

완효성린비료의 방출특성평가

리일천, 주윤희

경애하는 최고령도자 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. 농사에서 질소비료에만 매달리는 현상을 없애고 린, 카리, 규소비료와 여러가지 미량원소비료를 구색이 맞게 치도록 하여야 합니다.》

완효성비료는 해당한 비료를 천천히 방출시키는 특성을 가지고있으므로 비료의 손실을 줄이고 로력을 절약하면서도 대기와 강하천, 바다오염을 비롯한 환경오염을 막을수 있다.[1-3]

완효성비료에 대한 연구에서는 그 제조방법과 함께 제조한 완효성비료의 비료성분방출기간을 신속히 측정할수 있는 방법을 확립하는 문제가 중요하게 제기된다.[4, 5]

우리는 세가지 방법으로 제조한 완효성린비료들에 대하여 전기전도도측정법으로 모래탑에서 방출특성들을 검토하고 비료성분방출특성에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 밝히기 위한 연구를 하였다.

재료 및 방법

시약으로는 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 을 리용하였으며 재료로는 팽화질석(분쇄하고 1mm채로 통과시켜 리용), 규조토(0.25mm채로 통과시켜 리용)를 리용하였으며 피복제로는 자체로 제조한 스테아릴이미다졸린을 리용하였다.

기구로는 자체로 제작한 비료흡착기와 성형기, 열풍건조기, 피복기와 함께 유리로 만든 속도조절기가 달린 침출탑(높이 30cm, 직경 5cm) 15개, 150mL들이 삼각플라스크, 전기전도도측정기(《DDBJ-350》), 전자천평(《HK-JA200P》)을 리용하였다.

일정한 량의 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 을 담체(팽화질석 혹은 규조토)와 일정한 질량비로 끌고루 혼합한 다음 직경이 4~5mm인 알갱이들로 성형하였다. 성형된 알비료들을 열풍건조기에서 충분히 건조시킨 다음 피복제로 피복하고 다시 건조시켜 시료를 완성하였다.

각이한 제조조건에서 만든 완효성린비료의 성분함량은 표 1과 같다.

제조한 완효성린비료들에서 비료성분들이 방출되는 량을 반영하는 전기전도도값이 비료성분중 몇%의 방출량에 해당되는가를 고찰할수 있는 검량선을 작성하기 위하여 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 을 0.000, 0.101, 0.306, 0.503, 0.704g씩 각각 취하여 100mL의 증류수가 있는 5개의 비커들에 넣고 완전히 용해시켰다. 다음 전기전도도측정기의 전극을 비커에 잠그고 우에서 제조한 용액을 차례로 바꾸어가면서 25℃에서 전기전도도값을 측정하였다.

표 1. 각이한 제조조건에서 만든 완효성린비료의 성분함량

시료 번호	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 함량/%	팽화질석 함량/%	규조토 함량/%	피복제 함량/%
1	50.0		50.0	
2	47.6		47.6	4.8
3	66.6	13.3	20.1	

모래탑에서 완효성린비료들의 비료성분방출률을 측정하기 위하여 먼저 1mm채로 친 모래를 물과 증류수로 여러번 세척하고 건조시켰다. 건조시킨 모래 100g을 취하여 직경이 3cm, 높이가 30cm이고 바닥에 천을 깔 속도조절기가 달린 침출탑속에 넣고 모래중간층에 1.000g의 시험용비료를 골고루 섞어 넣었다. 대조로서는 순수한 린비료($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 1.000g을 리용하였으며 4개씩 반복구를 설정하고 실험하였다.

순수 모래만 들어있는 침출탑에 증류수를 조금씩 넣으면서 모래의 물기를 포화시킬 때 들어가는 총 증류수의 양을 결정하였다.

시험용비료들이 있는 때 침출탑들의 질량을 측정하였다.

다음 증류수를 포화수용액의 40, 70, 100%에 해당하는 양만큼 넣고 15일 간격으로 증류수를 100mL씩 첨가하였다. 한주일 간격으로 침출탑들의 질량을 측정하고 증발한 증류수량을 보충하였다. 침출탑아래쪽으로 150mL들이 삼각플라스크에 침출액을 받았으며 전기전도도측정기로 매 침출액들의 전기전도도값을 측정하고 기록하였다.

