

호남평야지에서 벼 건답직파 조기파종재배에 알맞은 질소 분시방법

김상수* · 최원영 · 백남현 · 최민규 · 박홍규

작물과학원 호남농업연구소

Reasonable Split Application Method of Nitrogen Fertilizer for Early Dry Seeding Culture of Rice in Honam Plain Area

Sang-Su Kim,* Weon-Young Choi, Nam-Hyun Back, Min-Gyu Choi, and Hong-Kyu Park

Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea

This study was carried out to elucidate the proper split application method of nitrogen fertilizer for early dry seeding culture of rice in Honam plain area from 1997 to 1998 in Korea. Dongjinbyeo was selected as rice variety for this experiment. The rate of 160 kg ha⁻¹ of nitrogen was split as 40-30-30% of total nitrogen at three different application time combination ; T1) basal-5th leaf-panicle formation(PF) stage, T2) 3rd leaf-5th leaf-PF, and T3) 3rd leaf-7th leaf-PF. The content of NH₄-N in soil at 5th leaf stage was higher in top dressing plots(T2, T3) compared with basal application(T1), at 7th leaf stage it was most in top dressed at 3rd leaf and 5th leaf stage, but there was no difference at heading stage. Amount of nitrogen uptake and nitrogen use efficiency was higher in the order of T3, T2 and T1(basal application). Spikelet number per unit area was more in the order of T3, T2 and T1, but rate of ripened grain and 1,000 grain weight were not significantly different among three nitrogen split application methods. Milled rice yields were higher in top dressed plots compared with basal nitrogen application plots.

From the results of this experiment, reasonable nitrogen split application method for early dry seeding culture of rice could be 40-30-30% of total nitrogen at 3rd leaf, 7th leaf and panicle formation stage.

Key words : Rice, Early dry-seeding, Nitrogen use efficiency, Growth, Yield

서 언

벼 답수직파재배는 경운, 정지, 파종 등의 농작업이 답수상태에서 이루어지는 반면 건답직파재배는 이들 농작업이 건답상태에서 이루어지며, 무논골뿌림재배나 답수표면직파재배보다 도복의 위험성이 적고 농한기인 4월에 파종할 수 있어 농가에서 선호하는 직파재배 양식이다.

호남평야지의 건답직파재배 파종적기는 파종기 기온에 의한 입모의 안정성, 잡초방제, 수량 등을 고려하여 4월 하순부터 5월 하순까지로 설정되어 있다(Kim et al. 1992). 우리나라의 건답직파 재배면적은 1993년 이후 점증되어 1997년에는 57.2천 ha로 가장 많았으며 이중 호남지역이 40.3천 ha로 전국의 70%를 차지하였다. 그러나 호남평야지는 배수불량답이 많아 파종적기에 비가 내리면 토양 과습으로 인하여 경운 및 쇠퇴

가 어려워 파종적기를 일실하기 쉽다. 따라서 많은 농가에서는 강우에 의한 파종적기 일실을 우려하여 3월 하순부터 파종을 시작하여 4월 하순에는 파종을 완료하며, 일부 농가에서는 노력 안배를 위해 3월 상순부터 파종하기도 한다. 그러나 지나치게 일찍 파종하면 저온으로 출아기간이 길어지며 이에 따라 파종 후 강우에 의한 토양 과습, 토막형성 등의 위험성이 커져 입모가 저하되는 등으로 인하여 수량이 감소된다(Kim et al., 1992; Choi et al., 1992). 따라서 입모의 안정성, 잡초발생, 쌀 수량 등을 고려하여 호남 평야지의 조기파종 한계기는 4월 상순으로 재정립 되었다(Kim et al., 1999). 건답직파재배는 기계이앙재배나 답수직파재배에 비해 건답기간이 길고 누수량이 많아 질소비료는 기계이앙재배보다 50% 정도 증시한 성분량으로 ha당 160kg을 기비-분얼비(3엽기)-수비로 40-30-30%씩 분시하고 있는데(Park, et al., 1990) 조기에 파종하면 출아기간이 길어 기비로 준 질소비료의 효율이 많아 수수 및 입수 부족으로 수량이 감소되기

접수 : 2007. 10. 5 수리 : 2007. 10. 24
*연락처 : Phone: +82638402172,
E-mail: kimss28@rda.go.kr

쉽다(Kim, et al., 1998).

