

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2023.56.1.001>  
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Effect of Ridge Height on Peanut Growth and Soil Physicochemical Properties of in Paddy Field

Young-Sang Kim<sup>1\*</sup>, Ki-Hyun Kim<sup>1</sup>, Yoon-Sun Huh<sup>1</sup>, Min-Ja Kim<sup>2</sup>, and In-Jae Kim<sup>2</sup><sup>1</sup>Researcher, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Chungju 28130, Korea<sup>2</sup>Senior Researcher, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Chungju 28130, Korea\*Corresponding author: [suanbo@korea.kr](mailto:suanbo@korea.kr)

### ABSTRACT

**Received:** October 28, 2022**Revised:** December 21, 2022**Accepted:** December 22, 2022**Edited by**Yong Bok Lee,  
Gyeongsang National University,  
Korea**ORCID**Young-Sang Kim  
<https://orcid.org/0000-0002-1981-7454>

The paddy fields have a high moisture content and high groundwater level. When cultivating crops in paddy fields, there is a possibility of causing moisture damage at the roots and poor plant growth due to flooding and wet injury. This study was conducted to investigate the growth and yield of peanut and the changes in soil physico-chemical properties with the ridge height in paddy fields. In the 40 cm ridge height treatment, the decay rate of peanuts was lowest and the ratio of ripen pods, weight of 100 grains, and grain yield were highest. As the ridge height increased, the soil acidity and electrical conductivity increased and the bulk density and hardness of the soil decreased, and the liquid and gas phase increased. When growing crops in paddy fields, raising the ridge height resulted in the reduction of wet injury, and the improvement of soil physical properties led to the stable production of peanut. From these results, it was found that the adjustment of the ridge height 40 cm could improve the characteristics of peanut yields and soil physical properties in paddy field.

**Keywords:** Paddy field, Peanut, Ridge height, Soil physico-chemical properties

### Yield and yield components of peanut plant with the ridge height.

Treatment	No. of ripen pods (plant <sup>-1</sup> )	Ratio of ripen pods (%)	Decay ratio of ripen pods (%)	Kernel ratio of pod (%)	100 grains weight (g)	Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )
20 cm	29.1 b <sup>†</sup>	62.4 b	19.2 a	69.7 a	97.3 b	3,370 c
30 cm	33.4 ab	67.2 ab	11.8 b	69.8 a	101.7 b	3,990 ab
40 cm	40.3 a	74.6 a	5.4 c	72.1 a	111.2 a	4,520 a

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

## Introduction

농업환경 및 농업정책이 변화함에 따라 주곡 생산 위주의 논을 탄력적으로 이용하여 밭작물의 논 재배 기술 수요가 증가하고 있는 실정이다. 최근 벼 재배면적은 2016년 779천 ha에서 2021년 732천 ha로 감소 (MAFRA, 2021) 추세이며, 국민 1인당 쌀 소비량은 1995년 106.5 kg에서 2021년 57 kg으로 감소하였다. 그러나 이상기후 등에 따라 쌀 부족 문제가 대두될 수 있고 국가간 식량안보로 국제 곡물가가 급등할 수 있으므로, 식량사정에 따라 논과 밭으로 탄력적으로 이용할 수 있는 체계가 필요하다 (Han et al., 2017).

논을 밭으로 이용하면 입단형성, 지력 증진, 통기성 증가, 병충해 억제, 수량증대 효과 (Lim et al., 2014; Oh et al., 2016)가 있지만 밭 작물을 논에 재배할 때 논 토양 특성에 따른 배수불량에 의한 습해발생 (Lee et al., 2009, 2012), 담수와 배수의 반복으로 인한 산화, 환원철의 과잉흡수 장애 발생 (Sohn et al., 2009; Lee et al., 2013, 2014) 등 토양조건, 토성 등과 파종시기 및 강우 등 여러 가지 요인으로 인해 밭 재배에 비하여 습해 피해가 많이 발생한다. 대부분의 밭 작물은 일반적으로 수분에 민감하여 습해에 의한 식물 생장 불량이 수확량 저하로 이어지는 원인 (Lee et al., 2021) 중 하나이다. 배수가 불량한 토양은 토양수분 과다로 토양공극이 수분으로 포화되어 작물에 산소가 부족하게 되며, 토양환원으로 인해 유해물질의 발생으로 미생물 활동이 제한되어 작물에 스트레스를 준다 (Plamenac, 1988; Evans et al., 1991; Jung et al., 2011). 토양수분 과다로 인해 발생하는 작물의 스트레스에 대한 반응은 작물의 종류와 생육시기에 따라 큰 차이가 있으며 (Jung et al., 2011), 콩의 경우 다른 생육시기에 비해 개화기에서 협 형성기에 수분과다에 스트레스를 가장 많이 받고 수량 감소가 크다고 알려져 있다 (Griffin and Saxton, 1988; Scott et al., 1989; Evans et al., 1991). 따라서 밭 작물의 안정적인 생산을 위해서는 배수를 개선하여 습해로 인한 피해를 경감할 수 있는 기술개발이 매우 중요하다. 배수개선 방법 중 배수로 설치하는 강우시 유거수 제거가 가능하지만 평탄지인 논에서 배수로 설치만으로는 한계가 있으며, 두둑을 높여 근권에서 고랑으로 빠르게 배수시키는 방법이 병행된다 (Sohn et al., 2009; Yun et al., 2009).

