

토양수분이 돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.)의 토양환경과 수량에 미치는 영향

양철종¹ · 한상준² · 장광진^{3*}

¹영신농장, ²한국방송통신대학교 농업생명과학과, ³한국농수산대학 특용작물학과

Effects of Soil Water on Soil Environment and Yield of *Helianthus tuberosus*

C. J. Yang¹, S. J. Han², and K. J. Chang^{3*}

¹Youngsin Farm jojong-myeon gapyeong-gun Gyeonggi-do, Korea

²Korea National Open University Dept of Agricultural Biology(03087) 86, Jongno-gu, Seoul, Korea

³Korea National College of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54874, Korea

Abstract

This study aimed to determine the effect of organic matter content and water condition in soil on yield and sugar content of two varieties of *Helianthus tuberosus*. The plants were grown with high and low organic soil either under irrigation or no irrigation.

In result, the yield of *Helianthus tuberosus* was higher about 7kg in soil with high organic matter than in soil with low organic matter, while it was higher about 11kg under the irrigation than under no irrigation. The yield of white variety was higher about 9kg than that of purple variety. Under the irrigation, a 12kg and 9kg of higher yields were observed in the soil with high and low organic matter content, respectively, than under no irrigation.

Key Words : *Helianthus tuberosus*, Soil water, Soil environment, Irrigation.

*교신저자 : 한국농수산대학, chang@af.ac.kr

I. 서론

국화와 식물의 돼지감자는 북미가 원산지이며 여러해살이식물로서 우리나라 전역에 자생하고 있다. 돼지감자의 주성분은 이눌린으로 과당의 중합체로 존재하며 건조 중량 65-70%를 차지하고 있다.

돼지감자는 아메리카 인디언에게 Askipaw 또는 Skibwan으로 불리며 재배되었다고 알려져 있으며, 날것이란 의미를 갖고 있고 날것 그대로 이용되었다(이영노, 2002; 이창복, 2002; Kosaric et al., 2010). 유럽에서는 17세기 초 지중해 연안 지역에서 재배되기 시작하였고 프랑스에서는 1938년 15만 ha 규모로 재배 되었다는 기록이 남아있다(Kosaric et al., 2010). 돼지감자는 거친 토양 및 온도에 영향을 크게 받지 않고 월동이 가능하다.

돼지감자의 다른 이름은 국우(菊芋)로 장백산 서남파 야생경제식물지(長白山西南坡野生經濟植物誌), 길림성 약용 식물명록(吉林省藥用植物名錄) 기록되었고, 미국감자, 당노 고구마, 캐나다감자, 토픽넘버, 국화감자, 돼지사료용 감자, 독감자, 똥딴지 등으로 불린다.

돼지감자는 아메리칸 인디언의 전통 음식으로 사용 되었고 미국 오스트레일리아 등에서도 재배되고 온도의 감응성이 매우 낮으며 매마른 땅과 비옥지를 가리지 않는 식물이다(Kosaric et al., 2010).

국내에서도 1981년부터 돼지감자 이용가능성에 대한 여러 연구 및 알코올생산과 돼지감자의 특성에 관한 연구가 이루어졌다(Jeiser Jr, 1976; Kosaric et al., 2010; Lee, 1978). 그러나 돼지감자는 재배 현황에 대한 통계가 없다.

재배현황을 파악하기 위하여 돼지감자를 판매 및 유통하는 온라인 등록된 곳을 중심으로 확인한 결과 전국적으로 재배가 이루어지고 있을 것으로 보인다. 각 지역마다 재배농가와 유통 업체를

통해 야생상태에서 수확 유통되고 있으며 특별히 재배법이 고시되어 있지 않다.

현재 돼지감자 생산, 수확시기 및 저장온도에 따른 돼지감자의 가용성당 조성변화에 대한 연구들과 돼지감자 수집클론의 우리나라 환경 적응성 연구가 진행되었다(강 등, 1993; 임, 1983; Choi et al., 1984).

본 연구는 지금까지 진행되어온 연구들을 참고하여 우선 생육시기의 관수와 무관수 조건에서의 돼지감자의 토양 환경 및 수량 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시했다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 환경의 변화

본 실험은 농장 내의 유기물함량이 높은 토양(OMH)과 유기물함량이 낮은 토양(OML)을 실험구로 선정하여 난괴법으로 배치하였다. 유기물이 높은 토양의 양분 함량은 다음과 같다. pH 6.5, 유기물 27g/kg, 유효인산 667mg/kg, 칼륨 0.58cmol⁺/kg, 칼슘 8.1cmol⁺/kg, 마그네슘 1.6cmol⁺/kg, 전기전도도 0.5dS/m, 이며, 유기물이 적은토양의 양분함량은 pH 5.2, 유기물 17g/kg, 유효인산 353mg/kg, 칼륨 0.13cmol⁺/kg, 칼슘 6.4cmol⁺/kg, 마그네슘 1.2cmol⁺/kg, 전기전도도 0.8 dS/m로 확인되었다(Table. 1).

