Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2018;37(2):73-78. Korean
Published online 2018 April 30. https://doi.org/10.5338/KJEA.2018.37.2.11

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

# 새만금간척지에서 뚱딴지(*Helianthus tuberosus* L.) 재배시 염류 특성 변화 및 적정 자원 선발

오양열[1*], 이정태[1], 홍하철[2], 김재현[3], 서우덕[1], 김선[1], 류진희[1], 이수환[1], 김영주[4]

[1]농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과, [2]농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과,
[3]농촌진흥청 국립식량과학원 기술지원과, [4]전주비전대학교 지적토목학과

## The Selection of Proper Resource and Change of Salinity in *Helianthus tuberosus* L. Cultivated in Saemangeum Reclaimed Tidal Land

Yang-Yeol Oh[1], Jung-Tae Lee[1], Ha-Cheol Hong[2], Jae-Hyun Kim[3], Woo-Duck Seo[1], Sun Kim[1], Jin-Hee Ryu[1], Su-Hwan Lee[1] and Young-Joo Kim[2] ([1]Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea, [2]Division of Crop Post-harvest Technology Research, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea, [3]Division of Technology Transter, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea, [4]Department of cadastre & Civil engineering, Vision College of Jeonju, Jeonju 55069, Korea)

Received: 21 March 2018/ Revised: 11 April 2018/ Accepted: 23 April 2018


ORCID
Yang-Yeol Oh
http://orcid.org/0000-0002-7471-0406

## Abstract

**BACKGROUND:** Soil salinity of reclaimed tidal land in Korea is highly important factor. High salinity is harmful to crop productivity. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is known to be salt-tolerant and has high adaptability to diverse pedo-climatic conditions. The objective of this study was to assess the changes of soil properties and crop productivity according to salt concentration in the reclaimed tidal lands.

**METHODS AND RESULTS:** Experimental sites were selected at Saemangeum (35°46'N, 126°37'E) reclaimed tidal land, and their dominant soil series were Munpo (coarse loamy, mixed, non-acid, mesic, typic Fluvaquents). *H. tuberosus* L were collected from 12 locations across Korea. Tubers were planted at 75×25 cm with EC 2 to 7 dS $m^{-1}$. Soil samples were periodically collected from both 0~20 cm and 20~40 cm depths of each site. Soil salinity and soil moisture contents were varied depending on weather conditions. Soil electrical conductivity varied from 1.0 to 5.9 dS $m^{-1}$, and soil moisture contents varied from 9.2 to 28.7%. The white-colored tubers of *H. tuberosus* L. collected from `Yeongwol-gun'exhibited the highest height (207 cm), followed by the white-colored tubers of *H. tuberosus* L. collected from'Iksan-si'(202 cm). The white-colored tubers of *H. tuberosus* L. collected from 'GyeongJu-si'showed the highest yield (549 kg/10a). The purple-colored tubers of *H. tuberosus* L. collected from 'Yeongwol-gun'showed the highest yield (615 kg/10a).

**CONCLUSION:** Our results indicate that the plant height and tuber yield did not appear to be correlated. Considering yield and inulin content, the GyeongJu-si seemed to be suitable as the white-colored tubers of *H. tuberosus* L. and the Yeongwol-gun seemed to be suitable as the purple-colored tubers of *H. tuberosus* L. in the reclaimed tidal lands. However, it is necessary to consider the relationship between the inulin content and the yield.

*Corresponding author: Yang yeol Oh
Phone: +82-63-238-5317; Fax: +82-63-238-5305;
E-mail: nubira7777@korea.kr

**Key words:** *Helianthus tuberosus* L, Inulin content, Soil EC, Soil moisuture, Plant height

Table 1. List of *H. tuberosus* L. collected from 12 regions in Korea

| Assess number | Collecting place | Tuber color | Systemic name |
|---|---|---|---|
| 1 | Haenam-gun | White | WH1 |
| 2 | SangJu-si | Purple | PS1 |
| 3 | GyeongJu-si | White | WG1 |
| 4 | GyeongJu-si | Purple | PG2 |
| 5 | Daegu | Purple | PD1 |
| 6 | Daegu | White | WD2 |
| 7 | Yeongwol-gun | Purple | PY1 |
| 8 | Yeongwol-gun | White | WY2 |
| 9 | Yeongwol-gun | White | WY3 |
| 10 | Yeongwol-gun | Purple | PY4 |
| 11 | Yeongwol-gun | White | WY5 |
| 12 | Iksan-si | White | WI1 |