본 연구에서는 논에서 땅콩 재배시 두둑높이를 다르게 처리하여 두둑높이에 따른 땅콩의 생육상황, 수량 및 토양특성에 미치는 영향을 구명하여 땅콩의 안정생산을 위한 논 재배 기술을 개발하고자 하였다.

## Materials and Methods

**재배토양 특성 및 시료채취** 본 연구에 사용된 땅콩은 신평광 품종을 이용하였으며, 충북 청주시 청원구 오창읍 가곡리의 논 포장에서 시험을 수행하였다. 시험포장의 토양통은 가곡통으로 토성은 양토이며 배수등급은 약간 불량한 토양이었다. 집중호우에 의한 침수피해를 줄이기 위하여 논 가장자리에 깊이와 너비  $60 \times 60$  cm의 배수로를 설치하고 논 중앙에는 25 m 간격으로 중앙배수로를 설치하였다. 땅콩 재배를 위한 두둑높이는 20 cm, 30 cm, 40 cm으로 각 두둑높이별 두둑을 만들었으며 땅콩 전용 필름 (검정색, 두께 0.008 - 0.01 mm)으로 피복하였다. 재식거리는  $40 \times 25$  cm으로 휴폭을 70 cm으로 하여 재식본수는 2본으로 하여 2줄로 5월 2일에 파종하였다. 식물체 분석을 위하여 수확기에 두둑높이별로 시료를 채취하여 분석용 시료로 사용하였다. 퇴비와 밀거름은 토양검정에 의한 농촌진흥청 (NIAST, 2017) 땅콩 시비기준 ( $N-P_2O_5-K_2O$ -퇴비-석회 = 30-104-98-10,000 kg-2,000 ha<sup>-1</sup>)에 따라 퇴비와 석회는 3월 6일에 시용하였으며, 질소, 인산, 가리는 전량기비로 4월 15일에 시용하였다. 땅콩 지상부 생육은 생육이 균일한 지점에서 20주에 대하여 주경장, 마디수, 분지수 등을 조사하였고, 엽록소 값은 Chlorophyll Meter (SPAD 502,

Minolta Cameta Co., Ltd., Oskar, Japan)를 이용하여 측정하였다. 땅콩 지하부는 단위면적당 수확하여 건조 후 수량 구성요소와 수량을 조사하였다. 그 외 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준 (RDA, 2003)에 준하였다.

**토양 및 식물체분석** 토양 화학성 분석은 표토 0 - 20 cm 깊이의 토양을 Soil auger (1.5 inch, Eijkelkamp, Netherlands)를 이용하여 채취하였고, 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과한 토양을 시료로 사용하였으며, 국립농업과학원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2010)에 준하여 분석하였다. 토양의 pH와 EC는 시료와 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕 한 후 pH는 pH meter (Radiometer M-92, Denmark)로 EC는 EC meter (Orion 550A, USA)로 측정하여 측정치를 이용하였다. 유기물 함량은 Tyurin 법, 유효인산은 Lancaster법으로 비색계를 이용하여 (Varian Carry 50, Australia) 측정하였다. 교환성 양이온 K, Ca, Mg는 1 N ammonium acetate로 침출하여 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였으며, 토성은 Micropipette 법으로 입경분포를 조사하여 미국농무성 (USDA)의 분류체계에 따라서 결정하였다 (Miller and Miller, 1987). 식물체 중의 무기성분 분석을 위하여 땅콩의 잎을 채취하여 증류수로 수세하여 70°C에서 48시간 건조 후 분쇄하여 시료로 이용하였다. 식물체는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 습식분해하여 인산은 Vanadate법, K, Ca, Mg는 ICP (Varian Vista-Pro, Australia)로 분석하였으며, T-N는 열전도도 검출기 (thermal conductivity detector, TCD)의 원리를 이용한 질소분석기 (Vario Max, German)을 이용하여 분석하였다. 토양수분, 토양온도, 전기전도도는 토양장력센서 (Teros 12 Gen 2, USA)를 이용하여 개화기 이후부터 수확기까지 조사하였다. 토양물리성 지표인 용적밀도, 공극율 및 삼상분석은 땅콩 수확이 끝난 다음 100 cm<sup>3</sup> 부피의 3인치 Core로 토양시료를 채취하여 중량법으로 분석하였으며, 토양경도는 Yamanaka 토양경도계 (Dik-5553, Japan)로 측정하였다.

각 분석항목에 따른 실험결과는 EXCEL 프로그램을 이용하여 평균값을 산출하였고, 처리간의 유의성을 검정하기 위하여 SAS 프로그램 (SAS, 2006)을 이용하여 5% 수준에서 Duncan's Multiple Range Test를 수행하였다.

## Results and Discussion

**땅콩 재배기간 중 기상상황 및 시험 전 토양 물리화학적 특성** 우리나라의 기상조건은 일반적으로 5 - 6월은 강우가 부족하며, 7 - 8월은 장마로 인한 토양수분 과다로 인하여 발작물의 생육에 제한적 큰 요인이 되고 있다 (Chae, 1988; Kim and Cho, 2005). 땅콩 재배기간 중 평균온도 변화를 조사한 결과 출아기 동안은 평년 대비 평균온도가 1.6°C 높았으며, 발아기인 5월 상순의 강수량은 평년 대비 28.7 mm가 적었으나 발아에는 큰 영향이 없었다. 생육 성수기인 7월에는 평년 대비 강수량이 110.8 mm가 적었으나, 8월 상순부터 중순까지 평년에 비하여 237 mm 정도의 많은 강수량을 나타냈으며 일조시간은 평년대비 47시간 적어 등숙기의 생육환경이 불량하였다 (Fig. 1).