관수 처리를 위하여 점적관수호스를 이랑 중앙에 설치하고 점적거리는 15cm로 설치하였다. 관수처리에 대한 무관수 처리에 영향을 줄이기 위하여 이랑변경으로 관수와 무관수를 교차로 설치하였다. 일조량의 영향을 줄이기 위하여 유기물이 높은 토양처리는 동에서 서쪽으로 이랑을 만들고, 유기물이 적은 토양처리는 북남으로 이랑 폭 40cm, 높이 30cm로 두둑을 만들었다. 잡초와

일시강우영향을 줄이기 위해 검은색 비닐(두께 0.015mm, 폭 120cm)로 관리기를 이용 피복하고 골에도 비닐 피복하여 외부의 영향을 최소화 하였다.

토양의 pH, 지온, 수분함량, 토양전기전도도(EC)는 Multi-Function Soil Moisture Meter (HMM-200) 를 이용하여 측정하였다.

Table 1. Chemical properties of soil in the experimental field before and after cultivation

Soil	Order	pH	OM	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺	M ⁺	EC
OMH	before	6.5	27	667	0.58	8.1	1.6	0.5
	after	6.9	27	320	1.66	5.0	1.3	0.6
OML	before	5.2	17	353	0.13	6.4	1.2	0.8
	after	6.3	16	265	0.2	6.0	1.0	0.2

2. 돼지감자의 수량

정식 방법은 각 토양에서 생산된 구근(60g)과 모종으로 5월 4일 모종과 구근을 정식하였다. 모종은 지상부 10cm, 지하부 15cm 이상의 우량한 모종으로 선발하여 25cm 간격으로 정식하였다. 구근 정식은 1개당 무게 60±5g로 하여 정식간격 25cm로 파종기를 사용하였다. 모종정식 실험의 무관수 처리구간을 뿌리 활착을 위하여 정식한 후 2일부터 14일간 오전 10시부터 오후 3까지 1일 5시간으로 하여 1점적 당 6L 공급하였다. 자색과 백색으로 구분하고 관수처리와 무관수 처리를 모종과 구근으로 구분하였다. 모종을 활착 시킨 이후 관수처리구에 관수하였다(0.5마력의 모터). 관수시간은 오전 10시, 오후 3시, 오후 7시 각 1시간 타이머를 이용하여 점적관수를 하였다(1점적 1일 3.6L). 수확은 정식(5월4일)한 후 7개월과 10개월 2회로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 재배토양의 물리 화학적 특성

가. 토양 pH

유기물이 높은 토양의 관수처리와 무관수 처리 사이의 토양 pH를 정식한 후 생육기간 중에 4개월부터 5개월까지 오후 2시에 시작하였고, 유기물이 적은 토양의 처리는 오후 2시 30분을 종료 기준으로 하여 측정하였다(Table 2, Fig. 1).

pH는 7인 중성보다 값이 작으면 산성, 크면 알칼리성이다. 관수 처리한 구에서는 무관수 처리한 구보다 토양 pH가 낮았으며 유기물이 적은 토양에서 높은 구보다 낮았다. 토양 pH는 토양 양분의 성질이나 행동, 토양 미생물의 활동과 돼지감자의 생육에 크게 영향을 준다.

Table 2. The pH values of soil in the experimental field under irrigation or no irrigation

pH	Irrigation		No irrigation	
	OML	OMH	OML	OMH
Average	5.83	6.45	7.32	7.41
Minimum value	4.70	4.80	5.10	5.90
Maximum value	7.00	7.80	8.30	8.20