## 서 론

간척지는 조수간만의 차를 이용해 내부의 물을 배제하여 땅을 조성한 토지를 말한다. 조성중인 우리나라 13만 5천 ha의 간척지 중 새만금 간척지 약 8,570 ha가 농업용지로 사용 될 예정이다(Shim *et al.*, 2011). 현재 새만금 간척지는 쌀 과잉 등으로 인한 생산조정 및 밭작물 자급률 향상 등 정책수요 변화에 따라 밭작물 재배가 시도 되고 있다.

하지만 간척지는 염분농도가 높고 배수불량 등으로 인하여 도입 가능한 밭작물이 제한적인 실정이다. 또한 국내 식량 수급현황 및 수입상황 등을 감안하여 간척지 같은 대규모 농지에 밭작물을 도입할 때는 그 작목에 대하여 신중히 고려해야 한다.

뚱딴지(*H. tuberosus* L.)는 다년생 이며, 국화과 해바라기 속으로써, 북아메리카와 유럽 지역 등이 원산지이다. 영어로는 Jerusalem artichokes, Canada potato라고 하며 한자로는 국우(菊芋)로, 또한 "돼지감자"라는 별명으로도 불린다. 줄기는 직립하여 초고가 1.5~3 m이고, 지하부는 자색과 흰색의 괴경이 발달한다. 괴경에는 건중의 약 75% 정도가 이눌린이 포함되어 있기 때문에 경제적, 산업적으로 중요한 작물 중 하나이다(Liu *et al.*, 2012). 이눌린은 치커리, 아스파라거스, 마늘 등 다양한 식물에 존재하는 탄수화물이다(Kalyani *et al.*, 2010). 이러한 특성 때문에 산업적으로는 당의 원료로써 이용이 가능하고, 약학적으로는 이눌린이 우리 몸 소화효소에 의해서 분해되지 않기 때문에 당뇨병을 예방하는데 도움을 준다.

또한 뚱딴지는 온도의 감응성이 매우 낮으며 메마른 땅이나 비옥지를 가리지 않는 식물이며(Kosaric *et al.*, 1985), 내건성 및 내염성을 가지고 있어 해안지역이나 건조지대에서도 쉽게 생장한다(Geng-Mao *et al.*, 2008).

현재 새만금 간척지는 밭작물 재배 필요성이 증대되고 있으나 밭작물을 도입하는데 여러 가지 어려움이 있다. 이에 대안으로써 뚱딴지는 타 작물 대비 불량하고 척박한 환경에서 적응성이 높은 작물로 평가되는 작물이다. 특히 이눌린 함량이 높은 기능성 작물로써 부가가치 창출 가능성이 높은 작물 중 하나이다. 그렇지만 현재 농업생산 작물로 등록되어 있지 않고, 재배 현황에 대한 자료도 없는 실정이다. 본 연구는 전국에서 대량으로 유통되고 있는 뚱딴지를 수집하여 간척지에서 재배하였을 때 토양 특성 변화를 알아보고 수량 및 기능성 물질인 이눌린 함량이 우수한 뚱딴지를 선발하고자 본 시험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 뚱딴지(*H. tuberosus* L.) 수집 지역 목록

본 시험은 2016년 3월 전국에서 뚱딴지를 재배 및 유통하고 있는 지역 및 농가 12곳에서 뚱딴지를 각각 수집하였다(Table 1). 괴경 색깔이 흰색인 뚱딴지는 7개로써, 수집한 지역은 강원도 영월군이 3곳으로 가장 많았으며, 전라남도 해남군, 경상북도 경주시, 대구광역시, 전라북도 익산시 1곳이었다. 괴경 색깔이 자색인 뚱딴지는 5개로써, 수집한 지역은 강원도 영월군이 2곳이었으며, 경상북도 상주시, 경상북도 경주시, 대구광역시 이었다.

