

# Applicability of Conventionally Recommended Fertilizer Rates for Potato Cultivated in Saemangeum Reclaimed Land in the Fall Season

Kwangseung Lee<sup>1</sup>, Kangho Jung<sup>2\*</sup>, Jinhee Ryu<sup>3</sup>, and Suhwan Lee<sup>3</sup><sup>1</sup>Post-Doctoral Fellow, Reclaimed Land Agriculture Research Team, NICS, Wanju 55365, Korea<sup>2</sup>Senior Researcher, Reclaimed Land Agriculture Research Team, NICS, Wanju 55365, Korea<sup>3</sup>Researcher, Reclaimed Land Agriculture Research Team, NICS, Wanju 55365, Korea\*Corresponding author: [stealea@korea.kr](mailto:stealea@korea.kr)

## ABSTRACT

**Received:** June 9, 2021**Revised:** August 13, 2021**Accepted:** August 17, 2021

### ORCID

Kwangseung Lee

<https://orcid.org/0000-0002-0132-0765>

Kangho Jung

<https://orcid.org/0000-0001-8854-7278>

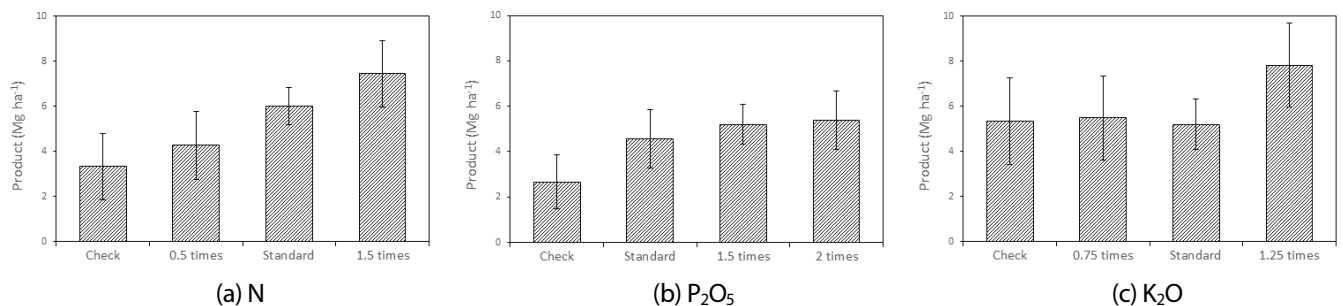
Jinhee Ryu

<https://orcid.org/0000-0002-0836-9510>

Suhwan Lee

<https://orcid.org/0000-0002-5354-3020>

It is important to increase the area of potato cultivation in the fall season for a stable year-round supply system in Korea. Saemangeum reclaimed land has the potential to extension of potato cultivation area with appropriate practices. This study was performed to test applicability of fertilizer recommendation in southern coastal area to the Saemangeum area. Two experiments were conducted: one experiment compared the yield response of potato between standard rates of N-P-K (SR) and recommendation rates of N-P-K based on soil test (STR) and the other experiment analyzed yield response to 4 different levels of N, P, K, respectively. The potato yield in SR was 6.05 Mg ha<sup>-1</sup> on average and varied from 1.68 Mg ha<sup>-1</sup> to 11.80 Mg ha<sup>-1</sup>. The potato yield in STR, meanwhile, ranged from 8.13 Mg ha<sup>-1</sup> to 12.17 Mg ha<sup>-1</sup> with a mean value of 9.65 Mg ha<sup>-1</sup>. Potato yield was increased linearly with N fertilization rates but P and K fertilization did not have any significant effect on potato growth. The N fertilization rate (NFR) and the soil available phosphate content (Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) had significant positive correlation with potato yield ( $p < 0.01$ ). Based on stepwise multiple regression analysis, partial regression coefficient was 0.30 for NFR and 0.08 for Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  $Y = 19.6 X_1 + 34.9 X_2 + 1,410$ , where Y, X<sub>1</sub>, and X<sub>2</sub> mean potato yield, NFR, and Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectively. Conclusively, STR was strongly recommended for potato in the Saemangeum reclaimed land and the conventional standard fertilization rate was hardly applicable to the area, especially for nitrogen.

**Keywords:** Fertilization rate, Potato, Reclaimed land, Saemangeum, Soil test

Potato product by fertilization rates in the fall season. The standard rates were 120, 106, and 156 kg ha<sup>-1</sup> for N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O. The other two were provided as the standard rates.



