

## 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 포전에서 비료성분의 수평분포특성

지은정, 최강철

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《농작물비배관리에서 비료치기를 과학기술적으로 하는것이 중요합니다. 농작물의 특성과 생육단계에 맞는 효과적인 비료치기방법을 적용하여 적은 비료를 가지고 더 많은 알곡을 생산하도록 하여야 합니다.》

논벼비배관리에서 나서는 중요한 문제의 하나는 비료성분들이 논토양과 벼포기마다에 균일하게 분포되도록 비료주기방법을 개선함으로써 논벼생육을 고르게 보장하는것이다. 이로부터 논물대기를 통한 비료주기방법 등 여러가지 효과적인 비료주기방법들이 연구도입되고있다.[3, 6, 8]

우리는 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 포전에서 비료성분의 수평적인 분포특성을 과학적으로 해명하기 위한 연구를 하였다.

### 재료와 방법

시험에서는 논벼품종 《평양 53》호를 리용하였으며 물고를 통하여 논에 물을 대면서 뇨소비료주기를 할 때 비료용액이 어떤 속도로, 어떤 형태로 분포되는가를 밝히기 위하여 계산류체동력학(CFD)의 범용코드로 공인되고있는 FLUENT 6.3[2, 4, 5]으로 모형화하였다.

포전에서 비료성분의 수평분포특성은 비료를 시비한 후 생육단계별로 논물과 논토양, 논벼잎의 질소함량을 선행방법[1, 3, 7]으로 확증하였다.

### 결과 및 논의

#### 1) 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 논에서 비료성분의 수평분포모형

##### ① 류입구와 류출구가 동시에 있을 때 비료용액의 수평적흐름과정

논에서 비료용액의 수평분포결과를 얻기 위한 기본방정식은 편속방정식, 운동방정식, 표준  $\kappa-\varepsilon$ 란류모형으로 구성하였다.

모의를 위하여 동일한 량의 취수와 배수가 진행되는 100m×50m크기의 직4각형포전에서 논물깊이를 0.01m로 일정하게 유지하면서 비료용액을 주는것으로 하였다.(그림 1)

논물에 들어가는 비료용액을 추적자류체로 하고 그 농도에 관한 리용자정의스칼라 방정식을 작성하였다.

논물깊이 0.01m인 논에서 류입구의 속도입력값을 각각 3.97, 1.98m/s로 하였을 때 15min 간격으로 얻은 비료용액의 질량농도분포는 그림 2와 같다.