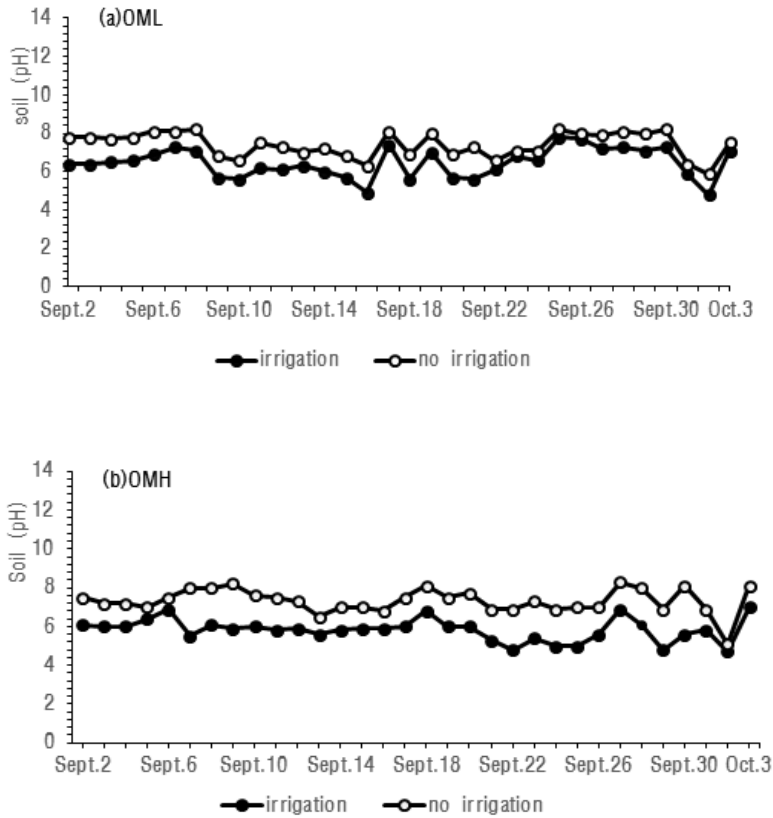


Fig. 1. Daily pH changes of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

나. 지온
유기물이 높은 토양 관수처리와 무관수 처리사

이의 지온측정은 정식한 후 생육기간 내의 4개월
부터 5개월까지 오후 2시에 시작하고, 유기물이

낮은 토양의 관수 처리와 무관수 처리는 오후 2시 30분을 종료기준으로 지온을 측정하였다 (Table 3, Fig. 2).

관수 처리한 구에서는 무관수 처리한 구보다

지온의 차이가 적었다. 지온은 토양 양분의 성질이나 행동, 토양 미생물의 활동에 크게 영향을 주는데 고온기에 돼지감자의 생육을 안정적으로 유도 할 가능성이 크다.

Table 3. The temperature of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

Temperature	Irrigation		No irrigation	
	OML	OMH	OML	OMH
Average	18.17	18.21	18.41	18.22
Minimum value	14.20	14.20	14.30	14.20
Maximum value	22.30	20.40	26.90	22.50

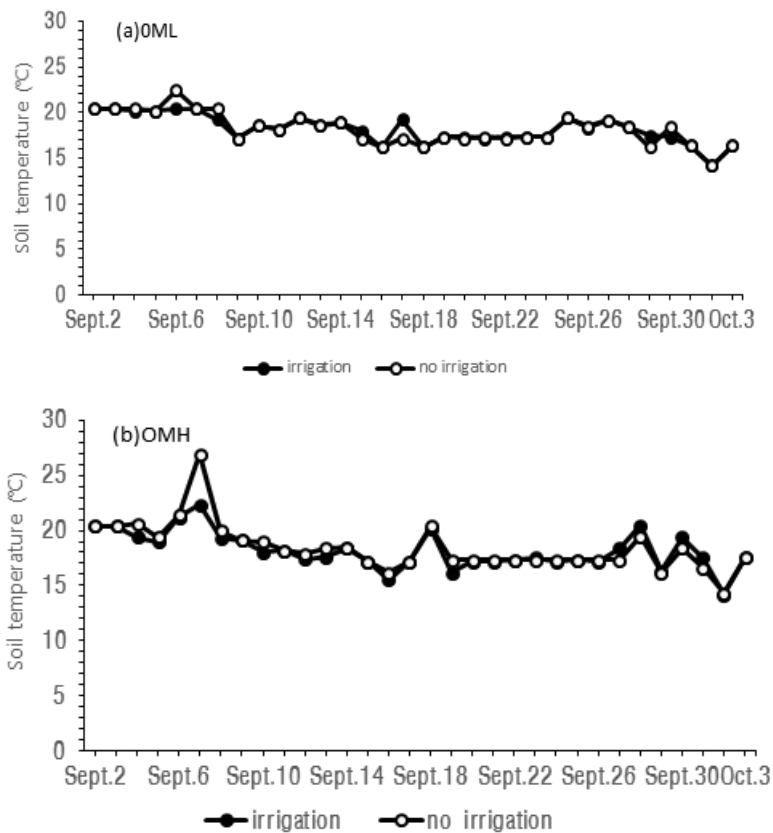


Fig. 2. Daily temperature changes of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

다. 수분함량

유기물이 높은 토양의 관수처리와 무관수 처리 사이의 토양 수분함량(%)조사를 정식한 후 생육 기간 내 4개월부터 5개월까지 오후 2시에 시작하고, 유기물 함량이 낮은 토양의 관수처리와 무처리를 오후 2시 30분을 종료 기준으로 하여 측정하였다(Table 4, Fig. 3).

토양의 수분함량이 증가하면서 토양수분퍼텐셜과 매트릭퍼텐셜이 높아지며 5~10%의 범위에서 변화가 크게 나타난다. 보통의 경우 뿌리의 수분퍼텐셜 -0.5MPa 이며, 잎은 $-0.2\sim -0.8\text{MPa}$ 정도며 -1.5MPa 이하가 되면 생장이 정지되고 $-2.0\sim -3.0\text{MPa}$ 이하의 상태가 되면 회복하지 못하고 고사된다.(문 등, 2013)

식물종류에 따라 빛의 요구량과 수분의 요구량이 다르게 나타난다. 호박의 요구량은 839g, 감자의 요구량 636g, 밀의 요구량 513g이다. 이는 요구량이 적은 식물들은 내건성이 강하고 토양수분 이용효율이 좋으며, 요구량이 높은 호박 채소류 등에서 수분의 필요가 강조되는 것이다. 요구량과 일장에 의한 광합성에 따라 탄수화물 축적도가 다르게 나타난다. 감자의 소스와 싱크가 보여주듯 소스(잎), 싱크(괴경) 연결 통로인 물관부에서 체관부로 이동하여 괴경에 각종 탄수화물과 기타산물들이 조직 액포에 저장하는 것이다(문 등, 2013).