## Introduction

감자는 전 세계 150여 개국에서 재배하고 있는 주요 작물이다. 우리나라 감자 생산량은 연간 600천 톤 내외로 생산량은 적절하나 봄 재배에 집중되어 봄감자 재배면적을 줄여서 가격안정화를 도모하고 가을감자 재배면적을 늘려서 월별 생산·공급량을 안정화할 필요가 있다(NICS, 2018). 가을감자 재배면적을 늘리기 위한 방편으로 신규 간척농지에 가을감자를 재배하는 방법이 있다. 우리나라의 간척농지는 112천 ha로 전체 농경지 1,564천 ha의 7.2%에 달한다(MAFRA, 2020b; Statistics Korea, 2020). 조성계획 수립 당시 간척농지의 주요 용도는 논이었으나 쌀 자급률이 100%에 근접한 상황에서 간척농지에서 벼 외의 타작물 재배를 추진하고 있다(MAFRA, 2020a). 우리나라는 강수량이 기준증발산량의 1.5배에 달하기 때문에 농업적으로 평탄지는 논, 경사지는 밭으로 이용해 왔다(ASI, 1992; Eom et al., 2011). 지형적으로 평탄지에 위치한 간척농지를 논이 아닌 밭으로 사용하기 위해서는 경사지 수준의 배수가 필요하며 새만금간척지 농생명용지는 밭농업이 가능한 수준으로 배수시설을 조성하고 있다(SDIA, 2014). 따라서 새만금간척지에서 가을감자의 재배방법을 확립한다면 우리나라 가을감자 재배면적 확대에 크게 기여할 수 있다.

간척지 농업에서 가장 큰 장애요인은 높은 염농도이다. 감자는 토양 전기전도도 1.7 dS m<sup>-1</sup> 이하에서 정상 생육하며 전기전도도 3.8 이상에서 25% 이상 수량이 감소하는 것으로 알려져 있다(Ayers and Westcot, 1985). 새만금간척지는 사질 또는 사양질의 토성속을 가진 토양이 분포하여 다른 간척지구에 비해 염류가 감소하는 속도가 빠르다. 본 시험이 수행된 새만금간척지 5공구의 토양 염농도는 연차 경과에 따라 광범위하게 빠르게 감소하여 2017년 기준 표토의 평균 전기전도도가 0.9 dS m<sup>-1</sup>로 대부분의 작물 재배가 가능한 수준으로 감소되었다(Ryu et al., 2020). 이와 같이 새만금간척지는 배수와 제염이 진행되고 있어 감자의 재배가 가능하다.

감자의 비료사용기준은 봄 재배를 대상으로 표준시비량과 검정시비식이 설정되어 있으며 가을 감자의 경우 봄 감자보다 20% 증비한다(NAS, 2019). 봄 감자의 표준시비량과 검정시비식은 권역에 따라 준고랭지·고랭지와 남부해안으로 나누어 적용하는데 준고랭지·고랭지의 표준시비량은 질소, 인산, 칼리 각각 137, 33, 114 kg ha<sup>-1</sup>이며 남부해안 표준시비량은 100, 88, 130 kg ha<sup>-1</sup>이다. 질소와 칼리의 표준시비량은 두 권역이 유사하나 인산 표준시비량은 남부해안에서 준고랭지·고랭지보다 높게 설정되어 있다. 제주도의 경우 표준시비량을 별도로 설정하였으며 질소, 인산, 칼리 각각 180, 250, 190 kg ha<sup>-1</sup>을 적용한다(Yang et al., 2012). 새만금간척지는 기후조건과 토양특성이 준고랭지·고랭지나 제주도보다는 남부해안과 유사하기 때문에 본 연구에서는 새만금간척지에서 남부해안 표준시비량과 검정시비식을 비료사용기준의 표준으로 가정하고 이 방법의 적용가능성을 검토하고자 하였다.

## Materials and Methods

**시험토양 및 포장조건** 본 연구는 새만금간척지 5공구에 위치한 국립식량과학원 광활시험지(35.82 N, 126.68 E)에서 2020년 수행되었으며 공시토양은 문포통(coarse loamy, mixed, nonacid, mesic family of Fluvaquentic endoaquepts)이었다. 시험 전 토양의 화학성을 분석한 결과 새만금간척지 5공구의 전형적인 토양으로 볼 수 있었다(Ryu et al., 2020). 감자를 재배하기에 pH, EC, 교환성 칼륨은 적절하였으나 유기물, 유효인산, 교환성 칼슘함량은 부족하였다(Table 1). 감자(금선)는 9월 15일에 파종하여 11월 17일에 수확하였으며 50 cm × 20 cm 간격으로 재식하였다. 해당기간 강우량 31.0 mm, 평균온도 14.3°C로 10년 평년 강우량 140.2 mm, 평균온도 15.0°C에 비해 강우량은 22.1% 수준으로 적고, 적산온도는 93.2%로 낮아 감자생육에 다소 불리한 조건이었다(RDA, 2021).