### 시험장소 및 토양 조건

본 시험은 수집한 뚱딴지 12점을 간척지에 재배하였을 때 토양 특성 변화 및 수량 등을 관찰하여 간척지에 재배 가능한 뚱딴지를 선발하기 위하여 전라북도 부안군에 위치한 새만금 간척지 계화지구 내 국립식량과학원 시험포장(35°46′N, 126°37′E)에서 2016년 4월부터 11월까지 수행하였다.

시험포장은 2006년 물막이 공사가 완료되어 나지로 관리되었다가 2014년에는 기장(이백찰) 및 수수(황금찰)를 재배한 이력이 있었다. 공시토양은 하해혼성충적층(Fluvio-marine deposit)을 모재로 하는 염류토 즉 문포통 이었다.

시험 전 토양의 pH는 표토가 6.7이었으며, Electrical Conductivity (EC)는 표토 0.7 dS $m^{-1}$, 심토 2.2 dS $m^{-1}$였다.

**Table 2. Soil properties before the study began in 2016**

| Soil depth (cm) | pH 1:5 | EC dS $m^{-1}$ | OM* g $kg^{-1}$ | T-N* g $kg^{-1}$ | Av. $P_2O_5$ mg/kg | K | Ca | Mg | Na |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | cmolc $kg^{-1}$ | | | |
| 0~20 | 6.7 | 0.7 | 3.45 | 0.05 | 46 | 0.63 | 1.5 | 2.2 | 1.4 |
| 20~40 | 7.2 | 2.2 | 1.37 | 0.03 | 27 | 0.67 | 1.2 | 2.5 | 2.4 |

* OM : Organic matter, T-N: Total Nitrogen

유기물은 3.45 g $kg^{-1}$으로 낮은 토양이었다(Table 2).

### 재배 및 조사방법

수집한 뚱딴지 12점은 2016년 4월 12일 1점씩 파종하였다. 재식거리는 75×25 cm (휴폭×주간거리), 시비량은 N-$P_2O_5$-$K_2O$-퇴비 10 a당 각각 5-5-5-1500 kg 수준으로 시비하였으며, 전량을 기비로 로타리 작업 전에 시용하였다. 보통 뚱딴지는 야생에서 요구되는 비료량이 적다고 알려져 있으나, 일반농가에서는 수량을 늘리기 위하여 비료를 시용하고 있다. 토양시료는 각 처리구에서 오거(auger)를 이용하여 표토(0~20 cm)와 심토(20~40 cm)에서 시험 전 토양을 채취하였고 각 처리구별로 3반복씩 뚱딴지 개화전 표토를 5월 23일, 6월 7일, 7월 14일, 8월 19일 총 4번 토양수분함량 및 EC를 조사하였다. 채취한 시료는 건조 후 2 mm 표준체를 통과하여 토양 EC는 1:5 침출법(토양 : 증류수=1:5, w/w)으로 pH-EC 미터기로 분석하였고, 토양수분은 중량수분법으로 채취한 습토시료를 105℃에서 건조한 직후 수분함량(%)을 측정하여 [(습토무게-건토무게)/건토무게]×100로 계산하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 분광측정기 (Shimadzu, JP/UV-2501)를 이용해 720 nm에서 비색 측정하였으며, 치환성 양이온은 증류수와 1N-NH4OAc (pH7.0) 침출법으로 추출한 여액을 ICP-OES (Varian, Vista MPX-ICP)를 사용하여 정량분석하였다(식량작물환경 분석법 핸드북, 2014). 뚱딴지 초장은 9월 15일 꽃이 50% 이상 피었을 때 조사하였으며, 뚱딴지 수량은 11월 중순이후 3반복 10주씩 수확하여 조사하였다. 이눌린 분석은 가수분해 전, 후의 Fructose 함량을 정량한 후 함량을 분석하였는데, 수집 뚱딴지를 얇게 썰어 동결건조 시킨 후 가수분해 전 방법은 50 mL tube에 시료 1 g을 넣고 50% ACN 20 mL를 주입한다. 다음 실온에서 24시간 동안 shaking 하여 추출한 후 원심분리 후 0.2 um 로 필터를 한다. 산 가수분해 방법은 시료 1 g을 20 mL 0.2 M HCl 97℃에 45분간 반응한 후 상온에서 식혀 50% ACN을 이용하여 10배 희석한다. 다음 0.2 um 로 필터 후 LC 분석을 하였다. 분석은 ultra-high performance liquid chromatography (Dionex Ultimate 3000, Thermo Scientific)로 분석하였다.