따라서 호남평야지에서 벼 건답직파 조기파종 재배에 알맞은 질소 분시방법을 구명하고자 시험한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 호남평야지에서 벼 건답직파 조기파종 재배에 알맞은 질소 분시방법을 구명하고자 1997~1998년에 호남농업시험장 수도 포장인 전북통(미사질양토)에서 동진벼를 공시하여 수행되었다. 벼씨 종자를 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 침지 소독한 후 음건하여 1997년에는 4월 1일, 1998년에는 3월 30일에 ha당 60kg을 파종하였다. 질소-인산-칼리를 ha당 160-90-110kg을 사용하였는데 비중은 질소는 요소, 인산은 용성인비, 칼리는 염화加里로 하였다. 질소(요소) 분시방법은 관행 시비방법인 기비:5엽기:수비=40:30:30%로 분시한 T1을 대비로 하여, 기비를 생략하고 3엽기:5엽기:수비=40:30:30%로 분시한 T2, 3엽기:7엽기:수비=40:30:30%로 분시한 T3로 하였으며, 인산은 전량 기비로 전층시비 하였고, 칼리는 기비:수비=70:30%로 분시하였다(Table 1). 또한 질소이용율을 산출하기 위해 무비구(질소, 인산, 칼리 무시용)를 두었으며 시험 전에 퇴비는 사용하지 않았다.

시험 전 토양의 이화학적성은 Table 2와 같으며, 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 토양중 NH₄-N는 5엽기부터 주요 생육시기에 작토층의 토양을 채취하여 KCl 10% 용액으로 침출하여 자동 질소분석기(Spectrophotometer U-3310, Hitachi, Japan)로 분석하였다. 엽면적은 구당 골길이 0.5m(0.15m²)에서 시료를 채취하여 자동엽면적측정기(AAM-7)로 측정하였으며, 그 시료를 100°C에서 30분간 처리하고 80°C에서 2

일간 건조 후 건물중을 조사하였다. 질소이용율은 성숙기에 채취한 식물체를 건조 후 마쇄하여 분해한 후 총질소를 Kjeldahl법으로 분석하여 시비구의 흡수량에서 무비구의 흡수량을 빼고 다시 시비구의 시비량으로 나누어 산출하였다. 기타 생육 및 수량은 농촌진흥청 시험연구 조사기준에 따라 조사하였다(RDA, 1995).

결과 및 고찰

토양 중 NH₄-N의 변화 벼 5엽기부터 출수기까지 주요 생육시기별 질소 분시방법에 따른 토양중 NH₄-N의 경시적 변화는 Table 3과 같다. 류 등(1994)은 건답직파재배에서는 건답상태에서 벼가 자라기 때문에 생육 초기에 질소 유실량이 많다고 보고하고 있는데, 본 연구결과에 따르면 벼 5엽기에는 관행 분시방법(T1, 기비시용)에 비하여 기비를 주지 않고 3엽기:5엽기:수비=40:30:30%로 분시한 처리(T2)나 3엽기:7엽기:수비=40:30:30%로 분시한 처리(T3)에서 암모니아태 질소 함량이 많았고, 벼 7엽기에는 3엽기:5엽기:수비=40:30:30%로 분시한 처리(T2)에서 가장 많았는데 전반적으로 기비를 사용하지 않고 추비시기를 조절 시비한 두 처리(T2, T3)간에는 통계적 유의차이가 없었으며, 최고분얼기 이후에는 그 차이가 점차 줄어들어 유수형성과 출수기에는 질소 분시방법간에 차이가 없는 경향이였다.

