

## 온실 구조용 파이프의 부식속도 검토

윤성욱<sup>1†</sup> · 최만권<sup>2†</sup> · 이시영<sup>3</sup> · 문성동<sup>4</sup> · 윤용철<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 농업생명과학연구원, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 시설원예연구소, <sup>3</sup>농촌진흥청 농업공학부 에너지환경공학과,  
<sup>4</sup>강원대학교 산업공학과, <sup>5</sup>경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원)

## Corrosion Rate of Structural Pipes for Greenhouse

Sung-Wook Yun<sup>1†</sup>, Man Kwon Choi<sup>2†</sup>, Si Young Lee<sup>3</sup>, Sung Dong Moon<sup>4</sup>, and Yong Cheol Yoon<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman, 637-812, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Industrial & Management Eng. Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

<sup>5</sup>Dept. of Agricultural Eng., Gyeongsang National Univ.(Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 660-701, Korea

**Abstract.** Because soils in reclaimed lands nearby coastal areas have much higher salinity and moisture content than soils in inland area, parts of greenhouses embedded in such soils are exposed to highly corrosive environments. Owing to the accelerated corrosion of galvanized steel pipes for substructure and structure of greenhouses in saline environments, repair and reinforcement technologies and efficient maintenance and management for the construction materials in such facilities are required. In this study, we measured the corrosion rates of the parts used for greenhouse construction that are exposed to the saline environment to obtain a basic database for the establishment of maintenance and reinforcement standards for greenhouse construction in reclaimed lands with soils with high salinity. All the test pipes were exposed to soil and water environments with 0, 0.1, 0.3, and 0.5% salinity during the observation period of 480 days. At the end of the observation period, salinity-dependent differences of corrosion rate between black-surface corrosion and relatively regular corrosion were clearly manifested in a visual assessment. For the soils in rice paddies, the corrosion growth rate increased with salinity (0.008, 0.027, 0.036, and 0.043mm·yr<sup>-1</sup> at 0, 0.1, 0.3, and 0.5% salinity, respectively). The results for the soils in agricultural fields are 0.0002, 0.039, 0.040, and 0.039mm·yr<sup>-1</sup> at 0, 0.1, 0.3, and 0.5% salinity, respectively. The higher corrosion rate of rice-paddy soil was associated with the relatively high proportion of fine particles in it, reflecting the general tendency of soils with evenly distributed fine particles. Hence, it was concluded that thorough measures should be taken to counteract pipe corrosion, given that besides high salinity, the soils in reclaimed lands are expected to have a higher proportion of fine particles than those in inland rice paddies and agricultural fields.

**Additional key words:** paddy; reclaimed land; salinity; service life; steel and square pipe; upland

## 서 론

2013년말 우리나라의 채소 및 화훼류 재배 온실면적은 각각 51,058ha 및 2,553ha로 전체면적은 53,611ha이다. 이러한 국내 온실면적은 2010년 51,829ha, 2011년 52,393ha 및 2012년 53,125 ha에 비해 각각 약 3.4%, 2.3% 및 0.9% 증가하였다. 온실 유형별로는 연동, 단동 및 기타 온실(소형터널 및 비가림)이 각각 8,029ha,

44,345ha 및 1,237ha이며, 피복재별로는 플라스틱 필름, 경질판 및 유리온실이 각각 53,025ha, 214ha 및 372ha 으로서 아연도 강관을 주 골재로 이용하는 플라스틱필름 온실이 전체 면적의 98.9%로서 국내 온실의 대부분을 차지하고 있다. 그리고 강풍이나 대설에 상대적으로 취약한 단동 플라스틱 필름 온실은 44,315ha로 전체면적의 83%를 차지하고 있다(MAFRA, 2014a, b).

이와 같이 국내 온실의 대부분을 차지하는 온실 구조용 아연도 강관의 종류, 제조방법, 품질, 기계적 성질, 시험방법, 치수 등은 KSD3760(2007 개정, 지식경제부 기술표준원)에 반영되었으며, 주요 개정내용은 부식 방지를 강화하기 위하여 아연도금 부착량을 기존의 138g·m<sup>-2</sup> 에서 150g·m<sup>-2</sup> 로 증가시켰고 도금두께를 평균 도금두께 6μm

†These authors equally contributed to this work.

\*Corresponding author: ychyoon@gnu.ac.kr

Received May 20, 2015; Revised September 22, 2015;

Accepted December 22, 2015

로 강화하였다.