땅콩을 재배한 토양의 물리화학적 특성은 Table 1과 같다. 농촌진흥청 (NIAST, 2017)에서 제시하는 땅콩 재배지 토양화학성 적정범위에 비하여 유효인산은 적정범위보다 약간 높았으며, 토양 유기물, 교환성 K은 적정범위보다 낮은 수준이었고, 교환성 Ca, Mg은 적정범위에 있었으며, 토성은 양토이었다.

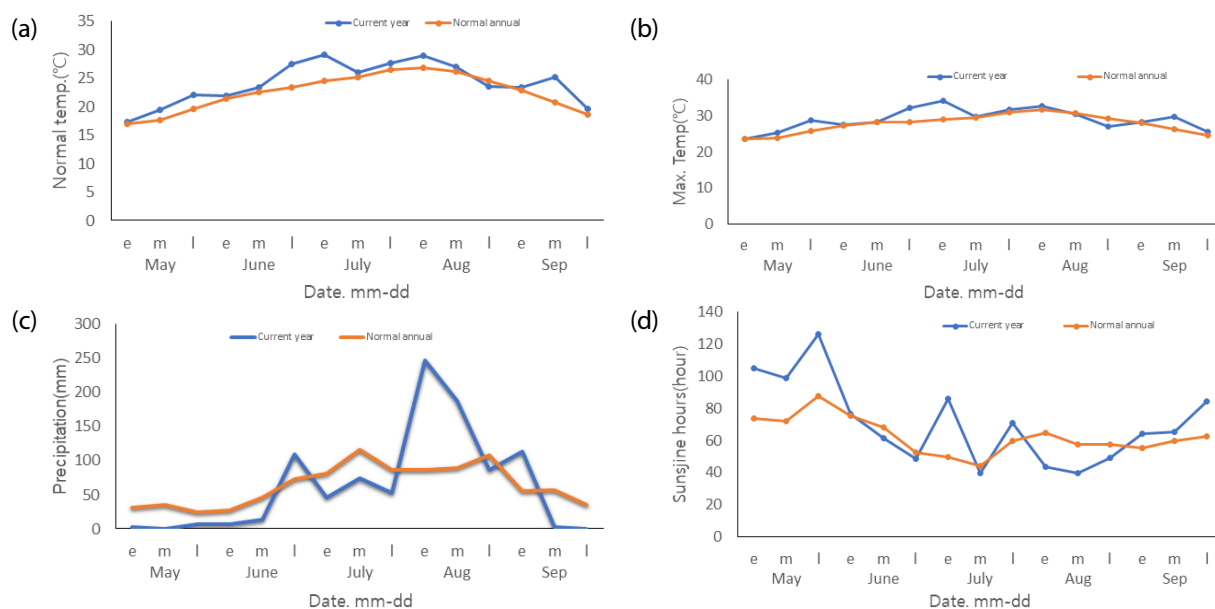


Fig. 1. Seasonal normal temperature (a), maximum temperature (b), precipitation (c), and sunshine hours (d) during experiment.

Table 1. Phyco-chemical properties of the soil research field before experiment.

Site	pH (1:5)	EC (1:5, dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )			Soil texture
					K	Ca	Mg	
Paddy field	6.7	0.48	18	289	0.23	6.0	1.9	Loam
Optimum level	6.6 - 7.0	-	20 - 30	150 - 250	0.45 - 0.85	6.0 - 7.0	1.5 - 2.0	Sandy loam

**수확기 땅콩 생육특성 및 잎의 무기성분 함량** Table 2는 수확기에 땅콩 생육을 조사한 결과이다. 주경장, 분지장은 높은 두둑에 비하여 낮은 두둑에서 길어지거나 많아졌는데 낮은 두둑이 토양수분이 많아 웃자란 것으로 사료되었다. Kim et al. (1999)은 두둑높이가 낮은 처리에서 콩의 생육이 낮아졌으며 이는 낮은 두둑에서 수분이 높아져 통기성 부족으로 작물 뿌리의 호흡작용이 저해되어 식물체의 생산량이 저하되었다고 보고하였다. 또한 Cho (2006)는 논에서 콩을 재배하는 경우 경장이 길어지고 경직경은 작아지지만 휴고를 높이는 경우 분지수와 경직경이 커진다고 보고하였는데, 이는 고휴 재배 조건에서 배수관리가 용이하여 표토 10 cm 아래의 작토층의 토양 수분함량이 낮고 토양통기성 확보에 의해 습해를 방지하여 땅콩 생육에 좋은 환경조건을 제공하였기 때문이라고 하였다 (Kim and Cho, 2005). 엽록소 측정기 (SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 잎의 엽색도를 조사한 결과 엽색도는 두둑높

Table 2. Growth characteristics of peanut harvest time with the ridge height.

