료는 해당량을 용성인비와 염화칼리로 각각 시용하였으며 인산비료는 밑거름으로 100% 시용하였고, 칼리비료는 밑거름에 70% (21 kg ha^{-1}), 이삭거름에 30% (9 kg ha^{-1})를 시용하였다 (NIAST, 2006). 벼 품종은 신동진벼를 공시하여 재식거리 30 × 15 cm로 하였고, 매년 이탈리안 라이그라스 수확 10일 경과 후 실시하였다.

시험토양분석 토양 성분분석은 2 mm 체를 통과한 풍건토양을 이용하여 국립농업과학원 토양분석법 (ATRI. 1988)에 준하였다. 토양 pH는 토양시료 5 g에 증류수 25 ml를 가하여 30분 경과 후 pH meter (Orion 4-Star)로 측정하였다. 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1 M NaOAc (pH 4.0) 침출여액을 이용하여 비색측정, 치환성 K, Ca, Mg 성분은 ICP (GBC, Intergra XL, Australia)로 각각 측정하였다.

식물체 분석 식물체 시료 분석은 국립농업과학원 식물체분석법 (ATRI, 1988)을 따랐다. 식물체 시료 0.5 g을 100 ml 분해용 튜브에 취하고, 진한 황산 1 ml와 50% $HClO_4$ 10 ml를 가하여 식물체를 분해한 후 증류수로 100 ml 표선을 하였다. 총 질소는 100 ml 표선한 여액의 일부를 취하여 Indophenol blue법, 인산은 Vanadate법으로 각각 비색측정하였고, K는 ICP (GBC, Intergra XL, Australia)에 의한 방법으로 측정하였다. 조규산 함량은 분해여액을 No 6 여과지로 여과 후 여과지에 남은 잔유물을 태워서 남은 양을 측정하여 산출하였다. 한편, 벼 수확기 식물체중 무기성분 함량 및 흡수량은 볏짚과 곡실을 각각 분석하여 평

Table 1. Soil chemical properties before experimental accomplishment.

pH	OM	T-N	Avail. P_2O_5	Avail. SiO_2	Exch. Cation			CEC
					K	Ca	Mg	
(1:5)	g kg^{-1}	g kg^{-1}	---------- mg kg^{-1}	----------	---------- $cmol_c$ kg^{-1}		----------	$cmol_c$ kg^{-1}
5.5	31	2.3	139	74	0.26	5.5	1.5	12.6

Table 2. Treatments and fertilizer application amount for experiment.

Treatments	Total amount (N-P_2O_5-K_2O)	Before transplanting (N)	Basal application (N-P_2O_5-K_2O)	Tillering stage (N)	Panicle initiation stage (N-K_2O)
	---------- Ingredient kg ha^{-1} ----------				
Free N	(0-30-30)	-	(0 -30-21)	(0)	(0-9)
50%-Basal N	(50.4-30-30)	-	(19.6-30-21)	(15.4)	(15.4-9)
75%-Basal N	(60.2-30-30)	-	(29.4-30-21)	(15.4)	(15.4-9)
100%-Basal N	(70.0-30-30)	-	(39.2-30-21)	(15.4)	(15.4-9)
150%-Basal N	(89.6-30-30)	-	(58.8-30-21)	(15.4)	(15.4-9)
N30+100%-Basal N	(100-30-30)	30	(39.2-30-21)	(15.4)	(15.4-9)

균함량과 무기성분 흡수량을 산출하였으며 질소 이용률은 질소비료 처리구의 질소흡수량에서 무질소구의 질소흡수량을 뺀 값을 질소 시용량으로 나누고 100을 곱하여 산출하였다.