온실 구조용 아연도 강관은 온실의 기둥, 서까래, 가로대, 중방 및 보, 브레이싱, 천창 및 측창 개폐용 부재 등으로 주로 사용되고 있다. 연동온실의 기둥부재는 대부분 기초인 콘크리트에 매립하여 사용하기 때문에 지반과는 이격되어 설치된다. 그러나 단동온실에 주로 사용되는 서까래나 줄기초는 지반에 직접 매립하여 사용하기 때문에 빗물 등의 강수, 수막용 지하수, 관개수 및 양액 등에 노출되기 쉽고, 천창 및 측창 개폐용 회전축 부재는 다른 부재에 비해 강수에 빈번히 노출된다. 또한 온실은 경량 구조물이기 때문에 태풍이나 폭설 등에 의하여 주요 부재에 변형이 발생되기 쉽다. 이와 같은 환경에 노출되는 부재들은 수분이나 부재의 응력(응력 부식) 때문에 부식을 피할 수 없고, 부식의 정도에 따라 보수하거나 교체하여야 한다. 온실 부재들의 부식은 구조안전성을 약화시킬 뿐만 아니라 보수 및 교체로 인한 온실경영비 증가를 유발시키는 요인이 되기도 한다.

온실의 내구연수는 태풍이나 폭설 등에 의하여 전과 및 반과되는 경우나 이들 하중에 의하여 부재에 발생하는 큰 변형을 제외하면, 주요 부재의 내구연수에 좌우되는 것으로 볼 수 있다. Kim 등(2000)은 연동 및 단동온실의 내구연수는 각각 10~15년 및 5년 정도로 보고한 바 있다. 그리고 Nam 등(2001)에 의하여 온실부재의 부식 상태를 조사한 결과, 지반에 매설되는 부재 및 연결 부재의 부위는 각각 약 7년 및 8년, 휨가공 부재의 부위나 기둥 및 서까래 부재는 각각 10년 및 13년 정도 경과하면 파이프 표면의 상당부분이 부식되는 것으로 추정하였다. 또한 부식에 가장 취약한 부위로는 서까래의 지반에 매설되는 부분이나 볼트 등 조립 연결 부분, 출입문 연결 부분, 천창 및 측창 개폐용 회전축으로 사용하는 파이프 및 곡부 물받이 부근 등인 것으로 보고하였다. 그리고 부재의 경과 연도별 강도변화 시험과 아연도금 피막의 부식속도 등으로부터 파이프 골조 온실의 표준 내용연수를 추정한 결과, 단동 및 연동온실의 경우 각각 7~8년 및 14~15년 정도인 것으로 보고하였다. 온실이 태풍이나 폭설 등의 재해를 입지 않은 경우, 온실의 노후화는 주로 부재의 부식에 의해 좌우되는 것으로 보고하였다.

이상과 같이 온실 구조재의 부식은 온실의 내구성과 밀접한 관계가 있기 때문에 온실의 내구성을 증대시키기 위해서는 녹을 제거하거나 페인트 등으로 방청 처리하는 등 평상시 유지관리가 대단히 중요하다. 그러나 온실의 유지관리에 대한 농가의 인식은 아주 미흡하고, 구조재의 부식과 관련한 연구도 미미한 실정이다(Nam 등 2000, 2001, 2009; Choi 등, 2014a, 2014b).

그리고 국내의 경우 일반 농경지(내륙지역) 내의 온실

면적은 정체된 상태로 농촌지역의 활성화 방안이나 농촌 인구의 고령화 등을 감안하여 농산물의 안정정적 공급, 물류비용 절감, 고품질화 등의 문제점을 해결할 수 있고, 또한 농수산식품의 수출 증대나 시설원에 산업의 지속적인 성장 및 유지를 위해서 온실단지의 규모화, 전문화 등을 통한 인프라를 구축하는 것도 매우 중요할 것으로 판단된다. 이와 관련하여 최근 간척지 내 농경지의 고도 이용을 위해 간척지 특성을 활용한 부가가치가 높은 작물 생산지로서의 규모화, 단지화된 시설원예단지의 구체적인 조성방안의 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 현재 국내 주요 간척지인 화옹, 시화, 석문 및 새만금지구를 포함한 11개 지구의 총 간척지 면적은 30,419ha로서 이 중 첨단수출원예단지 및 일반원예단지로 활용할 총 면적은 각각 3,000ha 및 2,185ha 로 계획되어있으며(MAFRA, 2012), 앞으로 간척지내 시설원예단지 조성은 증가할 것으로 판단된다.

해안지역 주변에 대부분 위치하고 있는 간척지 내 토양은 염분농도 및 함수비가 내륙지역에 비해 상당히 높기 때문에 해당지역 지반에 매입된 온실의 부재는 높은 부식 환경에 노출된다. 염해의 환경에서는 파이프 골조로 이루어진 원예시설의 기초부분과 이어진 파이프에 부식을 촉진시키기 때문에 이에 대한 보수/보강 기술개발 및 효율적인 유지 관리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 염해의 위험성이 높은 간척지에 적합한 온실의 유지 관리, 보수/보강에 대한 기준을 마련하기 위한 기초자료로 제공하고자 토양 염분환경 변화에 따른 온실 부재의 부식속도를 측정하였다.