Treatment	Main stem length (cm)	Branch length (cm)	No. of branches (ea plant <sup>-1</sup> )	SPAD (value)
20 cm	59.5 a <sup>†</sup>	70.7 a	17.4 b	47.0 a
30 cm	58.4 a	69.7 a	18.8 a	44.2 ab
40 cm	56.4 a	67.3 b	19.3 a	42.1 b

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

이가 낮은 처리에서 높았는데 Kim et al. (1999)의 보고처럼 과습에 의한 지상부에서 지하부의 양분전이가 원활하지 못하여 지상부 앞에 축적된 것으로 사료되었다.

식물체 땅콩 잎의 수확시 무기성분 함량을 Table 3에 나타내었다. 고토 성분은 두둑 높이간에 일정한 경향을 보이지는 않았으나 단백질 성분인 질소와 가리의 성분은 두둑 높이가 높은 처리에서 함량이 낮았다. Kim et al. (1999)은 침수 일수가 길어질수록 무침수에 비하여 침수처리에서 질소, 인산 및 고토 함량이 증가한다고 보고하였으며 이는 침수에 의하여 식물체의 정상적인 생육이 부진하여 지하부의 험과 종실구성이 이들 성분의 전이가 원활치 못하여 지상부 체내에 축적된다고 하였는데, 본 연구에서도 같은 결과를 보였다.

**Table 3.** Selected nutrient contents in leaves of peanut plant with the ridge height.

Treatment	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)
20 cm	2.95 a <sup>†</sup>	0.35 a	2.00 a	3.15 c	1.16 b
30 cm	2.90 a	0.34 a	1.92 b	3.19 b	1.27 a
40 cm	2.66 b	0.33 a	1.86 c	3.54 a	1.18 b

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

**두둑높이별 땅콩 수량** 두둑높이에 따른 땅콩 수량구성 요소 및 수량을 Table 4에 나타내었다. 땅콩 수량을 구성하는 요소에는 성숙협 비율, 협실비율 등이 많은 영향을 미치나 특히 토양 내에서 부패하는 부패율은 땅콩 수량에 매우 큰 영향을 미치는데, 부패는 과다한 토양수분이 지속적으로 유지할 때에 많이 발생한다. 본 연구에서 성숙협수, 성숙협 비율, 100립중은 두둑높이가 높을수록 높아지는 경향을 나타내었으며, 부패율은 두둑높이가 낮을수록 높게 나타나 두둑높이에 따라 큰 차이를 보였다. Chung et al. (1987)은 등숙기에 침수일수가 길어질수록 협실중, 완숙 종실수, 1립중 등의 수량감소가 컸다고 보고하였다. 일반적으로 습해의 발생은 수분이 2 - 3일 이내에 감소하면 큰 문제가 없으나 5일 이상 지속적으로 과다한 토양수분을 유지 (Kim and Cho, 2011)하면 뿌리의 생육을 억제하여 땅콩 협의 부패율이 많이 발생할 수 있는 환경을 조장한 것으로 사료되었다. 수량성을 나타내는 성숙협수와 성숙협 비율은 두둑높이가 높을수록 높았으며, ha 당 땅콩 수량은 두둑높이 20 cm에 비하여 두둑높이 40 cm 처리에서 34% 높은 수량을 나타냈다.

**Table 4.** Yield and yield components of peanut plant with the ridge height.

Treatment	No. of ripen pods (plant <sup>-1</sup> )	Ratio of ripen pods (%)	Decay ratio of ripen pods (%)	Kernel ratio of pod (%)	100 grains weight (g)	Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )
20 cm	29.1 b <sup>†</sup>	62.4 b	19.2 a	69.7 a	97.3 b	3,370 c
30 cm	33.4 ab	67.2 ab	11.8 b	69.8 a	101.7 b	3,990 ab
40 cm	40.3 a	74.6 a	5.4 c	72.1 a	111.2 a	4,520 a

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

**토양화학성변화** 땅콩 수확 후 두둑높이별 토양화학성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 두둑높이가 높아짐에 따라 토양산도는 높아졌는데 두둑높이 20 cm이었을 때 pH는 7.2에서 두둑높이 40 cm에서는 pH는 7.5로 높아졌다.

Kim et al. (1989)과 Lee et al. (2015)은 두둑이 높아 토양수분이 적어지면 토양의 pH가 감소되었다고 보고하였는데, 본 연구에서는 두둑높이가 높아짐에 따라 pH가 높아져 이들의 연구와는 상이한 결과를 보여 이에 대해서는 추후 검토가 필요할 것으로 사료되었다. 토양 EC는 토양 수분함량에 따라 변화되며 토양수분은 강우조건과 지하수위 조건에 따라 좌우되며, 특히 토양 표토층 (0 - 20 cm)는 강우조건과 상관관계가 높다고 알려져 있다 (Kwun and Yoon, 1994). 토양의 염류농도는 두둑이 높아짐에 따라 점진적으로 증가하여 두둑높이 20 cm에서는 0.24 dS m<sup>-1</sup>이었으나 두둑높이 40 cm에서는 0.43 dS m<sup>-1</sup>로 증가되었다. 토양의 염류농도는 토양수분함량이 감소되면 증가되는 경향을 보이는데 (Ahn et al., 2011), 본 실험에서도 두둑 40 cm에서 토양수분이 다른 처리에 비하여 낮아 염류농도가 높았던 것으로 사료되었다. 질산태질소 함량은 두둑이 높아짐에 따라 뚜렷이 증가되었는데, 이는 토양수분이 감소되어 토양이 산화조건으로 바뀌어 질산태질소 함량이 증가되었다고 사료된다. Ahn et al. (1994)도 벼 재배 후 밭으로 전환하면 토양이 산화상태로 변화되어 질산태질소 함량이 증가한다고 보고하였다. 토양 유기물은 두둑높이에 따라 큰 차이가 나타나지 않았으나 유효인산, 교환성 칼슘은 두둑이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. Ahn et al. (1994)은 논을 밭으로 전환하면 표토 부분에서 염류농도, 인산 및 칼륨함량이 증가한다고 보고한 결과와 대체로 일치하는 결과를 보였다.

