

시설재배지토양의 이화학적 특성변화

Characteristics of Soils Under Protected Cultivation

홍 성 구* · 이 남 호* · 전 우 정*
Hong, Seong Gu · Lee, Nam Ho · Jun Woo Jeong
황 한 철* · 남 상 운* · 윤 영 순*
Hwang, Han Chul · Nam, Sang Woon · Yoon, Young Soon

Summary

Salt accumulation is frequently experienced in soils under protected cultivation. Since protected cultivation does not have rainfall and resulting infiltration, salt accumulation in the soils is inevitable. In this study, analyzed were chemical characteristics of soils under protected cultivation to investigate the factors which may contribute the salt accumulation. Soil samples were collected from 99 protected cultivation facilities around Ansong-Gun, Gyungki-Do and analyzed for electrical conductivity, pH, organic matter contents. The results showed that there was no significant trend of changes in electrical conductivity and pH along cultivation years. The only factor influencing salt accumulation was irrigation type. Soils in facilities using drip irrigation showed higher electrical conductivity than those using diversion-hose type irrigation.

I. 서 론

시설재배지토양은 노지토양과는 여러 가지 다른 특성을 갖고 있다. 시설내에서는 강우가 차단되고 관개에 의해서만 작물이 필요로하는 수분이 공급되기 때문에 물의 이동이 노지토양과는 매우 다르다. 또한 집약적인 재배방식으로 인해 다비하는 경향이 많아 노지토양에서 발생되지 않는 각종 문제점이 발생하게 된다. 시설재배지토양에서 발생하는 여러 가지

문제점 가운데 염류집적은 가장 대표적인 것으로서 염류집적이 발생하게 되면 작물이 제대로 성장하지 못하고 각종 병해를 입을 수 있다. 염류집적 이외에 시설재배지토양에서 발생하는 문제점으로 여러 가지 가스의 발생, 미생물상의 변화 등이 있다.

염류집적으로 인한 작물의 생육장해는 사용된 비료성분 가운데 작물에 의해서 흡수되지 않고 토양에 남아있어 직접적으로 농도장해를 일으키거나 혹은 간접적으로 영양성분의 흡수

* 안성산업대학교 농학부

키워드 : 시설재배지토양, 염류집적, 전기전도도

를 저해하는 생리적 장애가 발생하는 것을 일컫는다. 토양내 염류의 종류는 암모니아, 질산, 칼륨, 황산, 염소 등의 성분이며 칼슘이나 마그네슘도 비료성분과 결합하여 염류장해를 일으키는 화합물로 변화한다. 시설재배지토양의 주요 염류집적물질은 질산칼슘과 염화칼슘이 있다. 이러한 염류가 토양에 고농도로 존재하면 작물의 수분이나 양분 흡수가 저하되고, 심하게 되면 잎이 누렇게 변화하여 말라 죽게 된다.

시설재배지토양에서 이와같은 염류집적에 대하여 많은 조사와 연구가 진행되어 재배년수에 따른 토양의 이화학적 특성이 다각적으로 밝혀진 것은 사실이나 특성변화에 영향을 미치는 각종 요인의 파악과 이를 개선하기 위한 대책의 체계적 정립은 아직 미미한 실정이다.

본 연구에서는 시설재배지토양에서의 재배 및 토양조건에 따른 토양의 이화학적 특성의 변화에 대하여 조사하고 특히, 염류집적에 영향을 미치는 요인을 구명하고자 하며, 염류집적을 방지할 수 있는 방법을 강구하는 데 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 설문조사방법

시설재배지토양의 이화학적 분석을 위해서 경기도 안성군 및 인접지역에 분포하는 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취를 하여 본 연구를 수행하였다. 설문조사에서는 다음과 같은 항목들을 조사하였다.

- 재배년수
- 재배작목
- 관수방법
- 퇴비 시용량
- 염류집적방지시설의 설치 여부
- 염해여부 및 피해 상황
- 휴한기 관리방법 유무

2. 시료채취방법

시료는 시설내 토양을 대표할 수 있도록 각각의 시설에 대하여 4개의 지점을 설정하여 채취하였으며, 분석목적에 따라서 3가지로 나누어 보관하였다. 토성을 분석하기 위한 시료는 50cm 깊이로 채취하였다. 반면에 토양수분과 화학적분석을 하기 위한 시료는 토층을 10m 깊이로 나누어 채취, 보관하였다. 시료는 대부분 실험실에서 분석되어야 하므로 채취 후 시료의 오염을 방지토록 시료보존에 각별한 주의를 기했다.