## 재료 및 방법

금속의 부식형태는 다양하나 금속 표면이 균일하게 규칙적으로 부식되는 균일부식(Uniform Corrosion)으로 인해서 일반적으로 금속이 가장 많이 소모된다. 해안지역에 위치한 간척지 토양은 염분 농도가 높고 함수비가 높아 해당지역에 매입된 온실의 부재는 상당히 높은 부식 환경에 노출되어 있으며, 매입된 온실부재의 부식 형태는 대부분 균일부식 형태를 보일 것으로 판단된다. 본 연구에서는 토양 염분환경에 따른 온실부재의 부식속도를 알아보기 위해 토조실험을 실시하였으며, 또한 함수비가 높은 간척지 토양의 특성과 관계가 되어 극한환경을 고려하고, 부식용액이 전체 금속 표면에 동일한 영향을 미쳐야 하는 균일부식 환경을 조성하기 위하여 수중 부식실험을 함께 병행하였다.

본 연구에서 실시한 온실부재에 대한 토조실험 및 수조실험의 관찰기간은 2013년 6월 26일부터 2014년 10월 16일로 480일 정도로 실험방법은 다음과 같다.

2. 시험편

본 연구에서 사용된 시험편은 일반적으로 온실 부재에 대표적으로 사용되고 있는 총 5 종의 KS 규격 아연도강관 파이프를 이용하였으며, 그 제원은 Table 1과 같다. 시험편으로 사용한 각 온실부재들은 관련 시공업체에서 구입하여 길이 20cm로 절단한 것을 사용하였으며, Fig. 1은 본 연구에서 사용한 시험편을 나타낸 것이다. 시험편을 자를 때, 발생하는 거칠기는 줄을 이용하여 다듬질한 후, 냉각 아연 도금계(Lucky Industry CO.,LTD, LK-703)를 이용하여 도금처리 하였다.

2. 토조시험

본 연구에서는 토양 염분환경에 따른 온실부재의 부식속도를 알아보기 위해 토조실험을 실시하였다. 이때 사용한 토양은 일반적으로 토양 내 금속 파이프의 부식속도는 토양 pH, 토성 및 수분함량 등에 따라 차이가 날 수 있기 때문에 토성이 다른 논 및 밭토양을 함께 이용하여 비교하였다.

본 연구에서 대상토양은 진주지역 인근 농촌지역에서 채취한 논 및 밭토양을 사용하였다. 두 대상토양에 대해서 pH 및 수분함량을 측정하였고, 토성은 KS F2302와 KS F2309에 의해 ASTM 표준체와 비중계법(hydrometer method)을 통하여 입도분석을 실시하였다. 대상토양의 이화학적 특성은 Table 2와 같고, Fig. 2에 대상토양의 입도분포특성을 나타내었다. 두 토양 모두 모래함량이 모두 85% 이상으로 사질토였으나 논토양이 밭토양 보

다 상대적으로 작은 입경이 높게 분포하는 것으로 나타났다.

대상토양에 대한 염분비의 조성방법은 각 대상토양에 염화나트륨(NaCl; SAMCHUN PURE CHEMICAL CO., Korea)을 이용하여 건조무게 비를 기준으로 혼합비 0, 0.1%, 0.3% 및 0.5%를 골고루 혼합한 후, 지름 52.5cm, 높이 50cm의 플라스틱 박스에 각 대상토양을 무게 6.0kg의 다짐봉을 이용하여 20회 5층으로 다짐을 실시하여 충진하면서 각 혼합비별로 5종의 시험편을 매입하였다. Fig. 3은 각 시험편이 완전히 매입되기 전의 전경을 나타낸 것이다. 이때 시험편은 매입되기 전에 무게를 측정하였다.

각 토조내의 염분농도를 알아보기 위해 토양센서(RF sensor, WT1000N, Korea)를 이용하여 전기전도도를 측정하였으며, 그 결과는 Table 3에 나타내었다. 전기전도도는 토양 내 염류이온의 농도에 비례하기 때문에 전기전도도를 측정하여 토양의 염분농도를 알 수 있다. 논토양 및 밭토양 모두 염화나트륨의 혼합비가 증가할수록 전기전도도가 뚜렷하게 증가하는 것으로 나타났다. 최대 혼합비인 0.5%를 기준으로 논토양은 1.85dS·m<sup>-1</sup>, 밭토양은 2.00dS·m<sup>-1</sup>으로 시설재배지의 토양 염분농도 기준이 2.0dS·m<sup>-1</sup>인 것을 감안해 볼 때 높은 염분농도를 나타내었다. 그리고 밭토양이 논토양 보다 염분농도가 다소 높게 나타났는데 이는 Table 2에서 보는 바와 같이 밭토양의 수분함량이 논토양보다 낮기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 1. Specification of test pipe.