**Table 1.** Soil chemical characteristics of the study site and Saemangeum reclaimed land Sector 5.

	pH (1:5)	EC (1:5) (dS m <sup>-1</sup> )	OM <sup>†</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	T-N <sup>†</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>†</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) <sup>†</sup>			
						K	Ca	Mg	Na
Optimal range for potato	5.5 - 6.2	<2	20 - 30	-	250 - 350	0.5 - 0.6	4.5 - 5.5	1.5 - 2.0	-
Study site	6.1	0.17	5	0.04	7	0.62	2.3	2.2	0.2
Saemangeum Sector 5	6.7	0.20	3	0.04	40	0.58	1.0	2.6	0.7

<sup>†</sup>OM, T-N, Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and Ex. mean organic material, total nitrogen, available phosphate, and exchangeable, respectively.

**시험처리** 본 연구에서는 두 가지 시험을 실시하였다. 시험 1에서는 남부해안 감자 검정시비식의 새만금간척지 적용성을 평가하기 위하여 표준시비와 검정시비간 생육반응을 비교하였다. 표준시비량은 질소, 인산, 칼리가 각각 120, 106, 156 kg ha<sup>-1</sup>였으며 검정시비량은 시험전 토양의 분석자료를 기준으로 질소, 인산, 칼리가 각각 254, 227, 170 kg ha<sup>-1</sup>였다 (NAS, 2019). 검정시비량 산정을 위한 남부해안 가을감자 검정시비식은 아래와 같다.

$$\text{질소시비량 (kg ha}^{-1}\text{)} = 10 \times (26.169 - 0.1564 \times \text{유기물함량 (g kg}^{-1}\text{)})$$

$$\text{인산시비량 (kg ha}^{-1}\text{)} = 10 \times (22.921 - 0.025 \times \text{유효인산함량 (mg kg}^{-1}\text{)})$$

$$\text{칼리시비량 (kg ha}^{-1}\text{)} = 10 \times (23.879 - 11.160 \times \text{교환성칼륨함량 (cmol}_c\text{ kg}^{-1}\text{)})$$

사용된 질소, 인산, 칼리의 비중은 각각 요소, 용과린, 황산칼리였으며 전량 밑거름으로 사용하였다. 퇴비는 시험지의 유기물 함량을 고려하여 가축분 퇴비로 5,400 kg ha<sup>-1</sup>을 사용하였으며 전량 밑거름으로 사용하였다 (NAS, 2019).

시험 2에서는 가을감자 재배 시 질소, 인산, 칼리 각각의 시비반응을 평가하였다. 질소 시험 시 남부해안 감자 질소 표준시비량의 0, 50, 100, 150%, 인산 시험은 인산 표준시비량의 0, 100, 150, 200%, 칼리 시험은 칼리 표준시비량의 0, 75, 100, 125%의 수준을 두었으며, 각 시험에서 시험대상 외의 나머지 두 양분은 표준시비량으로 처리하였다. 질소, 인산의 시험범위를 넓게 두고 칼리의 시험범위를 촘촘히 둔 것은 새만금간척지 토양에서 유기물, 유효인산이 부족하고 교환성 칼륨이 적정범위인 것을 반영한 것이다. 비중과 투입방법은 시험 1과 동일하였다. 처리별로 3반복의 처리구를 난괴법으로 배치하였으며 시험 간 중복되는 처리는 생략하였다.

**토양 및 식물체 분석** 토양시료는 수확 시 처리구별로 토심 20 cm까지의 표토를 채취하였다. 토양 분석은 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH, 전기전도도, 유기질소, 유효인산, 교환성 양이온을 분석하였다. 식물체는 수확 시 처리구별 수량을 조사하였고 처리구별 감자 10개체를 선정하여 초장, 경수를 측정하였다. 괴경의 양분 함량은 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 질소, 인산, 칼리 함량을 산정하였다.

**통계분석** 표준시비와 검정시비의 비교를 위해 t-검정을 실시하였고 시비수준이 수량과 양분흡수량에 미치는 영향은 분산분석 (ANOVA)을 통해 검정하였다. 시비량, 토양특성, 생육특성 간 다중 상관관계를 분석하였고 시비량과 토양특성이 수량과 괴경 중에 미치는 영향을 분석하기 위해 단계적 회귀분석 (stepwise regression)을 실시하고 편회 귀계수를 산출하였다. 유의성은  $\alpha = 0.05$ 를 기준으로 검정하였으며 통계프로그램은 SAS Enterprise Guide 7.13 HF4 (SAS Institute Inc., USA)를 이용하였다.