초장 및 경수 초장 및 경수의 변화는 Table 4와 같다. 초장과 간장은 질소 분시방법간에 별 차이가 없었으며, 경수는 생육초기인 5엽기에는 관행 분시방법이 추비중점 시비구인 T2, T3보다 다소 많았으나 최고분얼기와 출수기(수수)에는 T3> T2> T1의 순으로

Table 1. Nitrogen split application methods.

No. of treatment	Nitrogen application rate(%)				PF [†]
	Basal	3th leaf	5th leaf	7th leaf	
T1	40	-	30	-	30
T2	-	40	30	-	30
T3	-	40	-	-30	30

[†] Panicle formation stage.

Table 2. Physicochemical properties of soil sampled before experiment.

Soil depth	pH	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cation			CEC	T-N	Soil texture
				Ca	Mg	K			
cm	1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- mol. kg ⁻¹ -----			mol. kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
0-10	5.6	23	125	2.5	2.1	0.26	11.1	1.5	SiL
10-20	6.4	21	104	2.3	2.0	0.24	9.7	1.3	SiL

Table 3. Changes of NH₄-N in soil as the growing stage of rice under different nitrogen split application methods.

Fertilizer application method	5th leaf stage	7th leaf stage	Maximum tiller stage	Panicle formation stage	Heading stage
----- mg kg ⁻¹ -----					
T1	21.6b [†]	17.4b	10.2b	6.3a	7.6a
T2	28.0a	22.2a	12.2ab	6.5a	7.7a
T3	28.1a	16.3b	13.4a	7.0a	7.8a

[†] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Changes of plant height and tiller number under different nitrogen application methods.

Fertilizer application method	Plant height(cm)			Tiller number per m ²		
	5th leaf stage	Maxim. tiller stage	Heading stage [†]	5th leaf stage	Maxim. tiller stage	Heading stage [†]
T1	21	44	82	129a [‡]	433c	283c
T2	22	44	82	119b	514b	308b
T3	21	45	82	120b	569a	330a

[†] Heading stage : culm length

[‡] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

관행구보다 추비를 중점 시비한 구에서 많았다.

엽면적, 지상부 건물중 및 개체군 성장속도(crop growth rate, CGR) 엽면적지수는 Table 5에서와 같이 출아 후 25일에는 추비중점 분시보다 관행 (T1)에서 다소 높은 경향이었으나 출아 후 40일에는 T2 > T3 > T1의 순서로 높았고, 최고분얼기인 출아 후 52일 이후는 T3 > T2 > T1의 순으로 관행 분시방법보다 추비 중점분시에서 높았다. 이는 전술한 바와 같이 기비 중점분시에서는 조기과중으로 과중부터 출아까지 저온으로 경과되어 출아기간이 길어 탈질현상 등으로

질소 유실량이 많았기 때문으로 생각된다.

지상부 건물중은 Table 6에서와 같이 출아 후 40일까지는 3엽기와 5엽기에 각기 40%, 30%를 시비한 처리(T2)에서 가장 무거웠고 다음은 T1, T3의 순으로 무운 경향을 보였다. 그러나 최고분얼기인 출아 후 52일 이후는 T3 > T2 > T1의 순으로 기비중점분시보다 추비중점분시에서 높았으며, 특히 유수형성기 이후에는 3엽기와 7엽기에 각기 40%와 30%를 시비한(T3) 처리에서 가장 무거웠다.

질소분시방법에 따른 개체군 성장속도(CGR)의 변화는 Table 7에서와 같이 출아 후 25~40일에는 T2 >

Table 5. Changes of leaf area index under different nitrogen split application methods.

Fertilizer application method	Leaf area index(LAI)				
	25 DAE [†]	40 DAE	52 DAE	PF	HD
T1	0.10a [‡]	0.80b	2.46b	2.90b	3.84b
T2	0.09a	0.99a	2.68ab	3.08ab	3.96ab
T3	0.08a	0.84b	2.79a	3.29a	4.20a

[†] DAE : days after emergence, PF : panicle formation stage, HD : heading date

[‡] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

Table 6. Changes of top dry weight under different nitrogen split application methods.