Test pipe	Test pipe	Length(cm)
1	□75×75×2.3t	20
2	□60×60×2.3t	20
3	Φ48.1×2.1t	20
4	Φ31.8×1.7t	20
5	Φ25.4×1.5t	20

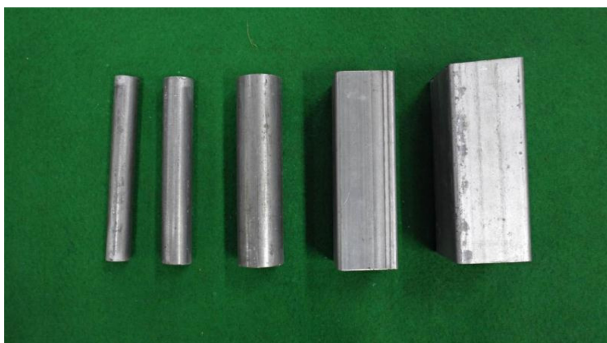


Fig. 1. Test pipe.

Table 2. Physicochemical properties of used soils.

Soil	pH <sup>a</sup>	Water content (%)	Soil texture(%)		
			Sand	Silt	Clay
Paddy	5.65	17.8	85	15	-
Upland	5.87	10.9	95	5	-

<sup>a</sup>Soil pH measured at the ratio of soil to H<sub>2</sub>O as 1:5(mass:volume)

<sup>b</sup>Water content measured by oven-drying method

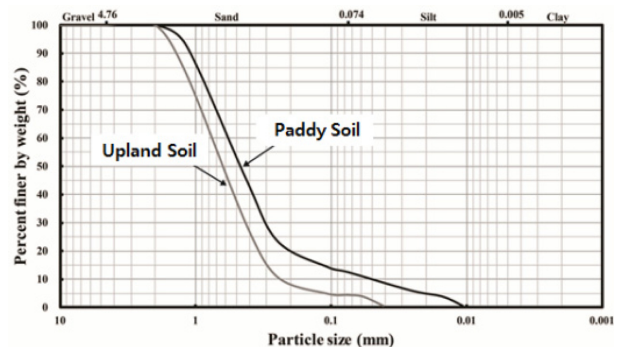


Fig. 2. Grain size distribution characteristics of used soils.

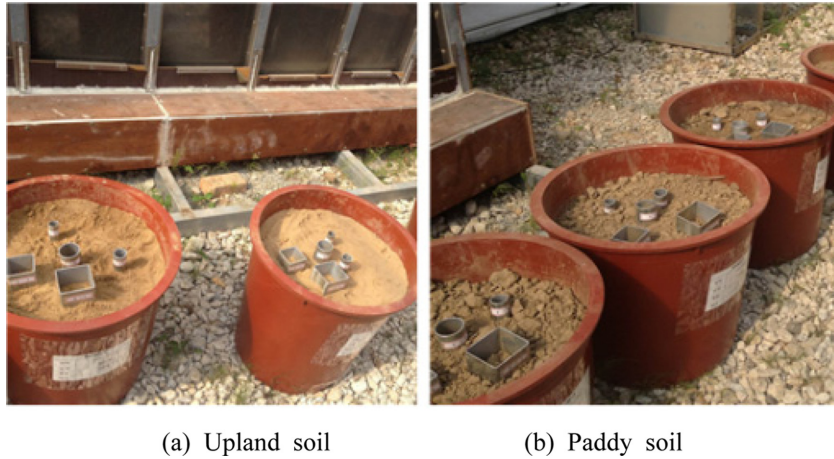


Fig. 3. Test pipe embedded in soil box.

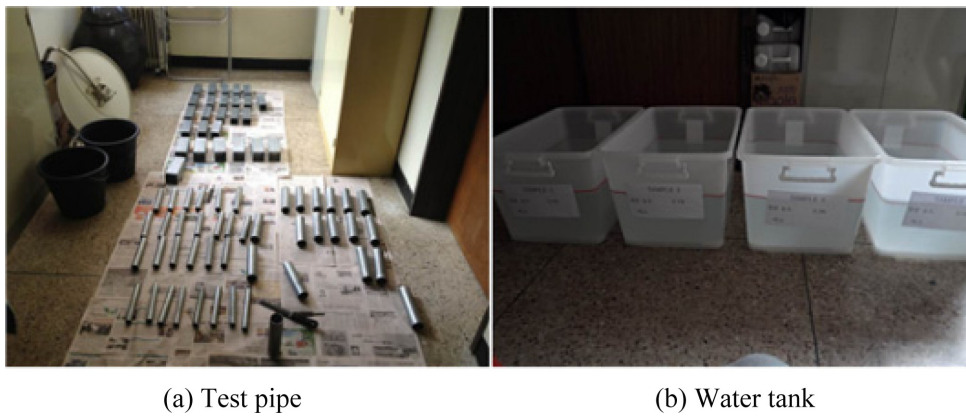


Fig. 4. Water tank experiment.

Table 3. Electrical conductivity of used soil according to salt concentration.

