

# 액비 내 NPK 함량 기반 액비 공급 시스템 설계

고경일\*, 조현욱\*\*, 이명훈\*

\*순천대학교, 국립순천대 지능형 \*\*스마트농업 Grand ICT 연구센터

\*koruddlf@gmail.com, \*\*hwcho0687@scnu.ac.kr, \*leemh5544@gmail.com

## Designing a liquid fertilizer delivery system based on NPK content in liquid fertilizer

Ko Kyeong Il\*, Cho Hyunwook\*\*, Lee Meong Hun\*

\*Sunchon National Univ, \*\*AI based Smart Agriculture Grand ICT Research Center.

### 요약

최근 전 세계적으로 지속해서 배출되고 있는 온실가스로 인해 기후변화 및 기후 문제가 심각해지고 있으며, 이에 따라 농업에서도 기존의 무분별한 화학비료 사용을 줄이기 위하여 다양한 노력이 이루어지고 있다. 액비는 탄소중립의 관심도 증가와 그에 따른 화학비료를 대체제로써 다시 관심을 받아 지속적으로 생산이 늘어나고 있다. 이에 본 연구에서는 농지의 토양과 액비의 NPK 값을 측정하여 액비 과오용에 의한 환경오염을 방지하고 최적 액비 살포량 산정을 통하여 고품질의 작물을 생육할 수 있도록 토양과 액비의 NPK 함유량을 분석하고 해당 정보를 바탕으로 학습시킨 GRU 모델을 통하여 액비 살포에 따른 토양의 NPK 변화를 예측하고 이를 바탕으로 최적 액비 살포량을 산정할 수 있는 시스템을 설계하였다.

### I. 서론

최근 전 세계적으로 지속적으로 배출되고 있는 온실가스로 인해 기후변화 및 기후 문제가 심각해지고 있다. 이러한 기후 문제를 해결하기 위하여 전 세계는 파리협정을 통하여 탄소중립 실천을 위한 노력을 기울이고 있으며, 우리나라도 2050 탄소중립 선언을 통해 동참해 나가고 있다. 이에 따라 농업에서도 기존의 무분별한 화학비료 사용을 줄이기 위하여 다양한 노력이 이루어지고 있다.[1]

현재 우리나라의 경우 지속적으로 가축 수가 증가하고 있으며 2021년부터 축산 분뇨 해상투기가 전면 금지됨에 따라 가축분뇨를 액비화하는 기술이 지속적으로 발전하고 있다. 액비는 탄소중립의 관심도 증가와 그에 따른 화학비료를 대체제로써 다시 관심을 받아 지속적으로 생산이 늘어나고 있다.[2]

작물이 정상적으로 성장하기 위해서 중요한 것 중 하나는 영양이 풍부한 생육 환경을 조성하는 것이다. 작물의 생장에 영향을 주는 대표적인 토양 내 영양분은 질소(N), 인(P), 칼륨(K)이 있다. 토양에서 이러한 영양분은 질산염( $\text{NO}_3^-$ ), 인산염( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 등의 화합물 형태로 존재하며, 화학반응에 의해 pH 농도에 영향을 주기 때문에 비료를 통하여 토양의 NPK를 조절하는 것은 중요한 역할을 한다.[3]

하지만 과도한 액비 사용은 토양 내의 성분이 용탈되어 농업용수 및 지하 수질에 영향을 미칠 수 있다. 2023년 농림수산물부의 축산환경조사 결과에 따르면 가축분뇨 대부분은 퇴비(73%)와 액비(12%)로 활용되었다. 하지만, 액비의 경우 퇴비보다 환경오염의 위험이 높기 때문에 현재 작물별 비료 사용 처방 기준에 따라 밀거름으로만 사용할 수 있도록 규정되어있다.[4]

이에 본 연구에서는 농지의 토양과 액비의 NPK 값을 측정하여 액비 과오용에 의한 환경오염을 방지하고 최적 액비 살포량 산정을 통하여 고품질의 작물을 생육할 수 있도록 토양 및 액비 내 NPK 분석 및 모니터링 시스템을 설계하고자 한다.

### II. 본론

본 연구에서는 토양 및 액비의 NPK 분석을 통한 액비 사용량 분석 및 모니터링 시스템은 그림 1과 같이 토양 및 액비 내 NPK 분석부, NPK 모니터링 및 최적 액비 사용량 산정 시스템으로 구성하였다.