Fertilizer application method	Top dry weight(g m ⁻²)					
	25 DAE [†]	40 DAE	52 DAE	PF	HD	FR
T1	7.6	64	148b [‡]	439b	848b	1290b
T2	7.8	69	173a	460ab	917a	1354ab
T3	7.4	59	174a	485a	923a	1397a

[†] DAE : days after emergence, PF : panicle formation stage, HD : heading date, FR : full ripening stage

[‡] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

Table 7. Changes of crop growth rate(CGR) under different nitrogen application methods.

Fertilizer application method	Crop growth rate(g m ⁻² day ⁻¹)				
	25 DAE [†] ~40 DAE	40 DAE~52 DAE	52 DAE~PF	PF~HD	HD~FR
T1	3.8ab [‡]	7.0c	12.6b	20.5b	8.3b
T2	4.1a	8.7b	12.5b	22.9a	8.7b
T3	3.4b	9.6a	13.5a	21.9ab	9.5a

[†] DAE : days after emergence, PF : panicle formation stage, HD : heading date, FR : full ripening stage

[‡] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

T1 > T3의 순으로 높았고 분얼성기인 출아 후 40~50일에는 3엽기와 7엽기에 각기 40%, 30%를 시비한 처리(T3)에서 가장 높았다. 한편 유수형성기~출수기에는 T2 > T3 > T1의 순으로 높았고 등숙기 즉 벼알의 무게가 증가하여 수량이 결정되는 출수기~수확기에는 3엽기, 7엽기, 유수형성기에 각기 40, 30, 30%씩 분시한 T3에서 가장 높았고 다음은 T2, T1의 순으로 관행에서 가장 낮았다.

질소 흡수량, 질소이용율 및 도복정도 수확기의 질소흡수량, 질소이용율 및 도복정도는 Table 8과 같았다. 질소흡수량은 질소 분시방법 간에는 T3 > T2 > T1의 순으로 기비를 생략하고 3엽기 이후 추비중점으로 분시 한 처리에서 높았다. 이와 같은 결과는 본 시험이 조기 파종하여 출아기간이 길었기 때문에 기비로 사용한 질소비료의 유실이 많았기 때문으로 생각된다. 질소이용율은 질소 분시방법 간에는 T3 > T2 > T1의 순으로 기비를 생략하고 3엽기 이후 추비중점으로 분시한 처리에서 높았다.

일반적으로 건담직파는 담수표면직파보다 도복의 위험성이 적으나 기계이앙재배보다는 도복이 발생되기 쉬운데, 본 시험조건에서는 모든 처리에서 도복이 발생되지 않았다.

수량구성요소 및 수량 시비방법별 출수기, 수량구성요소 및 쌀 수량은 Table 9와 같았다. 출수기는 시비방법간에 차이가 없었으며, 수수는 질소 분시방법 간에는 T3 > T2 > T1의 순으로 관행보다 기비를 생략한 추비중점 분사에서 많았는데, 처리간에는 7엽기에 2차 추비한 처리(T3)가 5엽기에 2차 추비 처리(T2)보다 많았다. 단위면적당 입수도 수수와 비슷한 경향으로 관행 분시방법보다 추비중점 시비에서 많았는데, 추비시기 간에는 7엽기에 2차 추비한 처리(T3)가 5엽기에 2차 추비한 처리(T2)보다 많았다. 등숙비율과 현미천립중은 처리간에 별 차이는 없었으며, 쌀 수량은 관행(T1)이 4,880 kg ha⁻¹에 비하여 추비중점 시비에서 많았는데 5엽기에 2차 추비한 T2에서는 3%, 7엽기에 2차 추비한 T3에서는 6% 증수하였다.

Table 8. Amount of nitrogen uptake and nitrogen use efficiency at harvesting stage and lodging under different nitrogen split application methods.