Soil	Salt concentration(%)			
	0	0.1	0.3	0.5
Paddy	0.13dS·m <sup>-1</sup>	0.78dS·m <sup>-1</sup>	1.16dS·m <sup>-1</sup>	1.85dS·m <sup>-1</sup>
Upland	0.22dS·m <sup>-1</sup>	1.28dS·m <sup>-1</sup>	1.80dS·m <sup>-1</sup>	2.00dS·m <sup>-1</sup>

### 3. 수조실험

수조실험의 방법은 40L의 증류수를 기준으로 염화나트륨의 농도가 0, 0.1%, 0.3% 및 0.5%가 되도록 염화나트륨을 증류수에 가하여 수용액을 제조하였으며, 각 80L 용량의 수조에 염분농도별로 40L의 수용액을 주입한 후, 무게를 측정된 시험편을 각 수조안에 넣어 관찰하였다. 이때 수조 덮개로 수조를 덮어 수분손실을 방지하였다. Fig. 4는 수조실험 전경을 나타낸 것이다.

각 수조내 수용액의 염분농도를 측정하기 위해 전기전도도를 EC meter(Orion550A, Thremo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 Table 4에 나타내었다. 그

Table 4. Electrical conductivity(EC) of aqueous solution according to salt concentration.

Aqueous solution	Salt concentration(%)			
	0	0.1	0.3	0.5
EC	0.05dS·m <sup>-1</sup>	0.6dS·m <sup>-1</sup>	1.6dS·m <sup>-1</sup>	2.6dS·m <sup>-1</sup>

결과, 염화나트륨의 혼합비 0, 0.1, 0.3, 0.5%가 각각 0.05, 0.6, 1.6, 2.6dS·m<sup>-1</sup>로 혼합비가 증가할수록 전기전도도가 뚜렷하게 증가하는 것으로 나타났다.

### 4. 부식속도

본 연구에서 고려한 균일부식의 속도는 일반적으로 시험편의 무게손실로부터 계산된다. 시험편의 부식 양을 측정하기 위하여 최소 0.1g까지 측정이 가능한 미소전자저울(OHAUS, TP4KS, USA)을 사용하여 무게감소량을 측정하였다. 부식속도 측정법은 부식을 조사하고 확인하는데 자주 사용하는 방법이다. 부식속도는 mpy로 나타내며, 속도 관점에서 부식속도를 측정할 수 있다.

$$\text{부식속도}(\text{mm}\cdot\text{yr}^{-1}) = \frac{87.6 \times W}{D \times A \times T} \quad (1)$$

여기서,  $W$ 는 무게손실(mg),  $D$ 는 밀도( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ),  $A$ 는 면적( $\text{cm}^2$ ) 그리고  $T$ 는 시간(hour)이며, 부식형태는 앞에서 서술한바와 같이 균일부식으로 가정한 것이다. 본 연구에서는 토조 및 수조에서 시험편을 꺼낸 다음 시험편이 아연도강관인 것으로 고려하여 초산암모늄(ammonium acetate)용액으로 시험편에 부착되어 있는 부식생성물을 제거하고 무게의 손실량을 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 토양 염분환경에서 온실부재의 부식속도

Fig. 5 및 Fig. 6은 각 염분환경의 토조에서 꺼내어 부식 생성물을 제거한 시험편을 나타낸 것이다. Fig. 5 및 6에서 보는 바와 같이 육안으로도 염분농도에 따른 부식 정도의 차이가 뚜렷하게 관찰되었으며, 특히 밭토양보다 논토양에서 더 뚜렷한 차이가 나타났다. 염분농도가 증가할수록 피막을 형성하였던 시험편의 표면이 전반적으로 검은색의 부식현상이 발생되었고, 시험편의 표면이 비교적 고르게 부식된 균일부식의 형태를 나타내었다. 균일부식의 환경이 정확히 만족되기는 일반적으로 어려운 것으로 인식되어 있으며, 어느 정도 불균일한 부식도

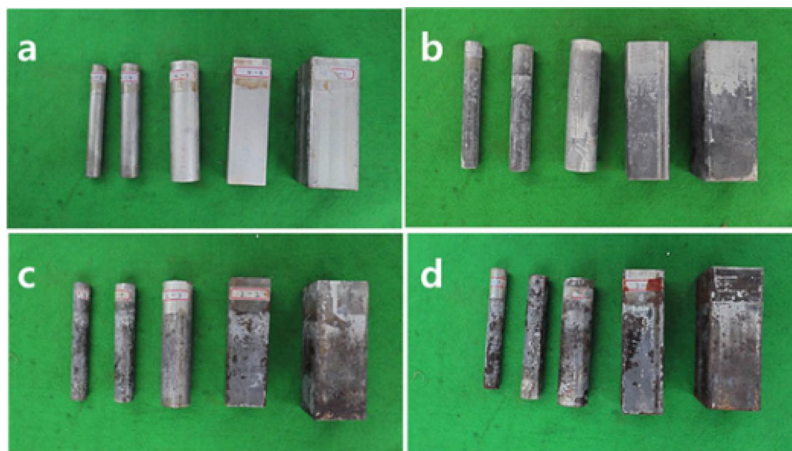


Fig. 5. Corrosion of test pipe in paddy soil (a: 0% salinity; b: 0.1% salinity; c: 0.3% salinity; d: 0.5% salinity).