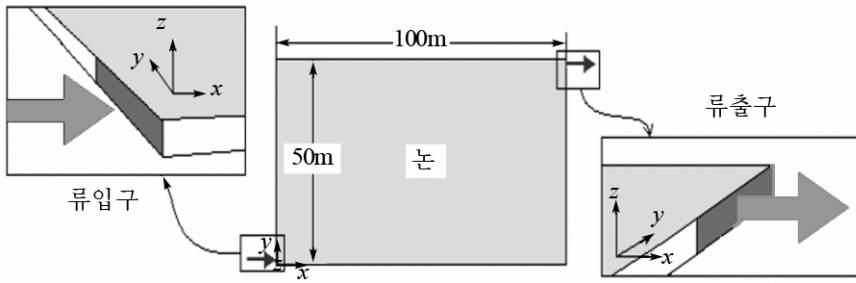


그림 1. 모의하는 포전의 류입구와 류출구

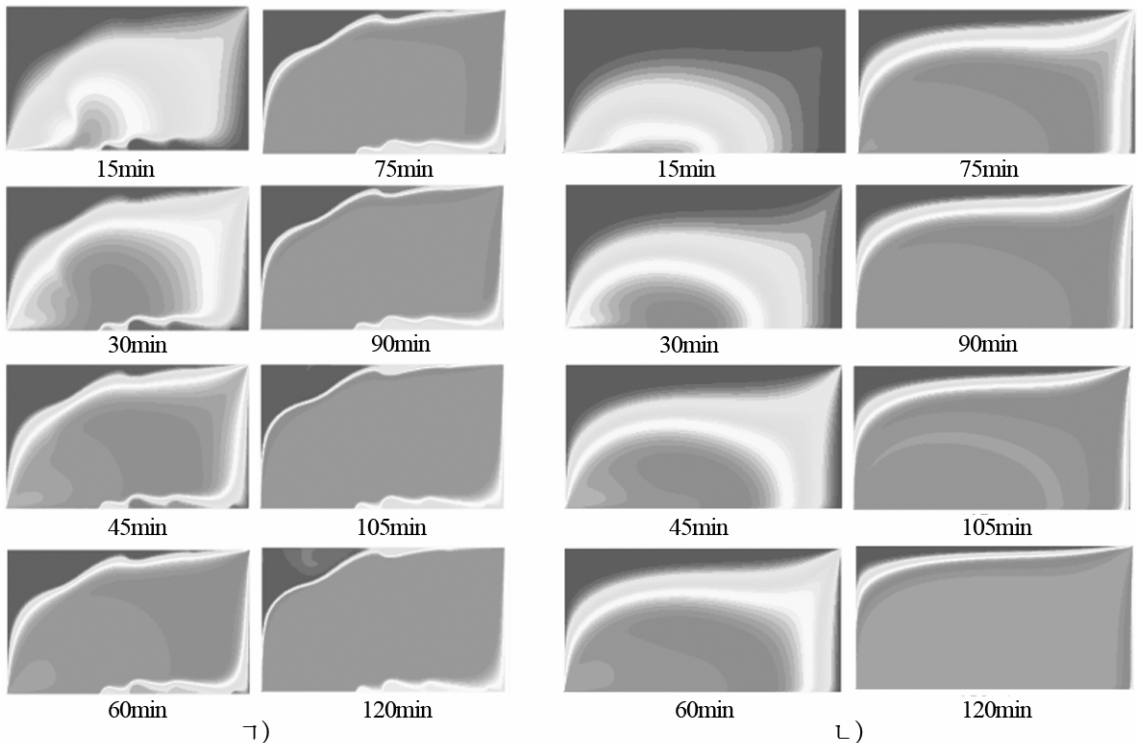


그림 2. 류입속도 3.97(ㄱ), 1.98m/s(ㄴ))에서 시간에 따르는 비료용액농도분포

그림 2에서 보는바와 같이 비료용액을 주입한 후 30min만에 비료용액의 영향이 류출구에까지 미쳤다.

## ② 류입구만 있을 때 비료용액의 수평적흐름과정

물이 차오르는 논의 물고를 통하여 비료용액을 공급하는 과정은 VOF모형에 포함된 열린수로모형(Open Channel Model)으로 모의할수 있다. 기하학적모형은 20m×20m크기의 정4각형포장으로 제한하였으며 류입구의 질량류입속도는 각각 5, 10kg/s로 설정하였다.

두가지 물대기속도에서 시간에 따르는 비료용액분포마당을 그림 3에 제시하였다.

그림 3에서 보는바와 같이 류입구의 질량류입속도가 각각 5, 10kg/s일 때 최종적으로 논물에서 비료용액의 농도가 차이날뿐 논전면에 퍼지는 분포상태는 같았다.