Fertilizer application method	Amount of Nitrogen uptake			N-use efficiency	Lodging degree
	Straw	Rough rice	Total		
	----- kg ha ⁻¹ -----			%	0~9
T1	36.0	76.8	112.8b	35b	0
T2	38.5	79.8	118.3ab	38ab	0
T3	38.9	83.1	122.0a	41a	0

[†] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

Table 9. Yield and its components under different nitrogen application method.

Fertilizer application method	Heading date	No. of panicle per m ²	No. of grain per m ² (× 1000)	Ripened grain rate	1,000 grain wt.	Milled rice	Yield index
		No.	No.	%	g	kg ha ⁻¹	
T1	Aug.12	283c	22.2c	98	24.8	4,880b	100
T2	Aug.12	308b	23.8b	97	24.7	5,010ab	103
T3	Aug.12	330a	24.4a	97	24.7	5,150a	106

[†] same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test

이상의 결과와 같이 질소이용율과 생육 및 쌀 수량 등을 고려해 볼 때 호남평야지에서 벼 건답직파 조기파종 재배에서 알맞은 질소 분시방법은 속효성비료인 요소로 질소비료를 시용할 경우 기비를 생략하고 3엽기, 7엽기, 유수형성기에 40, 30, 30%씩 분시하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

적 요

호남평야지에서 건답직파 조기파종재배에 알맞은 질소 분시방법을 구명하고자 '97~'98년에 호남농업시험장 수도포장인 전북통(미사질양토)에서 동진벼를 공시하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

질소분시방법간 토양 중 암모니아태 질소 함량을 보면 5엽기에는 관행(T1, 기비시용)보다 추비중점시비(T2, T3)에서 많았고 그 이후는 점차 줄어들어 출수기에는 질소 분시방법간에 차이가 적었다. 엽면적 및 지상부 건물중은 생육초기에는 차이가 없었으나 최고분얼기 이후에는 3엽기:7엽기:수비=40:30:30%로 분시 한 처리에서 가장 많았다. 질소 흡수량과 질소 이용율은 관행 분시방법보다 추비중점시비에서 높았는데, 2차 추비시기 간에는 5엽기보다 7엽기에 시비한 처리에서 높았다.

수량구성요소 중 등숙비율과 현미천립중은 질소 분시방법간에 별 차이가 없었으나 m^2 당 수수는 T3 > T2 > T1 순으로 많아, 쌀 수량은 관행에 비하여 3엽

기:5엽기:수비=40:30:30%로 분시한 처리에서 3%, 3엽기:7엽기:수비=40:30:30%로 분시한 처리에서 6% 증수되었다.

따라서 벼 건답직파 조기파종재배에 알맞은 질소분시방법은 3엽기:7엽기:수비로 각각 40:30:30%로 분시하는 것이 적당한 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

- Choi, C. D., S. C. Lee, and S. K. Lee. 1992. Effect of seeding methods and seeding rates on growth and lodging related traits in high-ridged dry seeding of rice. Res. Rept. RDA(R) 34(2) : 62-68.
- Kim, S. S., M. G. Choi, P. H. Jang, 1992. Study on direct seeding cultivation of rice. Res. Rept. NHAES 172-176.
- Kim, S. S., N. H. Back, M. G. Choi, W. Y. Choi, H. K. Park, H. T. Shin, and S. Y. Cho. 1999. Effect of early seeding on seedling stand and yield in direct seeding rice at Honam plain area of Korea. Korean J. Crop Sci. 44(3): 236-242.
- Kim, S. S., N. H. Back. 1998. Proper seeding rate for early direct seeding culture Research report of HAES research pept : 287-295.
- Park, S. T., S. C. Kim, Y. Son, S. K. Lee, and G. S. Chung. 1990. Studies on major cultivation methods for dry direct seeding of rice in Yeongnam area. Res. Rept. RDA(R) 32(2):18-28.
- RDA. 1995. Standard research methods of agriculture experiment. RDA. p.603.
- Yoo, C. H., B. W. Shin, S. B. Lee, and G. S. Rhee. 1994. Effect of nitrogen split application on growth and yield in direct seeding rice on flooded paddy. 27(2) : 117-124.