결과 및 고찰

벼 수량 벼 앞그루 작물로 이탈리안 라이그라스를 재배한 후 벼를 재배할 경우 질소의 적정 시용량을 구명하기 위하여 2년 동안 수행한 처리별 벼 수량 (정조)을 보면 Table 3에서와 같다. 2년 동안의 벼 수량을 각각 구분하여 볼 때 전체적으로 2009년의 벼 수량이 2010년의 수량보다 높았는데 이는 2010년의 저온과 일조부족 등으로 수량이 낮은 것으로 추정 되었다. 각 처리별 2년간의 평균수량을 산출하여 검정시비량 (기비질소의 100%)의 벼 수량 8,420 kg ha^{-1}을 100으로 하여 비교한 결과 무질소는 88, 기비질소 75% 시용구는 99.9%로써 검정시비량과 대등하였으나, 기비질소 시비량이 150%의 경우는 97%로 약간 감소하였으며, 특히 그루터기 분해용 질소 30 kg ha^{-1}과 기비질소 100%를 시용한 구에서는 일부 도복현상이 야기되어 벼 수량이 감소되는 경향을 보였다. 이는 그루터기 분해용으로 준 질소가 일부 미생물에 의해 부동화됨과 동시에 벼의 전반적인 생육에 영향을 준 것으로 판단되나 이에 대한 보다 자세한 연구가 필요하다고 본다.

질소적정 시용량 추정과 질소 이용률 질소시비량과 벼 수량과의 관계를 조사한 결과 Fig. 1에서와 같이 질소 시용량에 따른 벼의 수량반응은 2차 회귀관계를 나타내었다. 질소비료의 총 시용량이 73 kg ha^{-1}일 때 벼 최고수량 8,405 kg ha^{-1}을 얻는 것으로 추정되었다. 본 시험의 경우 시험 전 토양 유기물함량이 우리나라 평균 25 g kg^{-1}보다 다소 높았다는 사실을 감안할 때 토양검정시비 70 kg ha^{-1} 해당량 만으로도 벼 수량은 크게 감소하지 않을 것으로 사료된다. 이를 통해서 볼 때 지력이 높은 토양의 경우 이탈리안 라이그라스 수확 후 즉시 경운하여 그루터기 및 뿌리가 빨리 분해되도록 유도할 경우 그루터기 분해용

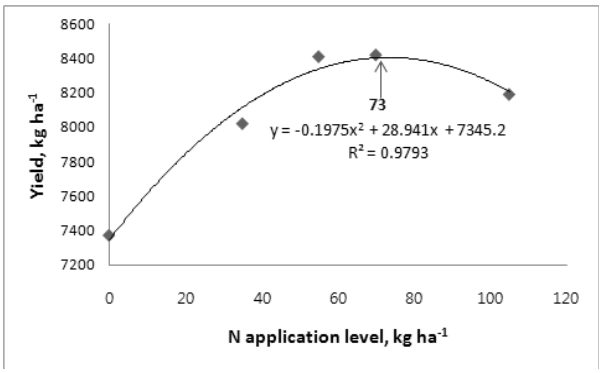

Fig. 1. Relationship between rice yield and nitrogen application rate.

Table 3. Rice yields and their index in nitrogen treatments for two years.

Treatments	2009		2010		Mean	
	Yields	Index	Yields	Index	Yields	Index
	kg ha^{-1}		kg ha^{-1}		kg ha^{-1}	
Free N	8,690 c†	94	6,040 c	76	7,370 c	88
50%-Basal N	8,970 b	97	7,070 b	93	8,020 b	95
75%-Basal N	9,480 a	102	7,340 ab	97	8,410 a	100
100%-Basal N	9,260 ab	100	7,580 a	100	8,420 a	100
150%-Basal N	9,240 ab	100	7,130 b	94	8,190 ab	97
N30+100%-Basal N	9,260 ab	100	7,110 b	94	8,190 ab	97

†Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

Table 4. Major element contents and uptake amounts by rice plant (straw + grain) at harvesting stage.

Treatments	Major element contents				Uptake amounts				Rate of N† utilization
	T-N	P_2O_5	K_2O	SiO_2	T-N	P_2O_5	K_2O	SiO_2	
	---------- % ----------				---------- kg ha^{-1} ----------				------- % -------
Free N	1.32	1.22	2.71	11.47	77	67	168	698	-
50%-Basal N	1.50	1.11	2.86	10.47	108	78	218	785	61.5
75%-Basal N	1.59	1.11	2.64	10.73	111	76	199	803	56.5
100%-Basal N	1.43	1.05	2.68	11.00	102	74	193	886	35.7
150%-Basal N	1.44	1.05	2.80	11.86	113	82	226	957	40.2
N30+100%-Basal N	1.35	1.01	2.71	12.53	96	66	183	844	19.0

†(N uptake in N application plot - N uptake in no application plot) / N application rate × 100.