돼지감자에 있어서도 토양의 수분 유지는 매우 중요한 환경요인이다. 토양에 흡착된 수소이온과 모관수 상태에서 물을 흡수하며 이온화된 양분을 식물체로 이동시킨다.

라. 토양전기전도도 (EC)

유기물 함량이 높은 토양의 관수처리와 무관수 처리사이의 토양 EC를 정식한 후 4개월부터 5개월까지 오후 2시에 시작하고, 유기물 함량이 적은 토양의 관수처리와 무 처리를 오후 2시 30분을 종료 기준으로 하여 Multi-Function Soil

Moisture Meter(HMM-200) 측정하였다(Table 5, Fig. 4).

관수가 토양의 염류농도에 미치는 영향을 살펴 보면 관수처리구가 무관수처리구 보다 토양전기전도도 (EC)가 높게 유지되었다. 특히, 관수처리구 중 유기물함량이 높은 토양(OMH)이 유기물함량이 낮은 토양(OML)보다 변화의 폭이 크게 나타났다. 이것은 토양 수분이 유기물을 발효시키는데 영향을 미친 것으로 사료된다.

2. 돼지감자의 수량

가. 관수처리와 무관수 처리의 수량

관수처리와 무처리의 돼지감자를 정식 7개월 후에 수확한 수량을 비교에서 관수처리 $26\pm 1\text{kg}$ 으로 무처리의 $15\pm 1\text{kg}$ 의 수량을 보여 관수처리 대한 유의성을 나타내었다(Fig. 5(a)).

토양 수분 및 지온이 마늘의 생산과 구형성에 미치는 영향 편에 5월경 관수하여 토양 수분을 증가시킬 때 엽초장과 구근 비대가 되었다는 발표가 있다(문, 2005). 감자의 경우 토양수분이 부족하게 되면 생육이 저하되며 품질이 수량과 품질이 현저하게 감소한다는 발표가 있다(김, 1993). 본연구와 비교해서 토양의 수분이 관수처리후의 수량이 두드러진 수량 증가를 확인 할 수 있었다.

유기물 함량이 높은 토양과 낮은 토양사이의 돼지감자를 정식한 후 7개월에 수확하여 수량비교에서 유기물 함량이 높은 토양 처리의 수량, $24\pm 1\text{kg}$ 으로 함량이 낮은 토양, $17\pm 1\text{kg}$ 으로 유기물이 높은 토양에서 수량 증가를 확인 하였다(Fig. 5(b)).

본 실험에서 건물 형성과정과 건물 및 당 생산에 관한연구에서 유기물 함량에 대한 반응이 매우 크다는 연구와 유사하게 나타났다(임, 1983, 1997).

Table 4. The moisture content of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

Moisture content	Irrigation		No irrigation	
	OML	OMH	OML	OMH
Average	13.71	11.61	4.46	5.05
Minimum value	7.20	6.00	3.20	2.80
Maximum value	29.60	14.80	7.20	11.60

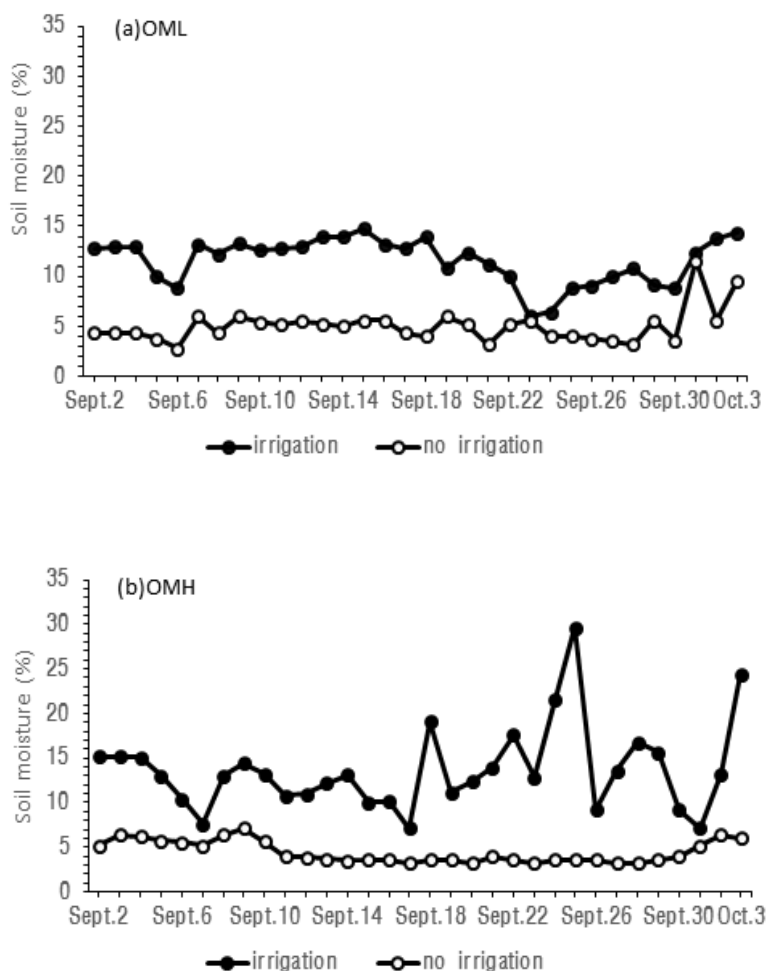
**Fig. 3. Daily moisture content change of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation**