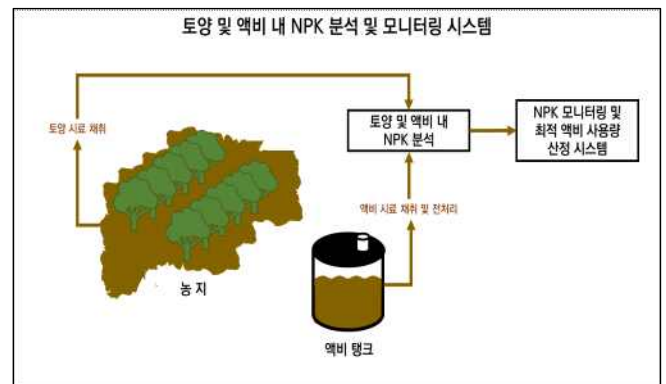


그림 1. 토양 및 액비 내 NPK 분석 및 모니터링 시스템

Fig. 1 NPK analysis and monitoring system in soil and liquid fertilizer

토양의 NPK를 측정하는 방법은 일반적으로 토양 시료를 채취하고 전문 업체에 제공하여 시약을 통하여 NPK를 측정하는 방식을 주로 사용하고 있다. 이 방식의 경우 채취된 토양 시료를 시약 측정이 가능한 기관 및 기업에 제공하여야 하며, 상시 측정이 어렵기 때문에 매 액비 살포 시 토양의 상태를 확인하는데 시간적·비용적으로 큰 부담이 발생한다. 이에 본 연구에서는 색 감지를 이용한 비접촉 토양 NPK 측정분석기를 활용하여 사용자가 토양 시료를 채취하고 농가에서 비접촉 방식으로 토양 NPK를 측정하여 토양 NPK를 모니터링 할 수 있도록 하였다.[5]

액비의 NPK를 측정하는 방법으로는 분광광도법을 사용하였다. 분광광도법은 물질이 빛을 흡수하거나 방출하는 특성을 기반으로 한 측정법으로 액비내의 NPK의 흡수 또는 발광 반응을 측정하여 액비 내의 NPK를 측정할 수 있는 방식이다. 분광광도법의 경우 화학 물질의 농도를 빠르고 정확하게 측정할 수 있는 측정법으로써 혼합물의 투명도, 색상, 혼합물의 구성 등을 분석하기 위하여 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 액비 성분 분석을 위해서도 사용되고 있는 측정법이다.

액비 내의 정확한 NPK 농도를 측정하기 위해서는 액비 샘플 채취 및 전처리가 중요하다. 액비의 경우 탱크 내에서 침전 작용이 발생하기 때문에 액비 탱크 내부의 상·중·하 층마다 액비의 NPK 농도가 달라진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 액비 탱크 내의 시료

채취를 액비가 사용되는 액비 탱크 내 토출부에서 채취할 수 있도록 하여 액비 시료 채취를 위한 추가 설비의 간소화 및 분석 정확도 향상을 제공하였다. 채취된 액비 시료의 경우 분석을 위한 전처리 과정이 필요하다. 대표적인 전처리 과정으로는 액비 시료가 측정 가능한 농도로 맞추기 위한 혼합 및 희석 과정과 NPK 측정을 위한 시약 첨가가 이루어진다.

전처리 된 액비는 분석장치를 통해서 표2와 같이 질소(N)·인(P)·칼륨(K)를 각각의 측정법으로 측정하게 된다.

요소명	분석법
질소(N)	켈달리알레-디스너 증류법을 사용하여 질소가스로 증류 후 측정
인(P)	질산염 이온과의 반응을 이용하여 인의 함량을 측정
칼륨(K)	화성 흡광 분광법이나 화성 발광 분광법을 사용하여 샘플에 함유된 칼륨의 양을 측정

토양 시료와 액비 시료를 통하여 분석된 NPK 정보는 NPK 모니터링 및 최적 액비 사용량 산정 시스템으로 전달된다. 전달된 정보를 기반으로 시스템에서는 NPK의 변화량을 모니터링하고 해당 농가에서 재배하는 작물의 NPK 요구량에 따른 최적 액비 사용량 산정을 수행하게 된다. 최적 액비 사용량 산정을 위해서는 액비 살포량에 따른 토양의 NPK 변화와 액비 흡수량을 기반으로 액비의 농도 및 살포량을 결정할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 액비의 살포 농도 및 양을 결정하기 위하여 GRU 알고리즘을 사용하였다. GRU 알고리즘은 LSTM의 구조를 간략화한 변형 모델로써 메모리 셀의 개수가 적고 학습이 가능한 파라미터가 적어 학습이 빠른 시계열 데이터 분석에 특화된 알고리즘이다.