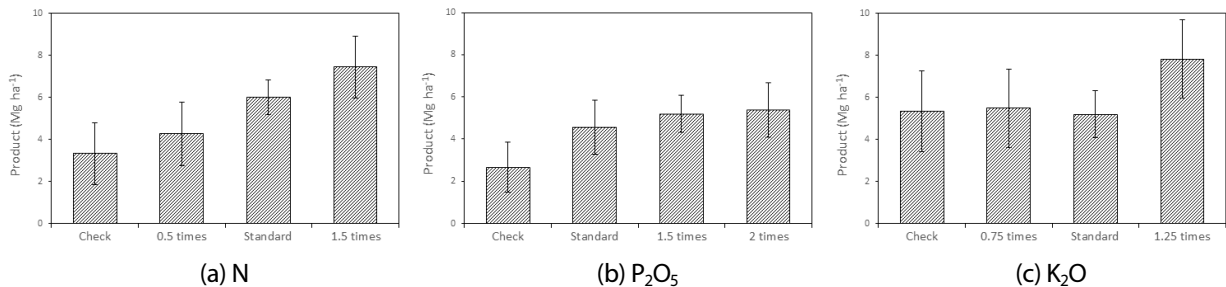
## Results

**표준시비와 검정시비 생육반응 비교** 표준시비 시 감자 수량은 6.05 Mg ha<sup>-1</sup>였으나 반복 간 편차가 컸으나 검정시비 시 수량은 9.65 Mg ha<sup>-1</sup>였고 표준시비에 비해 편차가 작았다 (Table 2). 표준시비 시 수량을 기준한 질소, 인산, 칼리의 흡수량은 각각 22.7, 5.13, 51.5 kg ha<sup>-1</sup>였으며, 검정시비 시 수량을 기준한 질소, 인산 칼리의 흡수량은 각각 51.1, 7.67, 114.8 kg ha<sup>-1</sup>였다. 검정시비 시 표준시비에 비해 질소와 칼리의 흡수량은 220% 이상이였으며 인산, 칼슘, 마그네슘 등의 흡수량은 150% 내외였다. 수량 기준 흡수량을 기준한 가지적 비료이용률은 표준시비 시 질소, 인산, 칼리 각각 18.9, 4.8, 33.0%였으며, 검정시비 시 20.1, 3.4, 67.5%로 나타났다.

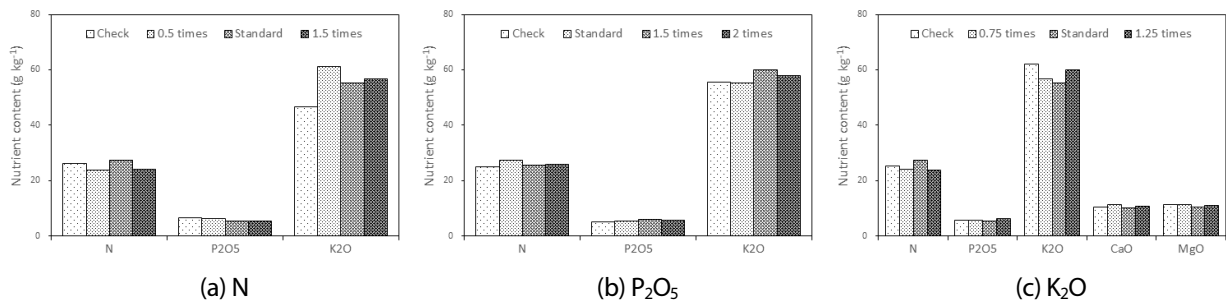
**Table 2.** Comparison of potato growth grown in the fall season between standard fertilization rates (SR) and soil-tested fertilization rates (STR) cultivated at Saemangeum reclaimed lands.