Table 5. The EC values of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

EC	Irrigation		No irrigation	
	OML	OMH	OML	OMH
Average	0.10	0.08	0.026	0.02
Minimum value	0.03	0.03	0.001	0.01
Maximum value	0.28	0.23	0.16	0.22

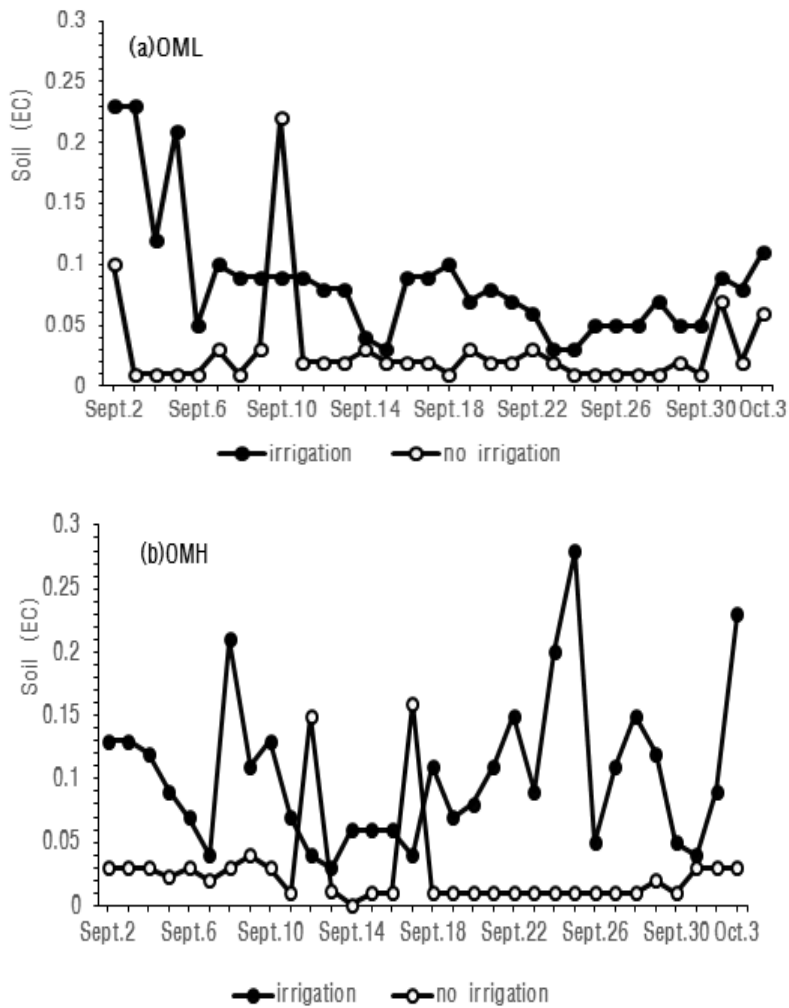


Fig. 4. Daily EC changes of soil in high organic matter (OMH) and low organic matter (OML) either under irrigation or no irrigation

정식한 후 7개월에 수확한 처리방법에 따른 모종정식처리의 수량이 $24 \pm 1\text{kg}$ 이며 구근정식처리가 $17 \pm 1\text{kg}$ 으로 모종정식처리에서 높은 수량이 관측 되었다(Fig. 5(c)).

나. 백색종과 자색종의 수량

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자의 백색종과 자색종의 수량비교에서 백색종 $25 \pm 1\text{kg}$ 이고

자색종 $16 \pm 1\text{kg}$ 으로 백색종에서 수량이 증가한 것을 확인하였다(Fig. 5(d)).

치커리 및 돼지감자의 Inulin을 이용한 기능성 신소재 개발에서의 실험에서 백색종의 수량이 높은 것으로 1998년 과학기술부에 보고되었으며 본 실험에서도 유사한 결과를 확인하였다(과학기술부, 1998).