**Table 5.** Changes in soil chemical properties with the ridge height.

Treatment	pH (1:5)	EC (1:5, dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )			
						K	Ca	Mg	Na
20 cm	7.2 c <sup>†</sup>	0.24 c	16 a	242 a	35.6 c	0.36 c	5.4 b	2.3 a	0.2 b
30 cm	7.3 b	0.29 b	16 a	209 a	54.2 b	0.41 b	5.5 b	2.2 a	0.2 b
40 cm	7.5 a	0.43 a	15 a	177 b	65.7 a	0.47 a	6.0 a	2.3 a	0.3 a

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

**땅콩 논 재배중 병 발생 정도** 작물의 병 발생은 과습조건, 병원균이 만연, 상처에 의한 감염 등으로 발생하는 것으로 알려져 있으며, 질소비료의 과용, 강한 태풍이나 강우시 도복 등으로 인하여 상처가 발생하여 이를 통한 감염으로 구분된다 (Kim and Cho, 2011). 논 재배 땅콩의 수확기 생리장해 및 병충해 발생정도를 Table 6에 나타내었다. 수확기에 가뭄에 의한 피해는 발생하지 않았으며 도복, 갈반병 (*Cercospora arachidicola*), 흑반병 (*Cercosporidium personatum*), 녹병의 발생은 두둑높이가 높을 수록 발생정도가 낮았다. 이러한 결과는 성숙기부터 지속적인 강우로 인하여 두둑높이가 낮은 곳에서 토양수분 함량이 높은 데 기인하는 것으로 사료되었다.

**Table 6.** Meteorological disturbances and disease occurrence during harvest time with the ridge height.

Treatment	Meteorological disturbances <sup>†</sup>			Disease degree <sup>‡</sup>		
	Lodging (1 - 9)	Drought (0 - 9)	Wet injury (1 - 9)	<i>C. arachidicola</i> (0 - 9)	<i>C. personatum</i> (0 - 9)	Rust (0 - 9)
20 cm	2.3 a <sup>§</sup>	1.0 a	3.7 a	2.3 a	3.0 a	2.3 a
30 cm	1.7 b	1.0 a	1.0 b	1.7 b	2.3 b	1.7 b
40 cm	1.0 b	1.0 a	1.0 b	1.7 b	1.0 c	1.7 b

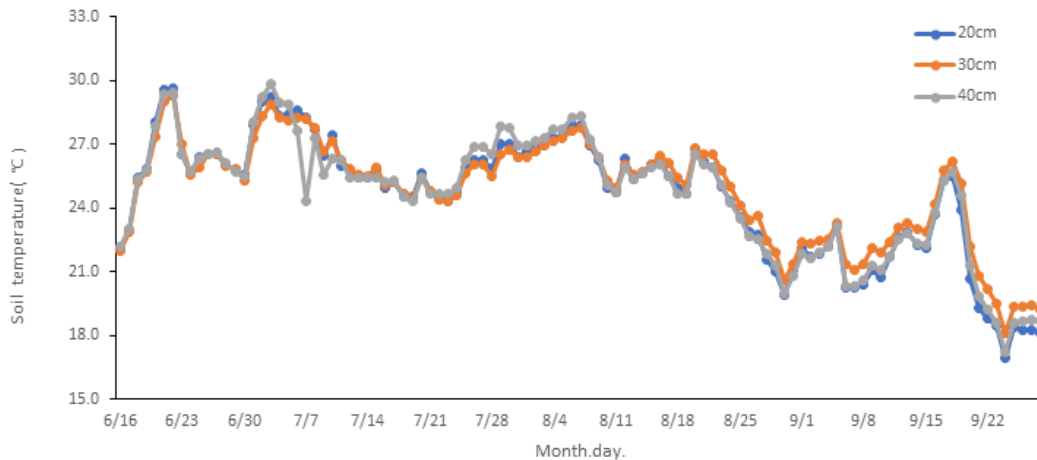
<sup>†</sup> 0, none; 1, under 5%; 3, 10 - 20%; 5, 30 - 40%; 7, 50 - 60%; 9, over 70%.

<sup>‡</sup> 0, none; 1, 0.1 - 10%; 3, 10.1 - 20%; 5, 20.1 - 30%; 7, 30.1 - 50%; 9, over 50.1%.

<sup>§</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.