	Plant height (cm)	Tuber number (each plant <sup>-1</sup> )	Nutrient in tuber (kg ha <sup>-1</sup> )			Product (Mg ha <sup>-1</sup> )
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
SR	42.5 ± 7.1	4.7 ± 0.3	22.7 ± 18.3	5.13 ± 4.73	51.5 ± 47.6	6.04 ± 5.2
STR	56.6 ± 4.7	6.9 ± 1.6	51.1 ± 25.7	7.67 ± 2.43	114.8 ± 52.7	9.65 ± 2.2

**N, P, K 비료 시비량에 따른 생육반응 비교** 질소 시비량에 따라 수량은 무비구 3.3 Mg ha<sup>-1</sup>에서 1.5배구 7.5 Mg ha<sup>-1</sup>까지 질소함량에 따라 증가하였다 (Fig. 1). 괴경 중 역시 질소 시비량에 따라 무비구 11.6 g에서 1.5배구 19.3 g까지 증가하였다. 괴경 중 질소와 인산의 함량은 각각 23.7 - 27.2 g kg<sup>-1</sup>, 5.37 - 6.55 g kg<sup>-1</sup>으로 처리별로 유사하였으나 칼리의 함량은 질소 시비구에서 55 g kg<sup>-1</sup> 이상이었던 반면 질소 무비구에서 46.6 g kg<sup>-1</sup>에 불과하였다 (Fig. 2). 질소 시비 시 감자의 수량이 시험처리 범위 내에서 직선적으로 증가하였던 것과 달리 표준시비량 이상으로 인산 시용 시 수량은 4.6 - 5.4 Mg ha<sup>-1</sup>로 유사하였으며 인산 무비구의 수량은 2.7 Mg ha<sup>-1</sup>였다. 괴경 중과 괴경 중 질소, 인산, 칼리의 함량은 처리별로 유사하였으며 그 값은 각각 16.9 - 21.3 g, 24.9 - 27.2, 5.20 - 5.99, 55.2 - 60.1 g kg<sup>-1</sup>으로 나타났다. 칼리 시비 시 수량은 5.8 - 7.8 Mg ha<sup>-1</sup>, 괴경 중 16.9 - 20.9 g, 괴경 중 질소, 인산, 칼리의 함량은 23.9 - 27.2, 5.45 - 6.12, 55.2 - 61.9 g kg<sup>-1</sup>이었다.



**Fig. 1.** Potato product by fertilization levels in the fall season. The standard rates were 120, 106, and 156 kg ha<sup>-1</sup> for N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O. In the each experiment, the other two nutrients were provided as the standard rates.



**Fig. 2.** Nutrient contents in tuber cultivated in the fall season. The standard rates were 120, 106, and 156 kg ha<sup>-1</sup> for N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O. In the each experiment, the other two nutrients were provided as the standard rates.

**수량 · 비료 · 토양화학성의 관계** 감자의 수량은 질소 시비량, 토양 유효인산 함량과 고도로 유의한 정의 상관관계가 있었다 ( $p < 0.01$ , Table 3). 인산 시비량은 수량과 유의성 있는 상관성이 입증되지는 않았으나  $p$ 값이 0.052로 정의 관계가 있을 수도 있음을 함축하였다. 칼리 시비량, 토양 유기 질소, 교환성 양이온 등은 수량과 상관성이 나타나지 않았다. 괴경 중과 수량의 상관계수는 0.68 ( $p < 0.001$ )로 고도로 유의한 관계가 있었다. 그러나 괴경 중의 경우 수량과 달리 시비량과 유의성 있는 정의 상관관계를 나타내지 않았으며 토양 유효인산과도 상관성이 나타나지 않다. 그러나 교환성 양이온과는 고도의 정의 상관관계를 보였다 ( $p < 0.01$ , Table 4). 단계적 회귀분석 결과 질소 시비량과 토양 유효인산이 수량을 유의성 있게 설명하는 인자로 선택되었으며 결정계수는 0.38이었다. 이 중 질소 시비량과 토양 유효인산의 편회귀계수는 각각 0.30, 0.08로 나타났다.

$$Y = 19.6 X_1 + 34.9 X_2 + 1,410 \tag{Eq. 1}$$

여기서, Y는 감자 수량 (kg ha<sup>-1</sup>), X<sub>1</sub>은 질소 시비량 (kg ha<sup>-1</sup>), X<sub>2</sub>는 토양 유효인산 (mg kg<sup>-1</sup>)이다.

**Table 3.** Pearson correlation coefficients of fertilization rates and soil chemistry with potato productivity cultivated at Saemangeum reclaimed lands in autumn. Values in parenthesis mean  $p$ -value.

Fertilization rates			Soil chemistry							
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	ON <sup>†</sup>	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>†</sup>	pH (1:5)	EC (1:5)	Ex <sup>†</sup> . Ca	Ex. Mg	Ex. K	Ex. Na
0.55	0.34	0.14	0.24	0.48	-0.22	0.20	0.29	0.22	0.28	0.01
(0.001)	(0.052)	(0.450)	(0.174)	(0.005)	(0.218)	(0.261)	(0.108)	(0.213)	(0.120)	(0.213)

<sup>†</sup>ON, Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and Ex. mean organic nitrogen, available phosphate, and exchangeable, respectively.