결과 및 논의

1) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 량에 따르는 전기전도도변화

150mL들이 비커에 100mL의 증류수를 넣고 전기전도도측정기로 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 량에 따르는 전기전도도값을 측정한 결과는 표 2와 같다.

표 2. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 량에 따르는 전기전도도값

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 량/g	0.000	0.101	0.306	0.503	0.704
증류수량/mL	100	100	100	100	100
전기전도도/($\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$)	0.004	0.913	2.48	3.96	6.67

표 2에 기초하여 검량선을 그리고 회귀방정식을 작성하였다.

$$y=9.083 \ 3x-0.126 \ 7, R^2=0.983 \ 6$$

여기서 x 는 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 함량이고 y 는 전기전도도이다.

회귀방정식으로부터 임의의 완효성린비료들에서 비료성분방출과정에 전기전도도값을 측정하여 방출된 린비료량을 결정할수 있다.

2) 모래탑에서 완효성린비료들의 비료성분방출률에 미치는 몇가지 인자들의 영향

모래탑이나 토양에서 완효성린비료들의 비료성분방출특성에 영향을 미치는 중요한 인자는 상대습도이다. 또한 비료량과 모래량의 비, 침출탑에 달린 속도조절기에 의하여 조절되는 모래의 세척속도(모래속의 비료에 대한 침출속도로 볼수 있음.)도 방출특성을 나타내는 전기전도도값의 측정에 영향을 줄수 있다고 보고 이에 대한 실험을 하였다.

모래의 세척속도가 비료방출특성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 린비료로서 순수 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 이 포함된 모래탑시험구 3개를 준비하고 상대습도를 100%로 포화시킨 다음 매 시험구들에 100mL의 증류수를 각이한 시간동안에 넣으면서 모래탑아래쪽의 침출액비커에 받았다.

매 비커안에 들어있는 침출액들의 전기전도도값을 측정하였다. 측정한 전기전도도값에서의 차이는 완효성린비료들의 비료성분방출률과 연관된다. 모래탑에서 모래세척속도가 린비료의 비료성분방출률에 미치는 영향은 표 3과 같다.

표 3. 모래탑에서 모래세척속도가 린비료의 비료성분방출률에 미치는 영향

린비료량/g	린비료 : 모래	세척액량/mL	세척속도/(mL·min ⁻¹)	비료성분방출률/%
1	1 : 100	100	2.5	35.6
1	1 : 100	100	0.8	56.7
1	1 : 100	100	0.4	97.5
1	1 : 50	100	0.4	97.3

표 3에서 보는바와 같이 비료와 모래의 질량비는 비료성분방출률에 영향을 미치지 않지만 세척속도는 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 즉 세척속도가 너무 빠르면 모래속에서 비료성분방출률이 보다 작아진다는 것을 알 수 있다. 또한 비료성분방출률을 정확히 결정하기 위하여서는 증류수로 모래탑을 세척하는 속도를 0.4mL/min으로 하면서 100mL의 량이면 충분하다는 것을 알 수 있다.

식물의 생육조건과 유사한 40, 70%의 상대습도를 보장한 모래탑과 100%의 상대습도를 보장한 모래탑에서 완효성린비료의 비료성분방출률을 검토하였다. 모래탑에서 비료성분방출률에 미치는 상대습도의 영향은 표 4와 같다. 여기서 비료성분방출률은 모래탑장치를 설치한 후부터 15일부터 90일까지 15일 간격으로 매 모래탑에서 나온 침출액 100mL의 전기전도도값을 측정하고 전기전도도값과 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 함량사이 관계식으로부터 계산한 비료성분방출량을 완효성린비료시료속의 총비료량과 비교하여 백분율로 계산하였다.