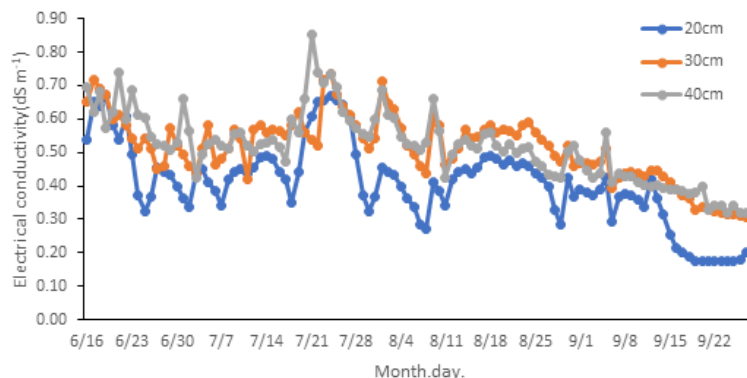
**토양수분, 전기전도도, 토양온도 변화** 땅콩 재배 중 개화기 이후 부터 수확기까지의 표토 10 cm 부근의 토양 수분, 전기전도도, 토양온도를 토양장력센서 (Teros 21 Gen 2, USA)를 이용하여 조사한 결과를 Figs. 2 - 4에 나타내었다.

토양온도 (Fig. 2)는 18.2 - 30°C의 범위를 나타냈으며, 두둑높이간 평균온도는 24.0 - 24.8°C로 두둑높이가 높을수록 높은 경향을 보였다. 두둑높이를 높여 지하수위를 낮추면 땅콩 뿌리부근의 토양수분 함량을 낮출 수 있으며 이는 지온 상승효과를 나타내어 작물이 활착하는데 유리하게 작용할 수 있다 (Hanson et al., 2006)고 보고하였는데 본 연구의 결과도 같은 경향을 나타냈다.



**Fig. 2.** Changes in soil temperature with the ridge height during the peanut growing season.

전기전도도는 0.2 - 1.5  $\text{dS m}^{-1}$ 의 범위로 두둑높이간 평균은 0.39 - 0.53  $\text{dS m}^{-1}$ 으로 두둑높이가 높을수록 높은 경향을 보였다. 두둑높이 20 cm과 30 cm는 0.13  $\text{dS m}^{-1}$ 의 차이를 나타냈으며, 두둑높이 30 cm과 40 cm 간에는 0.01  $\text{dS m}^{-1}$ 로 차이가 거의 나타내지 않았다. Kwun and Yoon (1994)은 보통 토양 EC는 토양수분 함량에 따라 변화되며, 토양수분은 강우조건과 지하수위 조건에 따라 좌우되며, 특히 토양 표토층 (0 - 20 cm)는 강우조건과 상관관계가 높다고 알려져 있다고 보고하였다. 비닐피복 재배시 토양수분 이동은 강우시에는 표토에서 심토로 이동하다가 어느 정도 시기가 지나면 심토에 있는 수분이 표토로 이동한다. 배수가 불량한 농경지에서는 토양수분이 과다하게 되면 토양



**Fig. 3.** Changes in soil electrical conductivity (EC) with the ridge height during the peanut growing season.

공극에 수분이 포화되어 작물에 산소공급이 부족하게 되고 토양환원에 의해 유해물질의 발생 등으로 미생물의 활동이 제한되어 작물에 스트레스를 주게 된다고 알려져 있다 (Gardner et al., 1994).

Fig. 4는 땅콩 재배기간 중의 토양수분 함량의 변화를 조사한 결과이다. 토양수분 함량은 11.3 - 32.2%의 범위로 두둑높이간 평균은 17.4 - 23.2%으로 두둑높이가 높을수록 낮은 경향을 보였으며 토양수분 함량 25% 이상 유지되는 기간이 길어진 일수가 많은 두둑높이 20 cm 처리에서 부패율이 많이 발생하는 결과 (Table 4)를 보였다.

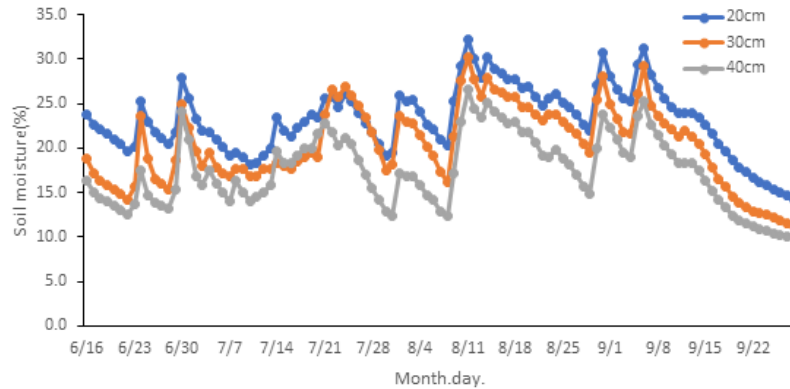


Fig. 4. Changes in soil moisture with the ridge height during the peanut growing season.