**Table 4.** Pearson correlation coefficients of fertilization rates and soil chemistry with individual tuber weight cultivated at Saemangeum reclaimed lands in autumn. Values in parenthesis mean probability.

Fertilization rates			Soil chemistry							
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	ON <sup>†</sup>	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>†</sup>	pH (1:5)	EC (1:5)	Ex <sup>†</sup> . Ca	Ex. Mg	Ex. K	Ex. Na
0.34	0.08	-0.04	0.04	0.21	0.04	-0.10	0.52	0.50	0.46	0.43
(0.056)	(0.641)	(0.843)	(0.820)	(0.245)	(0.830)	(0.581)	(0.002)	(0.003)	(0.007)	(0.012)

<sup>†</sup>ON, Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and Ex. mean organic nitrogen, available phosphate, and exchangeable, respectively.



## Discussion

**질소 표준시비량의 적용성** 식물에 필요한 질소는 비료, 대기 강하물 등 다양한 방식으로 공급되며 토양 유기물도 중요한 질소의 공급원이다. 우리나라 일반 밭의 유기물 함량 전국 평균은 2017년 기준  $27 \text{ g kg}^{-1}$ 이고, 새만금간척지가 위치한 전북지역 일반 밭의 유기물 함량 평균은  $29 \text{ g kg}^{-1}$ 이다 (Kim et al., 2019). 감자 재배 적합 유기물 함량 범위는  $20 - 30 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 우리나라 토양은 보편적으로 감자 재배에 적절한 유기물 함량을 보유하고 있다고 할 수 있으나 새만금간척지 평균 유기물 함량은  $2 \text{ g kg}^{-1}$ 에 불과하여 표준시비량 공급 시 질소가 부족할 가능성이 높다 (NAS, 2019; Ryu et al., 2020). 본 연구결과 가을감자 시비 시 표준시비의 1.5배까지 직선적으로 수량이 증가하였다. 유기물이 낮은 새만금간척지에서 질소 표준시비량 이상의 수준에서 직선적으로 수량이 증가하는 양상은 봄감자 시비반응 연구에서도 나타난 바 있다 (Lee, 2018). 이는 시험필지의 질소 검정시비량이 표준시비량의 2배가 넘는 상황조건과 일맥상통하는 결과이며 유기물 함량이 낮은 간척지에서는 기존 표준시비량을 사용하는 것보다 유기물 함량을 고려한 검정시비량에 따라 시비하는 것이 적절하다는 것을 의미한다. 또한 토양검정 결과가 없는 경우 표준시비량을 적용하기보다 해당 간척지구의 유기물함량 평균값을 사용하는 것이 필요하다. 흙토람에서도 해당 필지에 대한 토양검정자료가 없는 경우 지역 평균 토양화학성을 적용한 비료사용처방을 서비스하고 있다 (NAS, 2021). 본 연구에서는 토양 유기물함량이 낮은 새만금간척지의 특성을 반영하여 퇴비를 적량 공급하였음에도 불구하고 표준시비량으로는 질소가 부족하였다는 결과가 도출되었다. 이는 퇴비의 분해로 공급된 질소의 존재를 감안할 때 퇴비를 공급하지 않을 경우 더 많은 질소비료가 필요할 수 있음을 암시한다. 더욱이 사질토양인 새만금 토양의 낮은 보비력을 감안할 때 퇴비 등 유기물의 지속적인 투입은 감자 재배를 위해 필수적인 양분관리 방안이라 할 수 있다.