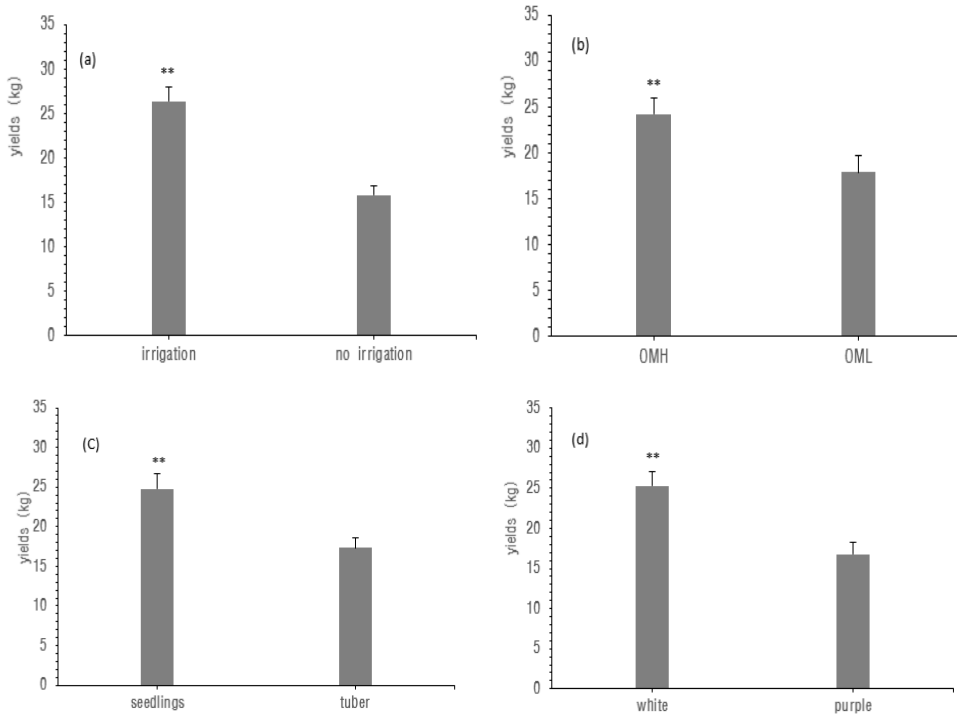


Fig. 5. Yields of white and purple varieties (d) of Jerusalem artichoke grown either from seedlings or tuber (c) with the soil in high organic matter (OMH) or low organic matter (OML) (b) under irrigation or no irrigation (a)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

다. 유기물에 따른 관수처리와 무관수의 수량
정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물 함량이 높은 토양 안에서의 관수처리와 무 처리사이의 수량비교에서 관수처리에서 $30\text{kg} \pm 1\text{kg}$

이고 무 관수처리에서 $18\text{kg} \pm 1\text{kg}$ 으로 관수처리에서 수량증가가 나타났다(Fig. 6(a)).

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물 함량이 높은 토양의 모종과 구근처리사이의

비교수량은 모종처리에서 $28\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 이고 구근처리에서 $20\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 으로 모종처리에서 수량증가를 확인하였다(Fig. 6(b)).

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물

함량이 높은 토양의 백색종과 자색종 사이에 수량은 백색종 $27\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 이고 자색종 $20\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 으로 백색종 정식처리에서 수량증가를 확인하였다(Fig. 6(c)).