### 통계분석

뚱딴지 초장 및 수량은 모두 10주씩 총 3반복으로 진행하였으며, 통계분석 프로그램 R (Ver. 3.1.1)을 이용하여 분산분석을 0.05 이하 수준으로 수행하였으며, Duncan test를 통한 다중검정을 실시하였다.

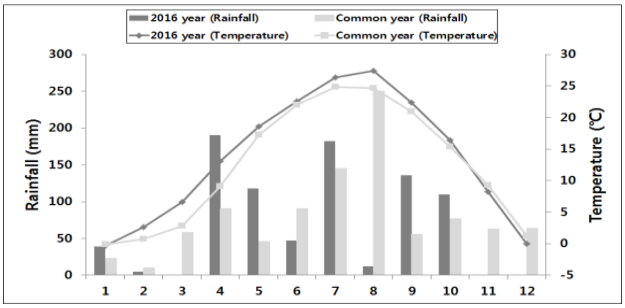


**Fig. 1 The monthly average temperature (℃) and accumulative rainfall (mm) in the experiment field during common and 2016 year.**

## 결과 및 고찰

### 재배기간의 기상 특성

본 시험을 수행한 2016년 시험기간 동안 평균기온 및 강수량을 5년 동안의 평년과 비교 나타내었다(Fig. 1). 뚱딴지 재배기간(4월~11월) 동안 평균기온은 19.3℃로 평년기온 17.9℃보다 1.4℃ 높았으며, 재배기간 동안 총 강수량은 2016년 795 mm로 평년강수량 817 mm 보다 22 mm 적었다. 특히 4월부터 10월까지 평년대비 2016년이 평균온도도 높았고, 강우량은 8월에 평년대비 238 mm 적어, 극심한 가뭄이 일어난 점이 특징적인 년도였다.

### 뚱딴지 재배기간 동안 토양 EC 및 수분함량

2016년 수집 뚱딴지 별 재배기간 동안 토양 EC 및 수분함량을 나타내었다(Fig. 2). 5월에는 평년대비 강수량이 많았기 때문에 토양 EC가 1 dS $m^{-1}$에서 1.5 dS $m^{-1}$ 수준이었으며, 토양수분함량은 모든 수집구에서 평균 22% 의 함량을 보였다. 6월 역시 평년대비 강수량이 비교적 적기 때문에 염이 상승하는 재염화 현상으로 인하여 토양 EC가 증가하였고, 토양수분함량 역시 증가하는 경향을 보였다. 7월은 평년대비 강수량은 많아서, 지하수위가 상승하였고, 평년대비 평균온도가 높아져 모세관 상승에 의한 재염화 현상이 발생한 것으로 판단된다. 토양수분함량은 6월에 비하여 높았지만, 토양 EC가 2.1 dS $m^{-1}$에서 3.5 dS $m^{-1}$까지 분포하였다.