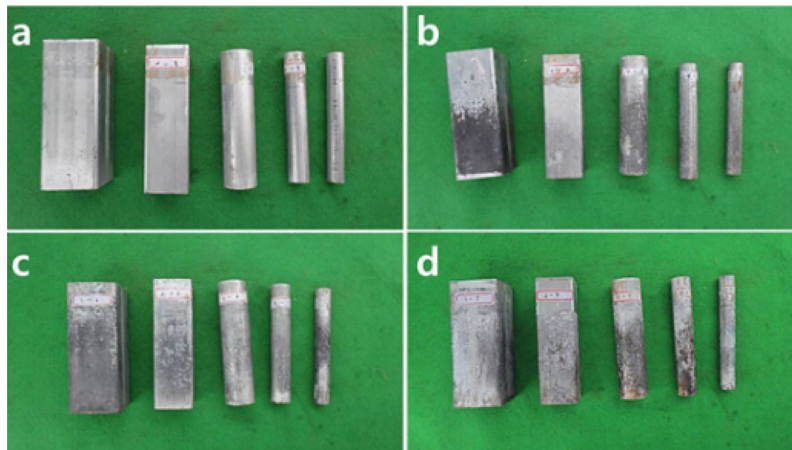


Fig. 6. Corrosion of test pipe in upland soil (a: 0% salinity; b: 0.1% salinity; c: 0.3% salinity; d: 0.5% salinity).

Table 5. Corrosion growth rate of test pipe in soil according to salt concentration.

Soil	Salt concentration(%)			
	0	0.1	0.3	0.5
Paddy	0.008mm·yr <sup>-1</sup>	0.027mm·yr <sup>-1</sup>	0.036mm·yr <sup>-1</sup>	0.043mm·yr <sup>-1</sup>
Upland	0.0002mm·yr <sup>-1</sup>	0.039mm·yr <sup>-1</sup>	0.040mm·yr <sup>-1</sup>	0.039mm·yr <sup>-1</sup>

균일부식의 범주에 포함시킨다.

각 염분농도별 토양내 시험편의 부식속도 측정결과는 Table 5에 대상토양별로 나타내었으며, Fig. 7 및 Fig. 8에 그 결과를 도식화 하였다. 이때 시험편의 부식속도는 시험편으로 사용된 총 5종의 아연도 강관 파이프의 결과에 대한 평균값을 나타낸 것이다. 논토양의 경우, 염

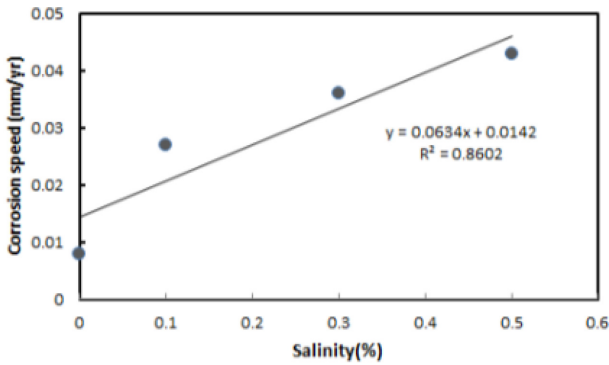


Fig. 7. Corrosion growth rate of test pipe in paddy soil according to salt concentration.

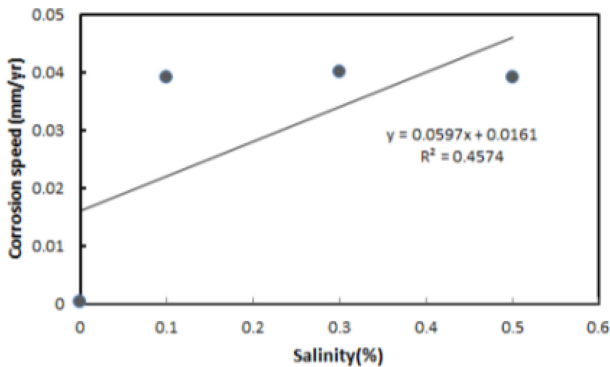


Fig. 8. Corrosion growth rate of test pipe in upland soil according to salt concentration.

분농도 0, 0.1, 0.3, 0.5%에서 각각 0.008, 0.027, 0.036, 0.043mm·yr<sup>-1</sup>로 염분농도가 증가할수록 부식속도가 뚜렷하게 증가하는 경향을 나타내었고(Fig. 7), 최대 염분농도인 0.5%에서 가장 높은 0.043mm·yr<sup>-1</sup>의 부식속도가 측정되었다. 그리고 Fig. 8에서 보는 바와 같이 밭 토양의 경우에는 염분농도 0, 0.1, 0.3, 0.5%에서 각각 0.0002, 0.039, 0.040, 0.039mm·yr<sup>-1</sup>로 염분농도가 증가할수록 논토양과는 달리 뚜렷한 경향은 나타나지 않았으나 염분농도 0%와 비교해 보면 염분농도 증가로 인해 급격히 부식속도가 증가하는 것으로 나타났다.