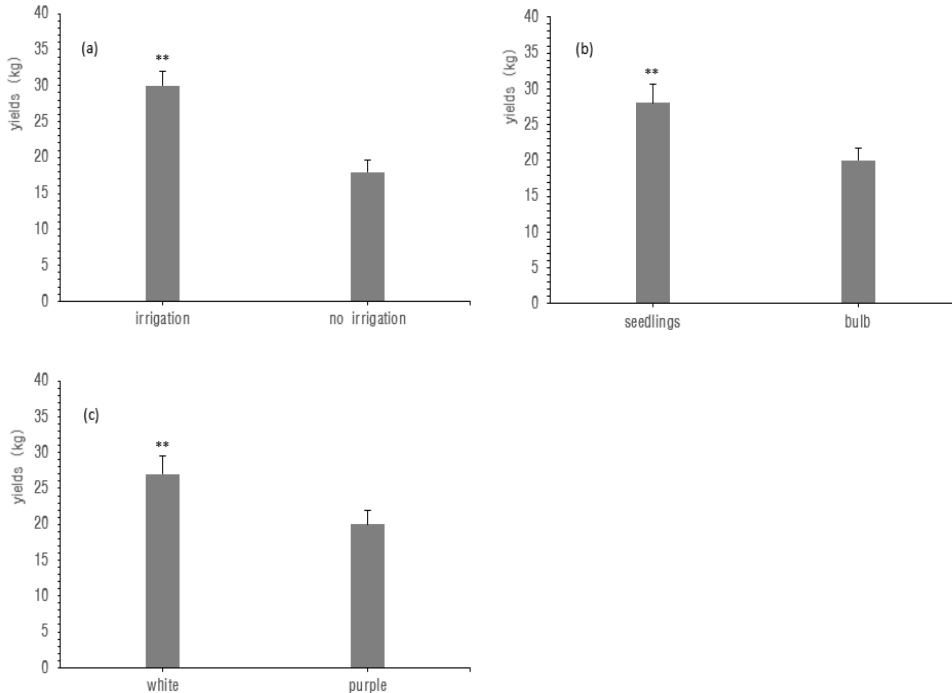


Fig. 6. Yields of white and purple varieties (c) of Jerusalem artichoke grown either from seedlings or tuber (b) with the soil in high organic matter (OMH) under irrigation or no irrigation (a)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물 함량이 적은 토양의 관수와 무관수 사이의 비교수량은 관수처리에서 $22\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 이고, 무 관수에서 $13\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 으로 관수 처리에서 수량증가를 확인하였다(Fig. 8(a)).

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물 함량이 적은 토양의 모종과 구근처리사이의 수량 비교에서 모종처리 $21\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 이고 구근에서

$14\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 으로 모종처리에서 수량 증가를 확인하였다(Fig. 8(b)).

정식한 후 7개월에 수확한 돼지감자에서 유기물 함량이 적은 토양의 백색종과 자색종 처리사이의 수량은 백색종에서 $22\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 이고 자색종에서 $13\text{kg}\pm 1\text{kg}$ 으로 백색종에서 수량이 증가한 것을 확인하였다(Fig. 8(c)).

본 실험 결과를 요약하면 수량은 모종, 관수,



Fig. 7. An image of a purple variety of *Helianthus tuberosus* grown for 51 days after transplant under the soil in low organic material

백색종, 유기물이 높은 토양에서 유의미한 증가를 확인 하였다.

토양수분 함량과 식물체 탄수화물 축적은 밀접한 관계에 있다. 토양은 음전하를 띠며 양이온인 수소이온과 교환을 이루어 뿌리가 양분 흡수를 가능하게 한다. 토양수분이 과도하게 적을 때 이온의 이동이 정지되고 삼투압에 의한 수분의 제한으로 호흡을 할 수 없어 위조가 나타난다(문 등, 2013).

토양수분의 용해성과 무기유기물의 미생물에 의한 이온화된 양분은 토양을 통해 부착 응집하여 식물체의 뿌리에 집적된다. 양분은 세포들 삼투압 영향으로 줄기를 통해 잎으로 이동하게 되며 토양수분은 생존에 필요한 에너지를 만들며 탄수화물을 축적하는데 필수적 요인으로 돼지감자의 수량 증대에 기여하는 것으로 나타났다.

IV. 적요

본 실험은 토양 수분이 토양 환경을 개선하고 유기물이 높은 토양과 유기물이 낮은 토양에서의 돼지감자(*Jerusalem artichoke*) 관수 처리와 무처리 및 백색종과 자색종에서 모종과 구근의 정식 형태에 따른 수량차이를 확인 하였다.

1. 돼지감자의 유기물 함량이 높은 토양과 유기물 함량이 낮은 토양의 수량비교는 유기물 함량이 높은 토양에서 증가를 확인하였다. 관수처리와 무관수 처리사이의 비교수량에서 관수처리에서 증가를 확인하였다. 모종정식과 구근정식사이의 수량비교에서 모종정식 처리에서 수량증가를 확인한 유의성을 나타내었다. 백색종과 자색종의

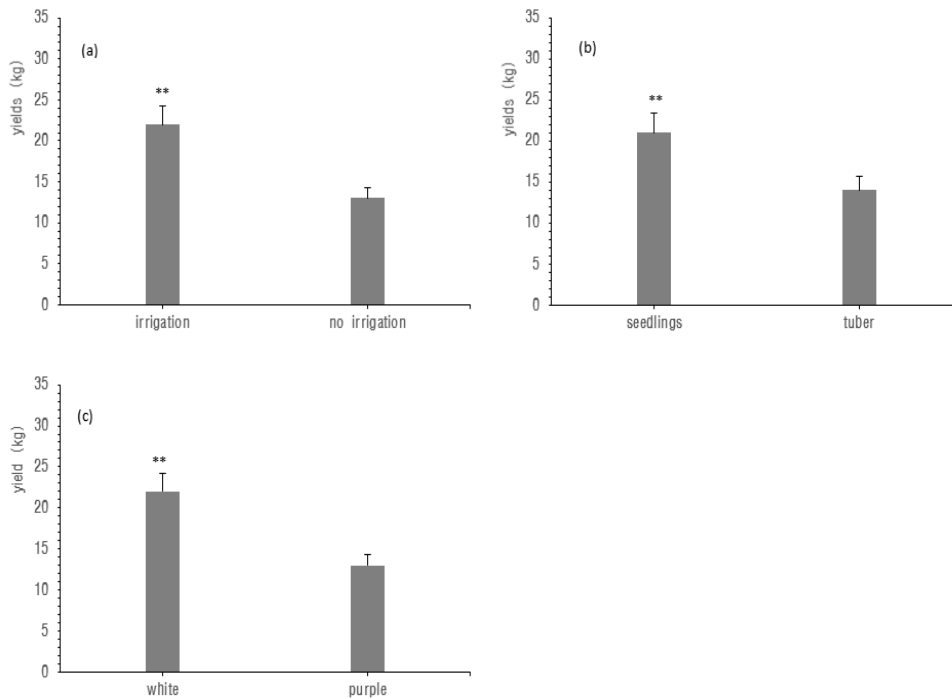


Fig. 8. Yields of white and purple varieties (c) of Jerusalem artichoke grown either from seedlings or tuber (b) with the soil in low organic matter (OML) under irrigation or no irrigation (a) ** $p < 0.01$