8월은 평년대비 강수량도 적고 평균온도도 높아 염이 올라오는 재염화 현상이 활발히 발생하였다. 토양 수분함량은 11.1%에서 13.0%까지 낮아졌으며, 토양 EC는 3.2 dS $m^{-1}$에서 5.0 dS $m^{-1}$까지 분포하였다. 뚱딴지의 수량은 가뭄에 민

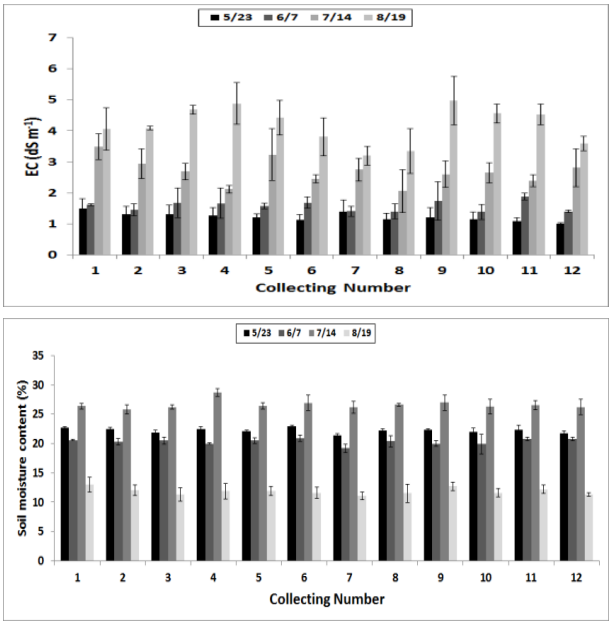


**Fig. 2. Comparison of different *H. tuberosus* L. on the field soil electrical conductivity and soil moisture content during 2016.**

감한데, 이는 괴경생장 및 개화기에 영향을 미친다고 하였다(Conde, 1991). 토양 EC는 토양 수분함량에 따라 달라지며, 토양수분 강우조건 등에 의해 상이하다고 하였다(Kwun and Yoon, 1994).

### 수집 별 뚱딴지 초장 및 수량

수집 뚱딴지 별 초장을 개화기 때 조사하여 나타내었다(Table 3). 개화기 때 초장을 조사한 이유는 꽃눈이 나타날 때 지상부 건물 중에 축적되는 양분이 감소되기 시작하고 개화 후 지상부는 안정기에 접어든다고 하였다(Stauffer *et al.*, 1981). 4월부터 8월까지 0.1%에서 0.3%이상 염 농도에서 생장한 결과 영월군에서 수집한 흰색 뚱딴지(WY3) 와 익산시에서 수집한 흰색 뚱딴지(WI1)가 각각 207 cm, 202 cm로 가장 컸으며, 경주시에서 수집한 흰색 뚱딴지(WG1), 해남군에서 수집한 흰색 뚱딴지(WH1), 상주시에서 수집한 자색 뚱딴지(PS1)가 각각 144 cm, 139 cm, 131 cm로 가장 작았다.

그러나 괴경 수량은 흰색 뚱딴지에서는 WG1이 549 kg/10a, WH1이 477 kg/10a로 가장 많은 수량을 나타내었으며(Table 3), 자색 뚱딴지에서는 영월군에서 수집한 PY4와 PY1이 각각 10a당 615 kg, 584 kg 의 수량을 보였다. 반면 초장에서 가장 컸던 WY3와 WI1이 가장 적은 수량을 나타내었다. 일반토양에서의 뚱딴지 수량은 비료량에 따라 수량이 다르게 나타나는데, 보통 약 10 a 당 1,000 kg 이내이며, 최고 2,000 kg 이상 까지도 생산이 된다. 뚱딴지 염농도 한계는 대략 2.5 dS $m^{-1}$이며, 6.0 dS $m^{-1}$ 이상 일 때는 약 50%정도 수량이 감소된다고 하였다(Gengmao *et al.*, 2010). 또한 과도한 지상부 생장은 결과적으로 괴경수량 및 수확지수를 감소시킨다(Gao *et al.*, 2011). 뚱딴지는 직립하기 때문에 오히려 지나치게 지상부가 생장하면 지하부에 있는 괴경으로 가는 영양분에 영향이 있는 것으로 판단된다. 특히 이러한 작물은 지상부가 마르게 되면 괴경이 성숙해지면서 최대 건물중이 된다고 하였다(Denoroy, 1996). 그러나 수량 데이터를 해석하는데 있어서 뚱딴지에 재배에 대한 적정 시비량이 설정되지 않았기 때문에 추후 시비량 등 재배법에 관한 연구가 필요로 할 것으로 판단된다.