물대기속도와 시간에 따르는 속도벡터도, 속도조색도, 자리길도의 변화로부터 류입구와 류출구가 다 있는 경우보다 류입구만 있는 경우 물흐름이 물과 비료용액의 혼합에 보다 효과적이라는것을 알수 있다.(그림 4)

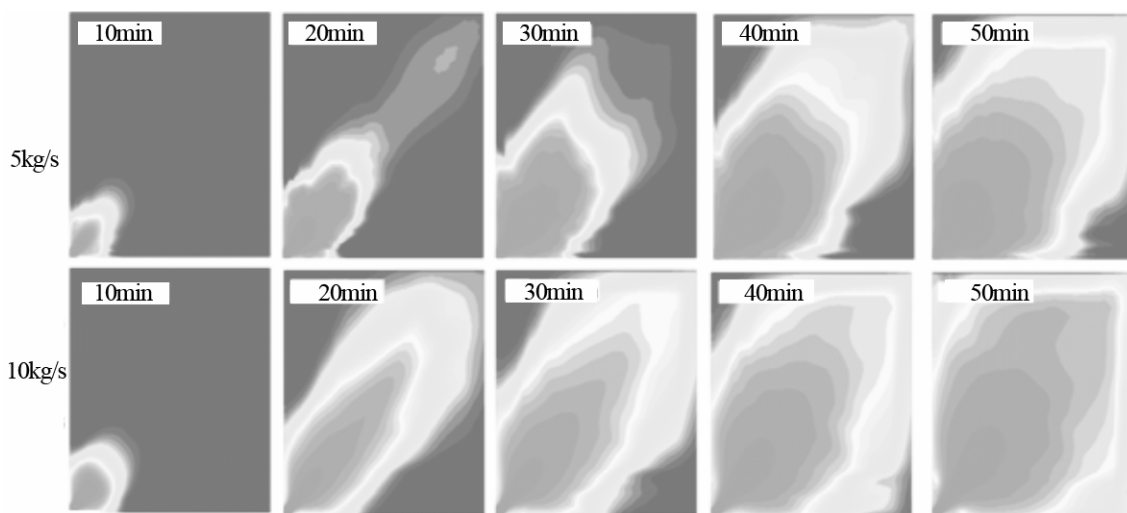


그림 3. 포전면에서 질량류입속도가 각이할 때 시간에 따르는 비료용액분포마당

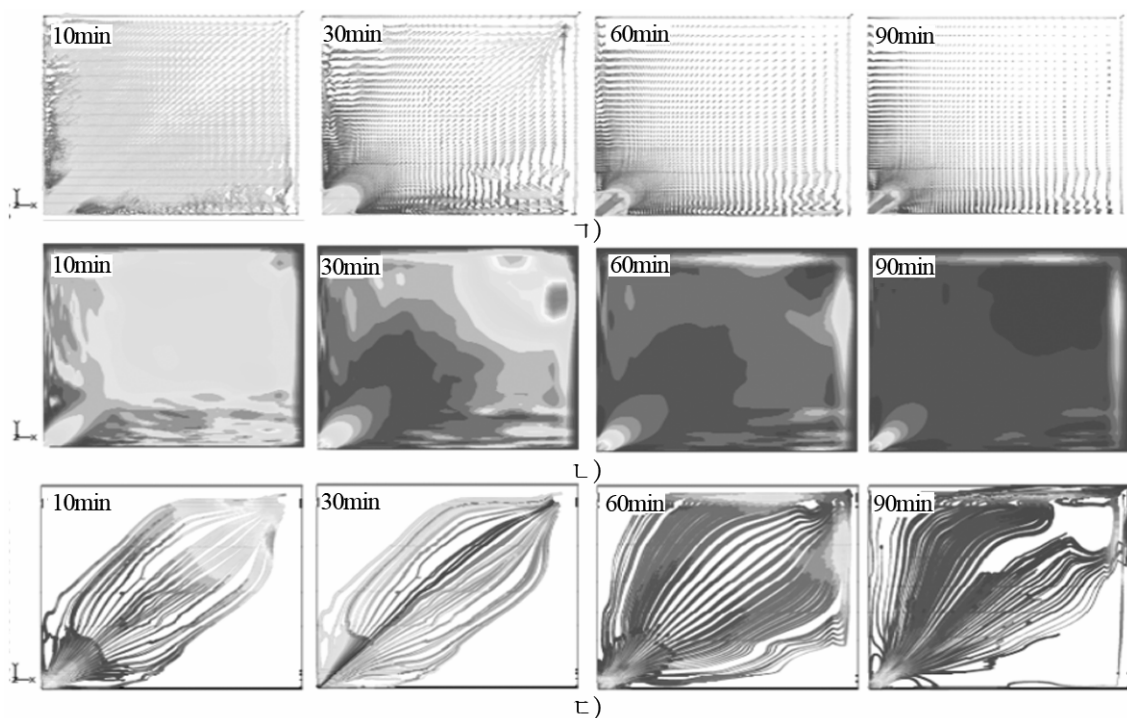


그림 4. 시간에 따르는 물흐름특성변화

1) 속도벡터도, 2) 속도크기조색도, 3) 류입구에서 출발하는 자리길도

이로부터 비료용액을 주입할 때 눈에 비료가 골고루 퍼지게 하는데서 류출구가 없이 물을 대는것이 더 우월하다는것을 알수 있다.

2) 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 포전에서 비료성분의 수평분포결과에 대한 분석  
 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 포전에서 비료성분의 수평분포결과를 분석하기 위하여 먼저 조사지점에 따르는 논물의 전질소함량을 조사하였다.(표 1)

표 1. 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 후 논물의 전질소함량

구분	조사지점에 따르는 논물의 전질소함량/(mg·L <sup>-1</sup> )					평균함량 /(mg·L <sup>-1</sup> )	CV /%
	1	2	3	4	5		
대조구	33.21	48.35	38.72	24.65	44.24	37.82±9.28	24.54
시험구	40.52	42.77	42.42	41.58	40.42	41.54±1.07	2.58

고풍화충논토양 1 500평, 시비날자 2015년 6월 5일, 분석날자 2015년 6월 7일, 뇨소비료시비량 45.5kg/정, n=5, 대조구-손으로 뿌려준 구, 시험구-논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 구

표 1에서 보는바와 같이 고체상태의 화학비료를 손으로 뿌려주었을 때에 비하여 논물을 대면서 액체상태의 뇨소비료를 주는 경우 논물에서 질소성분함량분포의 변동률은 24.54%로부터 2.58%로 뚜렷하게 작아졌다.