액비의 최적 살포량을 결정하기 위하여 우선적으로 액비 살포량에 따른 토양의 NPK 변화를 예측하여야 한다. 이에 본 연구에서는 예측 성능을 평가하기 위한 평가 지표로 MAE와 RMSE를 사용하였다. MAE는 식1과 같이 예측값과 실제값 차이의 절댓값 평균이며, RMSE는 식2와 같이 MSE(Mean Square Error) 값의 제곱근으로 오차 지표를 실제 값과 유사 단위로 변환한 값이다.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - \hat{A}_t| \quad \text{수식 1}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - \hat{A}_t)^2} \quad \text{수식 2}$$

예측을 위한 학습데이터와 평가데이터는 8:2로 나누었으며, 효과적인 학습과 과적합을 방지하기 위하여 Early stopping을 사용하였다. 표 2는 GRU 모델의 최적 Batch Size를 찾기 위하여 은닉층을 1개, epoch를 100으로 설정한 후 batch size를 변화하며 측정한 결과이다.

모델	평가 지표	Batch Size			
		32	64	128	256
GRU	MAE	2.19	2.15	2.15	2.18
	RMSE	3.07	3.03	3.0	3.01
	조기종료	28	36	73	-

다음으로 최적 은닉층 수를 찾기 위하여 가장 평가 지표가 낮은 Batch Size를 128로 epoch를 100으로 설정한 후 은닉층 수를 변화하며 측정한 결과이다.

모델	평가 지표	은닉층 수			
		1	2	3	4
GRU	MAE	2.13	2.24	2.14	2.15
	RMSE	2.98	3.03	2.98	3.03
	조기종료	66	49	36	34

Batch Size와 은닉층을 변경하며 모델 설계를 수행한 결과 최적 모델로써 Batch Size는 128이며, 은닉층은 은닉층의 개수 증가에 따라 성능 향상이 없는 것을 확인하여 Batch Size 128, 은닉층 1, epoch 100으로 구성된

GRU 모델을 설계하였다.

그림 2는 모델의 예측 정확도를 확인하기 위한 Real Value와 prediction에 대한 그래프이다. 예측 결과와 실제 토양 NPK를 비교하였을 때 액비 공급 시 각 요소의 변화를 예측하기 위한 모델이 유의미한 예측 결과를 제시하는 것을 확인할 수 있다.



그림 2. 토양 내 NPK 변화량 예측 결과 그래프  
Fig. 2 Graph of NPK change in soil prediction results

### III. 결론

본 논문에서는 토양 및 액비의 NPK를 분석하여 모니터링하고 액비 살포 시 토양의 NPK 변화량을 예측하여 최적 액비 살포량을 산정할 수 있는 토양 및 액비 NPK 분석 및 모니터링 시스템을 설계하였다. 토양 및 액비 NPK 분석 및 모니터링 시스템의 경우 토양과 액비의 NPK 함유량을 분석하고 해당 정보를 바탕으로 학습시킨 GRU 모델을 통하여 액비 살포에 따른 토양의 NPK 변화를 예측하고 이를 바탕으로 최적 액비 살포량을 산정할 수 있는 시스템을 설계하였다.

본 연구 결과를 현장에 적용한다면 기존 액비가 밀거름으로만 활용되는 상황에서 최적의 액비 살포량을 기준으로 액비를 사용하여 웃거름으로 사용될 수 있도록 규제 완화에 도움이 될 것이며, 액비의 파·오남용을 방지하여 액비로 인한 토양 및 지하수의 오염을 예방할 수 있을 것이다.

또한, 농가에서는 기존 액비 보관 및 살포 시설을 유지한 상태에서 추가적인 장비 도입을 최소화하며 최적 액비 살포를 통하여 액비 활용 비용 절감 효과를 가질 수 있을 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT연구센터) 사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2024-2020-0-01489)

### 참 고 문 헌

- [1] 대한민국 정책브리핑, “2050 탄소중립”, 2021.
- [2] 강동경, “가축분뇨 및 액비 관리 시스템 비교 분석”, 세종대학교 공공정책대학원, 2022.
- [3] 이명규, 박세환, 권창안, 김수량, 강택원, 홍유식, “Web 기반 NPK 계산 시스템”, 대한전자공학회 학술대회, 2017.
- [4] 백병천, 권중천, 김철규, “KNR 공법을 이용한 가축분뇨 혐기성 소화액의 고품질 액비 생산”, 한국도시환경학회, 2017.
- [5] 권윤중, “색 감지를 이용한 비접촉 토양 NPK 측정분석기”, 대한전자공학회, 2023.