표 4. 모래탑에서 비료성분방출률에 미치는 상대습도의 영향

시료 번호	상대 습도/%	전기전도도/(ms·cm ⁻¹)						비료성분방출률/%					
		15d후	30d후	45d후	60d후	75d후	90d후	1	2	3	4	5	6
1	40	—	0.042	0.86	1.24	2.77	3.90	—	1.85	21.7	30.1	63.8	88.7
	70	5.41×10^{-3}	0.97	2.75	4.02	—	—	2.9	24.1	63.3	91.3	—	—
	100	1.03	3.46	—	—	—	—	25.5	78.9	—	—	—	—
2	40	—	0.038	0.67	0.97	2.04	3.21	—	3.8	18.4	25.3	50.1	77.2
	70	6.16×10^{-3}	0.91	1.27	2.68	3.80	—	3.07	23.9	32.3	64.9	90.8	—
	100	0.83	3.9	—	—	—	—	22.1	81.3	—	—	—	—
3	40	—	0.034	0.96	2.02	3.51	4.67	—	2.6	18.0	35.5	60.1	79.3
	70	5.42×10^{-3}	1.54	4.16	5.27	—	—	2.2	27.5	70.9	89.2	—	—
	100	1.62	4.28	—	—	—	—	28.9	72.8	—	—	—	—

온도 28℃

표 4에서 보는바와 같이 모래탑의 상대습도는 3개의 시험용완효성린비료들의 비료성분방출특성에 영향을 미쳤다. 상대습도가 40%인 모래탑들에서는 30일이후부터 비료성분방출률이 2~4%로 되었다가 15일 간격으로 측정할 때 점차 증가하였으며 90일만에 측정하였을 때의 비료성분방출률은 77~88%에 달하였다. 또한 상대습도가 70%인 모래탑들에서는 15일만에 측정하였을 때 비료성분방출률이 매우 작았고 30일후에는 비료성분방출률이 약 24~27%였으며 60일후에는 전체 비료성분량의 거의 90%정도가 방출되었다. 상대습도가 100%인 모래탑들에서는 15일만에 측정하였을 때 비료성분방출률이 22.1~28.9%였고 30일후에는 비료성분방출률이 72.8~81.3%에 달하였다.

대조구인 순수 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 이 들어있는 모래탑의 비료성분방출특성을 보면 상대습도가 70%인 경우 10일만에 측정하였을 때 침출액(100mL)의 전기전도도값이 3.62ms/cm였는데 이것은 비료성분방출률 41.25%에 해당되는 값이다. 이것은 완효성린비료를 만들어 작물재배에 리용하면 물에서의 용해에 의한 비료의 손실을 크게 줄일수 있다는것을 보여준다.

표 4의 자료들은 상대습도 40%에서 우리가 제조한 완효성비료의 비료성분방출기간이 3개월정도라는것을 보여준다.

맺 는 말

비료성분방출률을 정확히 결정하는데는 증류수로 모래탑을 세척하는 속도를 약 0.4mL/min로 하면서 100mL의 액량이면 충분하다.

세 가지 조건에서 제조한 완효성린비료들에 대한 모래탑에서의 비료성분방출실험결과는 상대습도 40%에서 비료성분방출기간이 3개월정도라는것을 보여준다.

참 고 문 헌

- [1] C. V. Subbarao et al.; International Journal of Applied Science and Engineering, 11, 1, 25, 2010.
- [2] S. P. Friedman et al.; Fertilizer Research, 39, 19, 1994.
- [3] A. Shaviv; Advances in Agronomy, 71, 1, 2000.
- [4] T. H. Trinh et al.; Procedia Engineering, 148, 319, 2016.
- [5] 孙又宁; 植物营养与肥料学报, 14, 3, 587, 2008.

주체109(2020)년 4월 5일 원고접수

Elution Characteristic Estimation of Slow Release Phosphorus Fertilizer

Ri Il Chon, Ju Yun Hui

We manufactured slow release phosphate fertilizer by using several methods and ascertained release characteristics and the effects of several factors on it. The slow release phosphate fertilizer has about 3 months of release period.

Keywords: slow release fertilizer, release characteristics, electrical conduction