이와 같은 경향성은 논토양의 가동성질소함량분포에서도 나타났다.(표 2)

표 2. 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 후 논토양의 가동성질소함량

구분	조사지점에 따르는 가동성질소함량/(mg·100g토양 <sup>-1</sup> )									평균함량 /(mg·100g토양 <sup>-1</sup> )	CV /%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
대조구	12.80	11.25	9.25	12.24	14.56	11.90	9.23	10.89	12.35	11.61±1.69	14.57
시험구	12.58	12.09	13.29	12.09	13.40	13.43	12.43	12.31	12.95	12.73±0.55	4.32

시험조건은 표 1과 같음, 0~5cm층의 토양시료채취, 분석날자 6월 10일

표 2에서 보는바와 같이 논에 물을 대면서 뇨소비료를 시비하였을 때 대조구에 비하여 변동률은 1/3이하로 작아졌으며 결국 논물에서와 마찬가지로 논토양에서도 가동성질소성분의 분포가 균일하다는것을 알수 있다.

논벼의 조절비료주는시기와 이삭비료주는시기에도 논토양의 가동성질소성분분포는 비교적 균일하였다.(표 3)

표 3. 논물대기를 통하여 조절비료와 이삭비료를 준 후 논토양의 가동성질소함량

구분	1차 조절비료시비후		1차 이삭비료시비후	
	가동성질소함량 /(mg·100g토양 <sup>-1</sup> )	CV /%	가동성질소함량 /(mg·100g토양 <sup>-1</sup> )	CV /%
대조구	13.22±2.12	16.03	11.54±1.85	16.03
시험구	15.58±0.65	4.17	12.27±0.74	6.03

시비날자 6월 28일(1차 조절비료), 7월 18일(1차 이삭비료); 시비량 1차 조절비료( 뇨소비료 79.5kg/정), 1차 이삭비료( 뇨소비료 45.5kg/정); 분석날자 7월 5일, 7월 23일, n=5

표 3에서 보는바와 같이 논토양에서의 가동성질소분포의 변동률은 대조구에 비하여 1차 조절비료시비후 1/4로, 1차 이삭비료시비후에는 약 1/3로 작아졌다.