논토양과 밭토양을 비교해 보면, 논토양은 염분농도 증가로 인해 뚜렷하게 부식속도가 증가한 반면 밭토양의 경우는 염분농도 0%에 비해서는 크게 부식속도가 증가하였으나 염분농도와 크게 관계없이 비슷한 부식속도를 나타내었다. 이는 균일부식이 발생하기 위해서는 부식용액이 전체 금속 표면에 동일한 영향을 미쳐야 하지만 Fig. 2에서 두 대상토양의 토성에서 나타났듯이 상대적으로 작은 입경이 고르게 분포하고 있는 논토양에서 균일부식이 더 활발히 진행된 것으로 판단되었다. 그리고 염분농도 0%를 비교해 보면 논토양 0.008mm·yr<sup>-1</sup>, 밭토양 0.0002mm·yr<sup>-1</sup>로 밭토양보다 논토양에서 부식속도가 크게 높은 것으로 나타났다. 이는 토성의 차이로 볼 수 있으며, 상대적으로 입경이 작고 고르게 분포하는 토양에서 부식속도가 큰 일반적인 특성이 그대로 반영된 것으로 판단되었다. 국내의 경우 온실은 대부분 논(약 80.0%)에 설치되어 있고, 간척지의 경우도 토양의 입자의 세립정도는 일반 논토양보다 높을 것으로 판단되기 때문에 파이프 부식에 대한 철저한 대비가 있어야 할 것으로 판단된다.

## 2. 수중환경에서 염분농도에 따른 온실부재의 부식속도

Fig. 9는 각 염분환경의 수중에서 꺼내어 부식생성물을 제거한 시험편을 나타낸 것이다. 토조 실험의 결과와

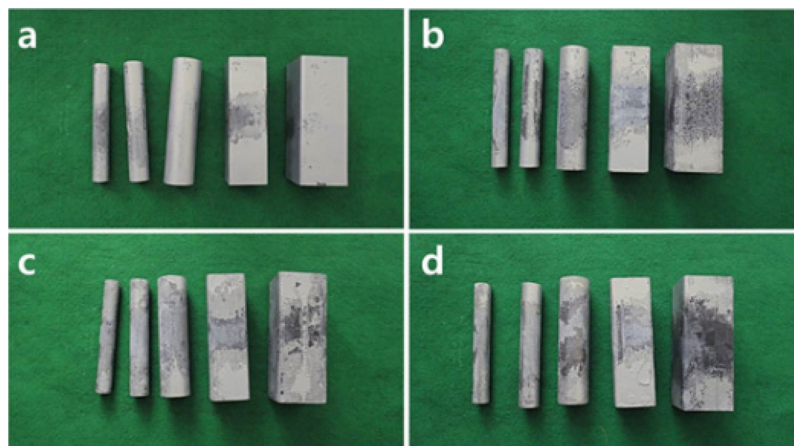
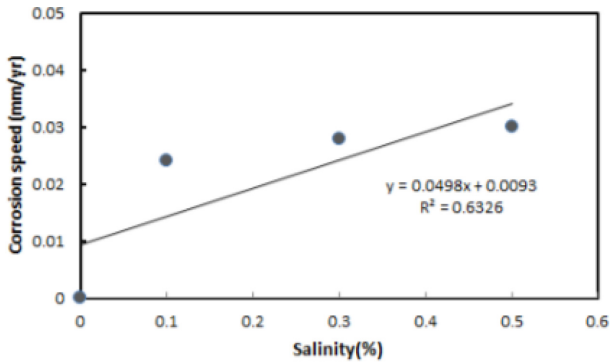


Fig. 9. Corrosion of test pipe in underwater environment (a: 0% salinity; b: 0.1% salinity; c: 0.3% salinity; d: 0.5% salinity).

**Table 6.** Corrosion growth rate of test pipe in underwater environment according to salt concentration.

Salt concentration(%)			
0	0.1	0.3	0.5
0mm·yr <sup>-1</sup>	0.024mm·yr <sup>-1</sup>	0.028mm·yr <sup>-1</sup>	0.030mm·yr <sup>-1</sup>



**Fig. 10.** Corrosion growth rate of test pipe in underwater environment according to salt concentration.

같이 육안으로도 염분농도에 따른 부식정도의 차이가 뚜렷하게 관찰되었으며, 염분농도가 증가할수록 피막을 형성하였던 시험편의 표면이 전반적으로 검은색의 부식현상이 발생되었다.