**토양물리성 변화** 표토의 용적밀도, 토양경도, 공극율 및 토양 3상의 변화를 Table 7에 나타내었다. 토양경도는 작물 뿌리의 신장에 제한인자가 될 수 있는데, Han et al. (2017)은 논에서 토양경도가 17 mm (4.04 kg cm<sup>2</sup>) 이하면 수량에 별로 영향이 없으나, 18 - 22 mm (4.68 - 8.54 kg cm<sup>2</sup>) 이면 수량을 제한하고, 23 mm (10.0 kg cm<sup>2</sup>) 이상에서는 수량을 낮추고 용적밀도도 높아져서 뿌리신장이 억제되며, 경반층은 지온이 낮아 질소, 인산, 철, 망간 등의 양분의 유효도가 저하되며 작토심이 얇아져 양분의 보유능이 적어진다고 보고하였다. 두둑높이가 높을수록 표토의 용적밀도와 경도는 유의성 있게 낮아지는 경향을 보였으며 공극율은 유의성 있게 높아지는 경향을 보였다. 농경지 토양에서 식물생장을 위한 적절한 수분과 공기함량이 필요한데, 식물뿌리에서 원활한 산소공급을 위해서는 토양내 산소가 10% 이상이어야 한다 (Morales-Olmedo et al., 2015). 일반적으로 토양내 산소는 기상율을 통해 간접적으로 가능하며, 기상율이 15% 이하일 경우 식물 생장에 피해가 발생한다 (FAO, 1995). 본 연구에서 두둑높이가 높아짐에 따라 액상은 감소하고 기상은 증가하는 경향을 나타내었으나 고상은 변화가 적었다. 본 연구의 결과는 Lee et al. (1991)이 두둑이 높을수록 공극율이 유의성 있게 증가되고, 토양경도도 유의성 있게 감소되어 근권부위가 부드러워졌다는 보고와 같은 결과를 나타냈다.

Table 7. Changes in soil physical properties with the ridge height.

Treatment	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Soil hardness (mm)	Porosity (%)	Soil three-phase (%)		
				Solid	Water	Air
20 cm	1.46 a <sup>†</sup>	17.7 a	45.1 b	53.8 a	22.8 a	23.4 b
30 cm	1.43 ab	16.6 ab	46.1 b	53.4 a	21.2 ab	25.4 ab
40 cm	1.34 b	15.1 b	49.4 a	53.4 a	19.4 b	27.2 a

<sup>†</sup> Values within columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 as determined by DMRT.



## Conclusions

논은 밭과 다르게 토양 수분함량이 높으며 지하수위가 높아 밭 작물을 논에 재배할 경우에 뿌리에서의 습해 유발 가능성과 생육기간 중 집중호우에 따른 침수 및 습해로 인한 식물생장이 불량하여 수량 저하의 원인이 되고 있다. 본 연구는 논 재배 땅콩의 두둑높이에 따른 생육, 수량 특성과 토양 물리화학적의 변화를 구명하고자 충청북도 청주시 청원구의 배수가 약간불량인 양토인 논에서 수행하였다. 두둑높이가 높을수록 땅콩의 분지수가 많았고, 땅콩의 부패율은 두둑높이가 높을수록 낮았으며 성숙협 비율, 100립중, 종실중은 두둑높이가 높을수록 높았다. 재배 중 도복과 습해에 의한 피해는 두둑높이가 높아짐에 따라 낮았다. 토양물리화학적 변화는 두둑높이가 높아짐에 따라 토양산도와 전기 전도도는 높아졌으며 용적밀도와 경도는 감소하였고 액상과 기상은 증가하였다. 습해에 의한 피해 경감, 수량 증대 및 토양물리성 개선효과는 두둑높이 40 cm 처리에서 가장 효과가 좋아 논에 땅콩 재배시에 적용하면 안정적인 땅콩 생산이 기대되었다.

## Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업 ‘논 이용 특용작물 (땅콩, 도라지) 안정생산 기술 개발’ (PJ0153472022)의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- Ahn, B.K., K.C. Kim, D.H. Kim, and J.H. Lee. 2011. Effects of soil water potential on the moisture injury of *Rubus coreanus* Miq. and soil properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:168-175.
- Ahn, S.B., T. Motomatsu, and S.E. Lee. 1994. Effects of paddy-upland rotation systems on nutrient balance and distribution in soil profile. Korean J. Soil Sci. Fert. 27:98-104.
- Chae, J.C. 1988. Effect of different underground water table treatments on the growth and yield of soybean varieties in paddy field. RDA J. Agric. Rep. 31:234-242.
- Cho, J.H. 2006. Growth responses of soybean in paddy field depending on soil and cultivation methods. Korean J. Org. Agric. 14:385-397.
- Chung, S.H., H.B. Hwang, J.P. Lee, S.B. Lee, D.W. Choi, and K.H. Kang. 1987. Effect of inundation and its frequency due to flood at the Nakdong river basin on growth and yield in peanut plant. Res. Rep. RDA 29:270-277.
- Evans, R.O., R.W. Skaggs, and R.E. Sneed. 1991. Stress day index models to predict corn and soybean relative yield under high water table conditions. Trans. ASAE 34:1997-2005.
- FAO. 1995. Sustainable dryland cropping in relation to soil productivity. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Gardner, W.K., M.F. Drendel, and G.K. McDonald. 1994. Effects of subsurface drainage, cultivation, and stubble retention on soil porosity and crop growth in a high rainfall area. Aust. J. Exp. Agric. 34:411-418.
- Griffin, J.L. and A.M. Saxton. 1988. Response of solid-seeded soybean to flood irrigation. II. Flood duration. Agron. J. 80:885-888.
- Han, K.W., H.J. Cho, H.R. Cho, H.S. Lee, J.H. Ok, M.J. Seo, K.G. Jung, Y.S. Zhang, and Y.H. Seo. 2017. Effects of alternative crops cultivation on soil physico-chemical characteristics and crop yield in paddy fields. Korean J. Environ. Agric. 36:67-72.