뇨소비료를 손으로 뿌려주는데 비하여 논물대기를 통하여 시비할 때 질소성분이 더 고르게 분포된다는것은 논벼식물체분석결과에서도 뚜렷이 입증되었다.(표 4)

표 4. 논물대기를 통하여 뇨소비료주기한 후 생육단계별 논벼잎의 전질소함량

구분	6월 15일		7월 10일		7월 30일		8월 20일	
	N/%	CV/%	N/%	CV/%	N/%	CV/%	N/%	CV/%
대조구	3.01±0.27	8.97	3.86±0.21	5.44	3.27±0.23	7.03	2.23±0.25	11.2
시험구	3.30±0.12	3.64	4.01±0.12	2.99	3.53±0.17	4.82	2.42±0.14	5.79

6월 15일: 아지비료( 뇨소비료 45.5kg/정)시비 5d후 측정, 7월 10일: 조절비료( 뇨소비료 115kg/정) 1, 2차 시비 10d후 측정, 7월 30일: 이삭비료( 뇨소비료 59kg/정) 1, 2차 시비 10d후 측정, 8월 20일: 이삭페는 시기 측정, n=5

표 4에서 보는바와 같이 논물대기를 통하여 뇨소비료를 준 구에서는 손으로 뿌려준데서보다 생육시기별로 논벼잎의 질소함량이 높으면서도 변동률은 약 1/2이하로 줄어들었다.

이상의 연구결과로부터 논물대기를 통하여 뇨소비료를 주는 경우 논물과 논토양에 질소성분이 균일하게 분포되고 논벼잎의 질소흡수도 균일하게 진행되며 따라서 전반적인 논벼생육이 고르로와진다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

1) 논물대기를 통하여 뇨소비료를 줄 때 류입구만 있는 경우 물흐름특성으로 하여 비료용액의 자체 혼합능력이 류출구와 류입구가 다 있는 경우보다 강하며 수평방향으로 골고루 퍼져나간다.

2) 뇨소비료를 손으로 뿌려줄 때보다 논물대기를 통하여 시비하는 경우에 포전에서 비료가 더 고르게 분포된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 리홍렬 등; 토양학전공실험, 김일성종합대학출판사, 45~90, 247~268, 주체97(2008).
- [2] 안철호; 력학전서 22(삼투류체력학), 김일성종합대학출판사, 297~330, 주체102(2013).
- [3] D. Balaji Naik; International Journal of Sciences and Nature, 6, 3, 362, 2015.
- [4] FLUENT Documentation, Fluent Inc., (PDF, HTML), 2006.
- [5] Giuseppe Brunetti et al.; Computers and Electronics in Agriculture, 150, 312, 2018.
- [6] K. Gururaj et al.; International Journal of Agriculture Sciences, 9, 15, 4101, 2017.
- [7] J. S. Li et al.; Irrigation Science, 22, 19, 2003.
- [8] S. Ramadass et al.; Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 6, 4, 2623, 2017.

주체110(2021)년 1월 5일 원고접수

## Horizontal Distribution Characteristics of Fertilizer Component after Application of Urea Fertilizer with Irrigation in Paddy Soil

*Ji Un Jong, Choe Kang Chol*

When the urea fertilizer is applied with irrigation, the fertilizer components are uniformly distributed as compared with spraying of fertilizer and the variation rate is reduced to 1/3 in paddy soil.

Keywords: irrigation, urea fertilizer, distribution characteristics, paddy soil