각 염분농도별 수중환경에서 시험편의 부식속도 측정 결과는 Table 6에 염분농도별로 나타내었으며, Fig. 10에 그 결과를 도식화 하였다. 이때 시험편의 부식속도는 시험편으로 사용된 총 5종의 아연도 강관 파이프의 결과에 대한 평균값을 나타낸 것이다. 염분농도 0, 0.1, 0.3, 0.5%에서 각각 0, 0.024, 0.028, 0.030mm·yr<sup>-1</sup>로 염분농도가 증가할수록 부식속도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과에서 보면 토양환경일 때 보다 수중환경에서 시험편의 부식속도가 낮았는데 이는 토양의 공극으로 인해 수중환경보다 토양환경에서 수분과 산소의 접촉이 더 용이하기 때문에 부식이 더 활성화 되는 것으로 판단되었다.

### 적 요

간척지 내 토양은 염분농도 및 함수비가 일반지역에 비해 상당히 높기 때문에 간척지에 매입된 온실의 부재는 높은 부식 환경에 노출된다. 염해의 환경에서는 파이프 골조로 이루어진 온실의 기초 및 기초와 이어진 파이프에 부식을 촉진시키기 때문에 이에 대한 보수/보강 기술개발 및 효율적인 유지 관리가 필요하다. 본 연구에서는 염해의 위험성이 높은 간척지에 적합한 온실의 유지관리, 보수/보강에 대한 기준을 마련하기 위한 기초자

료로서 토양염분환경에서 온실부재의 부식속도를 측정하였다. 각 온실파이프는 염분농도가 0%, 0.1%, 0.3% 및 0.5%인 토양 및 수중환경에 관찰기간동안(480일) 노출시켜 부식속도를 측정하였으며, 그 결과 육안으로도 염분농도에 따른 부식정도의 차이가 뚜렷하게 관찰되었으며, 시험편의 표면이 검은색의 부식현상과 함께 비교적 고르게 부식되는 균일부식의 형태를 나타내었다. 논토양의 경우 염분농도 0, 0.1, 0.3, 0.5%에서 각각 0.008, 0.027, 0.036, 0.043mm·yr<sup>-1</sup>로 염분농도가 증가할수록 부식속도가 뚜렷하게 증가하는 경향을 나타내었고 밭토양의 경우, 염분농도 0, 0.1, 0.3, 0.5%에서 각각 0.0002, 0.039, 0.040, 0.039mm·yr<sup>-1</sup>의 부식속도를 나타내었다. 상대적으로 세립질이 많은 논토양에서 부식속도가 더 높은 것으로 나타났으며, 이는 입경이 작고 고르게 분포하는 토양에서 부식속도가 높은 일반적인 특성이 그대로 반영된 것으로 판단되었다. 간척지의 경우 토양의 입자의 세립 정도는 일반 내륙지역의 농경지 토양보다 높을 것으로 예상되기 때문에 파이프 부식에 대한 철저한 대비가 있어야 할 것으로 판단되었다.

**추가 주제어:** 내구연수; 강관 및 각관 파이프; 밭토양; 논토양; 염도; 간척지

### 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ0094922014)의 지원에 의해 이루어진 것 임.

### Literature cited

Choi, M.K., S.W., Yun, H.T., Kim, S.Y., Lee, and Y.C. Yoon. 2014a. Field survey on the maintenance status of greenhouse in Korea. Protected Hort. Plant Fac. 23(2):148-157 (in Korean).

Choi, M.K., S.W., Yun, H.T., Kim, S.Y., Lee, and Y.C. Yoon. 2014b. Current status on the greenhouse foundation. J. Agric. & Life Sci. 48(3):251-260 (in Korean).

Kim, M.G., S.W. Nam, W.M. Suh, Y.C. Yoon, S.G. Lee, and H.W. Lee. 2000. Agricultural structural engineering. ed. Hyangmunsa. Seoul, Korea. p. 54 (in Korean).

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2012. Approach to Establish a comprehensive plan for Agricultural land use of reclaimed land. Sejong, Korea. p. 4 (in Korean).

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2014a. Greenhouse status for the vegetable grown in facilities and the vegetable productions in 2013. Sejong, Korea. p. 61-65 (in Korean).

- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2014b. Cultivation status of floricultural crop in 2013. Sejong, Korea. p. 10-12 (in Korean).
- Nam, S.W., and Y.S. Kim. 2009. Actual state of structures and environmental control facilities for tomato greenhouses in Chungnam region. *Jour. Agri. Sci. Chungam Nat'l Univ.* 36(1):73-85 (in Korea).
- Nam, S.W., and I.H. Yu. 2000. A field survey on the structures and maintenance status of pipe framed greenhouse. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineer.* 42(4):106-114 (in Korean).
- Nam, S.W., I.H. Yu., and J.W. Kim. 2001. Technology development of repair, reinforcement and maintenance us of pipe framed greenhouses. ed. Ministry of agriculture and Forestry, Gwacheon, Korea p. 26-102 (in Korean).