**인산 표준시비량의 적용성** 우리나라 국가관리 간척지의 2013 - 2016 4년간 평균 유효인산 함량은  $13 - 47 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었으며, 새만금간척지의 토양 유효인산함량도 이와 유사하였다 (Ryu et al., 2019). 이는 우리나라 밭토양 평균  $657 \text{ mg kg}^{-1}$ , 전북 평균  $618 \text{ mg kg}^{-1}$ 에 크게 못 미치는 수준이다 (Kim et al., 2019). 일반적인 밭토양의 유효인산함량 적정 범위는  $300 - 550 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 알려져 있으나 감자 재배를 위해서는  $250 - 350 \text{ mg kg}^{-1}$ 이면 적정하다 (NAS, 2019). 간척지 토양은 유효인산 함량이 적으므로 표준시비량 공급 시 식물에 필요한 인산을 충분히 공급하지 못할 우려가 있다. 본 시험의 인산 시비반응 시험결과로 볼 때 표준시비량보다 많은 양의 인산을 공급한 경우 유의한 수량증가가 나타나지 않았다. 또한 인산 표준시비량을 공급한 조건에서 질소 시비시험 시 수량이 직선적으로 증가하였기 때문에 표준시비 조건에서 인산을 주요 생육제한인자로 보기는 어렵다 (Havlin et al., 2005). 그러나 이 결과가 간척지에서 인산을 표준시비량만큼 공급하면 된다고 해석하는 것은 적절하지 않을 수 있다. 본 연구에서 가을감자 수량과 인산 시비량의 유의성은 발견되지 않았으나 가을 감자 수량과 토양 유효인산이 유의성 있는 정의 상관관계로 나타났다. 이는 토양 유효인산함량이 새만금간척지 가을 감자 생육에 있어 중요한 인자임을 의미한다. 유효인산이 낮은 고랭지 성토지에서도 인산을 증비한 경우 첫 해보다 다년차에 유효인산 함량의 증가에 따른 수량 증가가 나타났다고 보고된 바 있다 (Lee et al., 2002). 따라서 새만금간척지에서 경제성있는 가을 감자 재배를 위해서 토양 유효인산 함량을 적정 수준까지 지속적으로 높일 필요가 있으며, 표준시비량 기준으로 유효인산을 공급하는 것이 토양 유효인산을 지속적으로 높일 수 있는 합당한 방안인지 판단하기 위해서는 보다 장기적인 연용 연구가 필요하다. 고추를 대상으로 NPK 연용 시 토양유효인산 함량이  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ 였던 사양토에서 14년 후  $361 \text{ mg kg}^{-1}$ 까지 유효인산함량이 증가되었다고 보고된 바 있으나 (Park et al., 2009), 이 때 인산 시비량은  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ 로 표준시비량인  $112 \text{ kg ha}^{-1}$ 의 두 배로 유효인산

함량  $163 \text{ mg kg}^{-1}$ 인 토양의 검정시비량에 해당하였다. 따라서 유효인산 함량이 낮은 간척지에서 표준시비량 이상에서 인산 시비에 의한 수량 증대 효과가 없었다 하더라도 표준시비량의 연용이 지력과 생산성을 유지할 수 있을지 판단하기 위해서는 장기적인 후속 연구가 필요할 것이다.

**칼리 표준시비량의 적용성** 우리나라 일반 밭의 교환성 칼륨 함량 적정범위는  $0.5 - 0.8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 이나 전국 평균은  $0.97 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 다소 과다한 실정이다 (Kim et al., 2019). 간척지의 경우 지구별로 교환성 칼륨 함량이 다양하며 남포 간척지의 경우  $0.53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 낮았으나 일반적으로  $0.91 - 1.30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 의 범위에 분포하였다 (Ryu et al., 2019). 새만금간척지의 경우 공구별로 제염수준에 차이가 있으나 광활시험지가 포함된 5공구의 경우 EC ( $1:5$ )  $0.2 \text{ dS m}^{-1}$ , 교환성 칼륨  $0.58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 교환성 칼륨이 적절한 수준이다 (Table 1). 따라서 검정시비량이 표준시비량의 2배 이상이었던 질소, 인산과 달리 칼리 검정시비량은 표준시비량과 유사하였으며 이는 남부해안 칼리 표준시비량의 적용성이 높을 수 있음을 암시한다. 본 연구결과 칼리 시비반응에서 수량은 칼리 시비량과 유의한 관계가 없었으나 괴경 중은 교환성 칼륨과 고도의 정의 상관관계로 나타났다. 감자는 칼륨 함량이 특히 높은 작물로 알려져 있다 (NICS, 2018). 칼륨은 삼투압 조절, 뿌리 신장 등 식물체에서 다양한 기능을 하나 감자에서는 특히 괴경의 크기와 양에 관여하는 것으로 알려져 있다 (Karam et al., 2011; Khan et al., 2012). 칼륨이 잎에서 괴경으로 동화산물의 이동에 기능하며 칼륨 공급이 증가할 때 괴경의 크기가 커지고 괴경의 수량이 증가한다고 보고된 바 있다 (Westermann, 2005; Tränkner et al., 2018). 새만금 등 간척지는 조성 초기 칼슘의 함량이 낮기 때문에 칼륨의 흡수가 상대적으로 유리할 수 있어 칼륨 흡수량이 큰 감자의 경우 다른 작물보다 재배에 적합할 수 있다.