- Hanson, B.R., S.R. Grattan, and A. Fulton. 2006. Agricultural salinity and drainage. University of California, Davis, USA.
- Jung, K.Y., E.S. Yun, C.Y. Park, J.B. Hwang, Y.D. Choi, and K.D. Park. 2011. Stress day index to predict soybean yield response by subsurface drainage in poorly drained sloping paddy fields. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:702-708.
- Kim, C.B., S.H. Lee, J.T. Yoon, and T. Kim. 1999. Influence of submersion by heavy rain on growth, yield and quality of peanut plant cultivated in Nakdong riverside. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6:292-296.
- Kim, H.J. and Y.S. Cho. 2011. Characteristics of rhizome rot incidence of *Platycodon grandiflorus* by ridge width and depth and cultivation period in the seeding place. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 19:246-250.
- Kim, H.W., Y.W. Kim, and K.S. Kim. 1989. Effects of water-logging on the chemical properties, microflora and biomass in continuous cropping of cucumber soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 22:146-155.
- Kim, Y.W. and J.H. Cho. 2005. Growth analysis of soybean depending on cultivating method in paddy field. *Korean J. Plant Res.* 18:22-31.
- Kwun, S.K. and K.S. Yoon. 1994. Variational characteristics of water table and soil moisture in paddy-up and rotational fields. *J. Korean Soc. Agric. Eng.* 36:123-131.
- Lee, I.H., C.S. Park, K.J. Song, and S.K. Hong. 1991. Effect of bed height on ginseng growth and soil physical properties. *Korean J. Ginseng Sci.* 15:197-199.
- Lee, K.S., K.H. Jung, S.W. Lee, J. Jung, and B.H. Kang. 2021. Changes in ridge height and maize growth with various conservation treatments affected by rainfall characteristics in Saemangeum reclaimed land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 54:567-577.
- Lee, S.W., J.M. Park, G.S. Kim, K.C. Park, J.B. Jang, S.H. Lee, S.W. Kang, and S.W. Cha. 2012. Comparison of growth characteristics and ginsenosides content of 6-year-old ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) by drainage class in paddy field. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20:177-183.
- Lee, S.W., G.S. Kim, B.Y. Yeon, D.Y. Hyun, Y.B. Kim, S.W. Kang, and Y.C. Kim. 2009. Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents by drainage classes and varieties in 3-year-old ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 17:346-351.
- Lee, S.W., K.C. Park, S.H. Lee, I.B. Jang, K.H. Park, M.L. Kim, J.M. Park, and K.H. Kim. 2014. Effect of ferric and ferrous iron irrigation on brown-colored symptom of leaf in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 22:32-37.
- Lee, S.W., K.C. Park, S.H. Lee, J.M. Park, I.B. Jang, and K.H. Kim. 2013. Soil chemical property and leaf mineral nutrient of ginseng cultivated in paddy field occurring leaf discoloration. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 21:289-295.
- Lee, S.W., S.H. Lee, I.B. Jang, J.M. Lan, K.H. Park, and K.H. Kim. 2015. Effect of ridge height on growth characteristics and yield of 6 year old *Panax ginseng* in cultivation of paddy soil. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 23:351-356.
- Lim, J.S., K.C. Park, and J. Eo. 2014. Chemical and biological properties of soils converted from paddies and uplands to organic ginseng farming system in Sangju region. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 47:500-505.
- MAFRA. 2021. Key statistics for agriculture, forestry and livestock food. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- Miller, W.P. and D.M. Miller. 1987. A micro-pipette method for soil mechanical analysis. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18:1-15.
- Morales-Olmedo, M., M. Ortiz, and G. Sellés. 2015. Effects of transient soil waterlogging and its importance for root-stock selection. *Chilean J. Agric. Res.* 75:45-56.
- NIAST. 2010. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NIAST. 2017. Fertilizer recommendation for crops. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

- Oh, Y.Y., S.H. Lee, J. Jung, J.C. Ko, W.Y. Choi, J.H. Jeong, S. Kim, J.H. Ryu, Y.J. Kim, H.S. Bae, S.H. Lee, J.H. Kim, K.Y. Kim, Y.D. Kim, and S.L. Kim. 2016. Change of soil properties and crop productivity by paddy-upland rotation in newly reclaimed tidal land. *J. Korean Soc. Int. Agric.* 28(3):390-396.
- Plamenac, N. 1988. Effects of subsurface drainage on heavy hydromorphic soil in the Nelindvor area, Yugoslavia. *Agric. Water Manage.* 14:19-27.
- RDA. 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- SAS. 2006. Version 9.1.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scott, H.D., J. DeAngulo, M.B. Deniels, and L.S. Wood. 1989. Flood duration effects on soybean growth and yield. *Agron. J.* 81:631-636.
- Sohn, Y.M., G.Y. Jeon, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009. Effect of soil salinity and flooding on plant growth and yield of rape-castor bean cropping system in the newly reclaimed tidal land of western seaside of Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:355-363.
- Yun, E.S., K.Y. Jung, K.D. Park, J.Y. Ko, J.S. Lee, and S.T. Park. 2009. Changes in the soil physical properties of vineyard converted from paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:145-151.