### 수집 별 뚱딴지 이눌린 함량 및 간척지 적응 뚱딴지 선발

뚱딴지는 괴경 건물중에 약 50% 이상을 이눌린 타입의 프록탄으로 축적한다(Danilcenko *et al.*, 2008). 12개 지역에서 수집한 뚱딴지 이눌린 함량을 분석할 결과 PY1이 33.9 g/100 g으로 가장 많은 함량을 보였으며, 다음으로 WD2가 33.7 g/100 g으로 많았다(Fig. 3). 하지만 WD2는 괴경 수량이 적어 간척지에 도입하기에 어려울 것으로 판단된다. 자색 뚱딴지 중에는 수량이 우수하며, 이눌린 함량 또한 많은 PY1이 적합할 것으로 판단된다. 흰색뚱딴지는 이눌

**Table 3. Comparison on plant height and yield on the basis of color of *H. tuberosus* L. collected from 12 regions in 2016**

| Tuber Color | Collecting place | Plant height (cm) | Yield (kg/10[a]) | |
|---|---|---|---|---|
| White | Haenam-gun | 139[cd] | 477[a] | ±122.1 |
| | GyeongJu-si | 144[cd] | 549[a] | ±149.3 |
| | Daegu | 168[abcd] | 153[b] | ±30.2 |
| | Yeongwol-gun | 192[abc] | 136[b] | ±72.9 |
| | Yeongwol-gun | 207[a] | 29[c] | ± 9.3 |
| | Yeongwol-gun | 200[ab] | 58[c] | ±12.6 |
| | Iksan-si | 202[a] | 66[c] | ±14.5 |
| Purple | SangJu-si | 131[d] | 507[c] | ±60.1 |
| | GyeongJu-si | 149[bcd] | 543[bc] | ±81.3 |
| | Daegu | 147[bcd] | 444[d] | ±24.8 |
| | Yeongwol-gun | 165[abcd] | 584[ab] | ±114.4 |
| | Yeongwol-gun | 172[abcd] | 615[a] | ±120.5 |

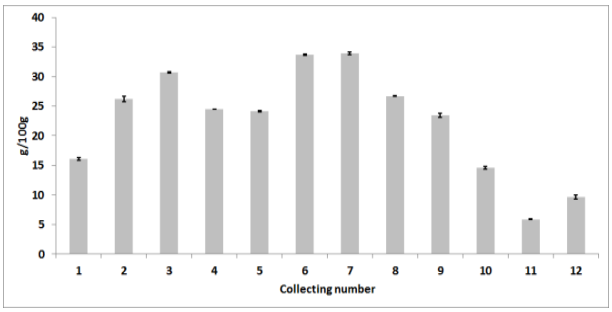


**Fig. 3. Comparison on inulin content *H. uberosus* L. collected from 12 regions in 2016.**

린함량은 WD2가 많으나, 수량이 적기 때문에, 다음으로 수량이 많고, 이눌린 함량이 많은 WG1이 적합할 것으로 판단된다. 높은 괴경 수량 수준은 이눌린을 생산하는 최종 사용자를 위한 전제조건라고 하였다(Sawicka and Michałek, 2005).

## 요 약

2016년 한국에서 재배 및 유통되고 있는 뚱딴지 12점을 수집하여, 새만금간척지에 재배하였다. 간척지 적응성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 뚱딴지를 간척지에 재배하였을 때, 간척지 특성상 0.3% 이상일 때 밭작물 재배가 어려운데, 개화 전 8월 가뭄으로 인하여 토양 염농도가 전체적으로 0.3%이상 올라갔음에도 초장 및 수량으로 보았을 때 높은 염농도에 대한 적응성이 있는 것으로 판단된다.

2. 개화기 무렵 꽃이 50%이상 피었을 때 뚱딴지 초장을 조사한 결과 WY3와 WI1가 207 cm, 202 cm로 가장 컸으며 WG1, WH1, PS1 144 cm, 139 cm, 131 cm로 가장 작았다.