## Conclusions

새만금간척지 가을 감자 재배 시 남부해안 재배 가을 감자를 위한 표준시비량의 적용성을 검토하였다. 질소의 경우 새만금간척지의 토양유기물 함량이 적어 남부해안 표준시비량을 적용하기 어려웠다. 따라서 토양검정자료가 있을 경우에는 검정시비식에 따라 검정시비량을 산정하여 질소 비료를 공급하는 것을 추천하며 토양검정자료가 없을 경우 지역의 평균 토양유기물 함량을 이용하여 검정시비량을 산정할 수 있다. 인산의 경우 단기적으로 표준시비량 공급 시 재배가 가능할 수 있으나 토양 유효인산이 감소할 경우 수량이 낮아질 수 있으므로 남부해안 표준시비량을 새만금간척지에 적용성을 확인하기 위해서는 지속적인 연구가 요구된다. 새만금간척지 토양에 칼륨함량이 적정하므로 감자 재배에 유리하며 남부해안 표준시비량의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업 ‘간척지 사료작물, 기장, 가을감자 비료사용 기준 설정’ (PJ01511803)의 지원으로 수행되었습니다.

## References

ASI. 1992. Introduction of Korean soil. Agricultural Science Institute, Suwon, Korea.

- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture: FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. FAO, Italy.
- Eom, K., P. Jung, T. Kim, S. Yoo, and S. Park. 2011. Development of the model to estimate potential evapotranspiration in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(5):674-678.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management, 7th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Karam, F., R. Massaad, S. Skaf, J. Breidy, and Y. Rouphael. 2011. Potato response to potassium application rates and timing under semi-arid conditions. *Adv. Hortic. Sci.* 25(4):265-268.
- Khan, M.Z., M.E. Akhtar, M. Mahmood-ul-Hassan, M.M. Mahmood, and M.N. Safdar. 2012. Potato tuber yield and quality as affected by rates and sources of potassium fertilizer. *J. Plant Nutr.* 35(5):664-677.
- Kim, Y., M. Kong, E. Lee, T. Lee, and G. Jung. 2019. Status and changes in chemical properties of upland soil from 2001 to 2017 in Korea. *Korean J. Environ. Agric.* 38(3):213-218.
- Lee, C., G. Lee, K. Shin, J. Ahn, J. Lee, and B. Hur. 2002. Effect of application added phosphorus and potassium for potato and Chinese cabbage in mounded highland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(6):372-380.
- Lee, S. 2018. Assessment of crop nitrogen balance as affected by soil salinity of reclaimed tidal land. RDA Research Project Report Agenda 11 Project 33:1855-1953.
- MAFRA. 2020a. Major statistics of agriculture, forestry, live stock and food 2020. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- MAFRA. 2020b. Status of management and disposal of reclaimed land. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- NAS. 2019. Fertilizer recommendation for crop production (4th ed.). National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea.
- NAS. 2021. Soil information system: Heurg-To-Ram. [soil.rda.go.kr/soil/index.jsp](http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp). National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea.
- NIAST. 2000. Analysis method of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- NICS. 2018. Potato: Guide of agricultural technology 31. National Institute of Crop Science, RDA, Jeonju, Korea.
- Park, J.M., I.B. Lee, Y.I. Kang, and K.S. Hwang. 2009. Effects of mineral and organic fertilizations on yield of hot pepper and changes in chemical properties of upland soil. *Hortic. Sci. Technol.* 27(1):24-29.
- RDA. 2021. Weather for agriculture. <http://weather.rda.go.kr/analysis/avrgyear.jsp>
- Ryu, J.H., Y.Y. Oh, S.H. Lee, and J.T. Lee. 2019. Soil chemical properties of reclaimed tide lands under government management in Korea: Results of 4-years monitoring. *Korean J. Environ. Agric.* 38(3):273-280.
- Ryu, J.H., Y.Y. Oh, S.H. Lee, K.D. Lee, and Y.J. Kim. 2020. Annual changes of soil salinity of the Saemangeum reclaimed tide land during last 10 year. *Korean J. Environ. Agric.* 39(4):327-333.
- SDIA. 2014. Saemangeum master plan. Saemangeum Development and Investment Agency, Gunsan, Korea.
- Statistics Korea. 2020. Agricultural area survey. Statistics Korea, Daejeon, Korea.
- Tränkner, M., E. Tavakol, and B. Jákli. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiol. Plant.* 163(3):414-431.
- Westermann, D.T. 2005. Nutritional requirements of potatoes. *Am. J. Potato Res.* 82:301-307.
- Yang, S., H. Kang, S. Lee, H. Oh, and G. Kim. 2012. Influence of N fertilization level, rainfall and temperature on the emission of N<sub>2</sub>O in the Jeju black volcanic ash soil with potato cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(4):544-550.