질소를 별도 시용하지 않아도 될 것으로 판단되었다.

시비 질소 이용률은 Table 4에서와 같이 질소 시용량이 많아질수록 이용률이 낮아지는 경향을 보였다. 기비질소의 75%와 100% 시용구의 경우 질소 이용률은 각각 56.5%와 35.7%를 나타내었으며, 특히 이탈리안 라이그라스 그루터기의 조기 분해를 위하여 30 kg ha^{-1}를 증비한 경우는 19%의 매우 저조한 질소 이용률을 보였다. 다만 기비질소 150% 시용구의 경우는 40.2%의 질소 이용률을 나타내어 기비질소 100% 시용구에 비해 다소 높았으며, 이는 벼 수량에 비해 볏짚수량이 상대적으로 다른 처리구에 비해 많았기 때문으로 사료된다.

요 약

벼 앞그루작물로 이탈리안 라이그라스를 재배하고 후작으로 벼를 재배할 경우 벼 수량을 고려한 질소 적정 시용량을 구명하기 위하여 2009~2010년까지 2년 동안 보통답(전북통)에서 '신동진' 벼를 대상으로 재배시험을 수행하였다. 벼 수량은 기비질소 75% 시용구와 100% 시용구에서 8,410 및 8,420 kg ha^{-1}으로 동일한 수량을 나타내었으며, 기비질소 50% 시용구는 8,020 kg ha^{-1}로 수량이 적었다. 한편, 기비질소 150% 시용구 그리고 기비질소 100%에 분해용 질소 30 kg ha^{-1}을 더해 준 구에서의 수량은 8,190 kg ha^{-1}으로 동일한 수량을 나타내었다. 2차 회귀식으로 벼의 최고 수량을 추정한 결과 8,405 kg ha^{-1}이었고 이때 질소의 시비량은 73 kg ha^{-1}에 해당하였다. 수확기 벼의 무기성분의 함량과 흡수량을 분석하여 처리별 질소이용률을 산출한 결과 전반적으로 질소시비량이 많을수록 이용률은 낮아졌다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ006429201003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

Agricultural Technology & Research Institute (ATRI). 1988. Soil Chemical Analysis Methods. ATRI. Suwon. Korea.

Gyeongnam Agricultural Research and Extension Service (GNARES). 1997. Nitrogen Application Rate for Rice of Double Cropping System after Vegetable Crop Cultivation in Southern Area. Annual Research Report, Agricultural Environmental Part.

Jeonbuk Agricultural Research and Extension Service (JBARES). 1997. Nitrogen Application Rate for Rice of Double Cropping System after Vegetable Crop Cultivation in Southern Area. Annual Research Report, Agricultural Environmental Part.

Jeonnam Agricultural Research and Extension Service (JNARES). 1997. Nitrogen Application Rate for Rice of Double Cropping System after Vegetable Crop Cultivation in Southern Area. Annual Research Report, Agricultural Environmental Part.

Lim, S.S., D.S. Lee, S.I. Lee, J.H. Kwak, G.H. Kim, and W.J. Choi. 2010. Productivity and Nutrients Uptake of Sudan Grass-Italian Ryegrass in Soils with Different Fertility. Proceeding of Korean Soil Science and Fertilizer on Spring Season Conference. p. 296.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2008. Practice Project Plan for the Second Green Revolution. MFAFF. Seoul. Korea.

National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST). 2006. Fertilizer recommendation for Each Crop in Soil Testing. NIAST. Suwon. Korea.

National Institute of Crop (NIC). Department of Rice and Winter Cereal Crop. 2009. Major Varieties of Green Barley and Cultivation Technology. NIC. Suwon. Korea.

Ryu, J., N.Y. Hwang, J.S. Na, K.H. Park, and J.S. Chae. 1991. Effects of Nitrogen Fertilization and Soil Amendments on Rice Yield Rice in Paddy Soil after Italian Ryegrass Cultivation. Research Report RDA (S & F). 33(3):25-30.