3. 11월 뚱딴지를 수확하여 수량을 확인한 결과 흰색 뚱딴지는 WG1이 549 kg/10 a, WH1이 477 kg/10 a로 가장 많은 수량을 나타내었으며, 자색 뚱딴지에서는 PY4와 PY1이 각각 10 a당 615 kg, 584 kg로 우수한 수량을 보였다.

4. 수집한 뚱딴지 12점의 이눌린 함량을 분석한 결과 PY1이 33.9 g/100 g으로 가장 많은 이눌린 함량을 보였으며, 다음으로 D2가 33.7 g/100 g으로 많았다

결론적으로 내염성이 우수한 뚱딴지가 간척지에서도 적응할 수 있는 것으로 판단되며, 수집 뚱딴지 중 흰색은 수량 및 이눌린함량을 고려하여 G1이 간척지에 적합할 것으로 보이며, 자색은 Y1이 이눌린함량이 두 번째로 많지만, 수량과의 관계를 고려할 때 간척지에서 재배하는데 더 적합한 것으로 판단된다. 각각 색깔별로 우수한 뚱딴지 2점을 가지고 내염성 및 간척지 재배법에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 보인다.

## Note

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgement

This study was supported financially by a grant from the research project (No. PJ011796022017) of National Institute of Crop Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

Conde, J. R., Tenorio, J. L., Rodriguez-Maribona, B., & Ayerbet, L. (1991). Tuber yield of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in relation to water stress. Biomass and Bioenergy, 1(3), 137-142.

Danilcenko, H., Jariene, E., & Aleknaviciene, P. (2008). Quality of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tubers in relation to storage conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 36(2), 23-27.

Denoroy, P. (1996). The crop physiology of Helianthus tuberosus L.: a model oriented view. Biomass and bioenergy, 11(1), 11-32.

Gao, K., Zhu, T., & Han, G. (2011). Water and nitrogen interactively increased the biomass production of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in semi-arid area. African Journal of Biotechnology, 10(34), 6466-6472.

Gengmao, Z., Mehta, S. K., & Zhaopu, L. (2010). Use of saline aquaculture wastewater to irrigate salt-tolerant Jerusalem artichoke and sunflower in semiarid coastal zones of China. Agricultural Water Management, 97(12), 1987-1993.

Geng-Mao, Z., Zhao-Pu, L., Ming-Da, C., & Shi-Wei, G. (2008). soil properties and yield of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) with seawater irrigation in north china plain. Pedosphere, 18(2), 195-202.

Kalyani Nair, K., Kharb, S., & Thompkinson, D. K. (2010). Inulin dietary fiber with functional and health attributes-a review. Food Reviews International, 26(2), 189-203.

Kosaric, N., Wieczorek, A., Cosentino, G. P., & Duvnjak, Z. (1985). Industrial processing and products from the Jerusalem artichoke. In Agricultural Feedstock and Waste Treatment and Engineering, pp. 1-24, Springer, Berlin, Heidelberg.

Kwun, S. K., & Yoon, K. S. (1994). Variational characteristics of water-table and soil moisture in paddy-upland rotational fields. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, 36(2), 123-131.

Liu, Z. X., Spiertz, J. H. J., Sha, J., Xue, S., & Xie, G. H. (2012). Growth and yield performance of Jerusalem

artichoke clones in a semiarid region of China. Agronomy Journal, 104(6), 1538-1546.

Sawicka, B., & Michałek, W. (2005). Evaluation and productivity of *Helianthus tuberosus* L. in the conditions of the central-east Poland, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 8(3), #42.

Shim, H. H., Choi, S. M., & Cho, J. H. (2011). A Study on new viliage planning in the farming zone of Saemangeum reclaimed area. Journal of Korean Society of Rural Planning, 17(4), 61-74.

Stauffer, M. D., Chubey, B. B., & Dorrell, D. G. (1981). Growth, yield and compositional characteristics of Jerusalem artichoke as they relate to biomass production. In: Klass, D. L., Emert, G. H(eds), Fuels from Biomass and Wastes. pp. 79-97, Ann Arbor Science Publishers, Inc Ann Arbor, Michigan, USA.