수량비교에서 백색종에서 수량 증가를 확인하였다.

2. 유기물 함량이 높은 토양에서의 관수와 무관수 사이의 수량비교는 관수처리에서 높은 수량을 확인하였다. 모종과 구근의 비교수량은 모종정식에서 수량이 증가하였다. 백색종과 자색종 사이의 비교수량에서 백색종에서 수량이 증가하였다.

3. 유기물 함량이 낮은 토양 안에서의 관수처리와 무 처리사이의 비교수량은 관수 처리에서 수량이 증가하였다. 모종과 구근정식사이의 비교수량은 모종정식에서 수량이 증가한 유의성을 나타내었다. 백색종과 자색종 정식사이의 비교 수량은 백색종 정식에서 수량이 증가하였다.

V. 참고문헌

1. 강수일, 한종인, 김경연, 오선진, 김수일 (1993). 수확시기 및 저장온도에 따른 돼지감자 괴경의 가용성당 조성변화. J. Korean Agric. Chem. Soc : 36(4) 1, 304-309.
2. 김승열. (1993). 감자재배와 土壤水分. 한국생물환경조절학회: 시설원예연구, 6(1), 31-38.
3. 김하늘, 유석영, 윤원병, 장선민, 장용진, 이옥환. (2014). 열풍 건조한 돼지감자 분말의 영양성분 및 이화학적 특성 분석. 한국식품과학회지: 73-78.
- 4 과학기술부 연구보고서. (1998). 치커리 및 돼지감자의 Inulin을 이용한 기능성 신소재 개

- 발. 174-195
5. 문원. (2005). 토양 수분 및 지온이 마늘의 생육과 구형성에 미치는 영향. 방송통신대학교 논문집 449-458
 6. 문원, 유덕준. (2013). 재배식물 생리학. 62-145, 196-214. 서울: 한국 방송통신대학교.
 7. 이홍락. (2006). 대학 분석 화학. 431-432.
 8. 이종순. (2006). 기초 생화학. 77-85. 서울: 대학서림.
 9. 이영노. (2002). 원색한국식물도감. 서울: 교학사.
 10. 이창복. (2002). 원색대한식물도감. 서울: 향문사.
 11. 임근발. (1983) Study on the Process of Dry Matter Formation and Evaluation on the Dry Matter and Sugar Production of Jerusalem Artichoke (*Helianthus thberosus* L.) 서울대학교 석사학위 청구논문.
 12. 임근발. (1997). 돼지감자 수집클론의 우리나라 환경 적응성. 한국농학회지: 17(3):305-314.
 13. Abrams, S., Griffin, I., Hawthorne, K., Liang, L., Gunn, S., Darlington, G., and Ellis, K. (2005). "A combination of prebiotic short-and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents". *Am J Clin Nutr.* 82 (2): 471-6.
 14. Boeckner, L. S., Schnepfl & Tunglund, BC (2001). "Inulin: a review of nutritional and health implications.". *Advances in Food and Nutrition Research.* 43: 1-63.
 15. Choi, W. S., Choe Y. K., Kim, S. I., and Byun, S. M. (1984) Production of inulase using jerusalem artichoke tuber extract. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 27: 238-244.
 16. Coudray, C., Demigné, C., and Rayssiguier, Y. (2003). "Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans". *J Nutr.* 133 (1): 1-4.
 17. Jeiser Jr, C. B. (1976). Sunflowers. *In evolution of crop plants.* N.W. Simmonds edit. p.37. Longman(London and Newyork) Press.
 18. Kalyani Nair, Kharb, K., Suman, and Thompkinson, D. K. (2010). "Inulin Dietary Fiber with Functional and Health Attributes—A Review". *Food Reviews International.* 26 (2): 189-203.
 19. Kosaric, N, A., Wieczorek, G. P., Cosentino and Z. Duvnjak. (1985). Industrial processing and products from the jerusalem artichoke. *Advances in biochemical engineering,* Springer Velag.
 20. Kosaric, N, G. P., Cosentino, A. Wieczorek & z. Duvnik (1984). The Jerusalem artichoke as an agricultural crop. *Biomass;* 5: 1-36.
 21. Lee, C. C. (1978) Jerusalem artichoke—A Potential sofar crop for food and energy supplies. *Ms thesis,* Kansas State University.