3. 분석방법

가. 토양수분의 측정

현장에서 시료를 채취한 직후와 104℃에서 24시간 건조 후의 중량을 각각 측정하여 수분함량을 계산하였다.

나. pH 및 전기전도도의 측정

시료를 실내에서 건조한 후 건조시료(풍건토) 중량의 5배에 해당하는 증류수를 혼합하여(1:5) 방치한 후 토양용액의 전기전도도와 pH를 측정하였다. 전기전도도의 측정에는 일본 대립전기의 CM-20E EC meter를, pH는 Orion사의 pH meter를 이용하였다.

다. 유기물함량의 측정

토양의 유기물함량은 풍건시료 0.1~0.5g을 취하여 중크롬산용액을 가하고 가열, 유기물을 산화시키고 과잉의 크롬산을 Mohr의 염으로 적정하는 방법으로 탄소량을 산출하여 계산하였다.

시료분석을 통해서 얻은 자료를 이용하여 경과년수에 따른 전기전도도와 같은 주요항목의 변화, 분석항목 상호간의 관계, 토층별 분포등을 알아보았다. 전기전도도는 토양의 염류농도를 간접적으로 나타내는 지표이므로, 전기전도도와 밀접한 관련을 맺고 있는 요인

들을 파악하고자 했다. 자료해석에는 관수방법, 유기물함량, 토성, pH, 재배작목 등을 포함하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사시설의 개황

설문조사 및 시료채취는 총 99개 시설에서 이루어졌다. 조사된 시설 가운데 채소류 재배농가는 93%, 화훼류 재배농가는 7%였다. 특히 오이를 재배하는 농가가 절반이상을 차지하고 있었으며 그 외에는 토마토, 참외, 가지, 호박 등 다양한 작목이 포함되었다. 조사시설의 약 67%에 해당하는 시설이 경과년수가 2~6년이었으며, 20년이 넘는 시설도 있었다. 조사된 시설의 경과년수는 Table 1과 같다.

Table 1. Distribution of period of cultivation for sampled facilities

Period of cultivation(year)	Number of facilities
<1	6
2- 3	30
4-66	37
7-10	5
11- 5	8
16-20	8
21<	5

2. pH 분포

10cm 간격의 토층별로 채취된 시료에 대하여 pH를 측정된 결과, 표토층의 pH 분포는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 평균 pH는 6.39로서 조사시설의 절반이상이 pH 6~7 범위에 들었으며 최고치는 7.75, 최소치는 4.56로 나타났다. 평균 pH, 6.39는 우리나라 시설재배지토양의 평균 pH 와 비슷한 값이다⁴⁾. 또한 채소재배에 적합한 pH의 범위는 6~7임에도 불구하고 5.5이하의 강산성인 토양이 약 13% 차지하였다.

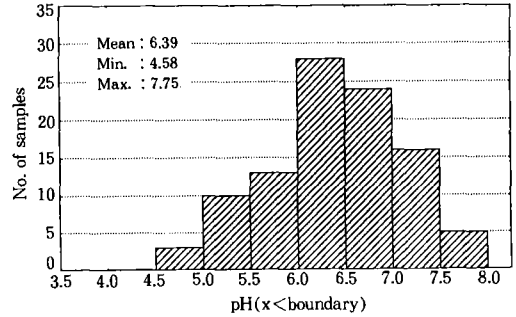


Fig. 1. Distribution of pH at top soil layer

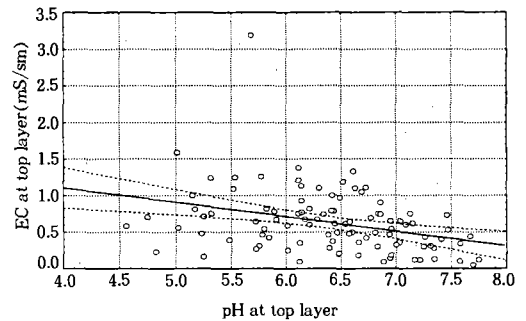


Fig. 2. Relationship between pH and EC at top soil layer

pH와 EC의 관계를 살펴보면 EC가 감소함에 따라서 pH가 다소 증가하는 경향을 볼 수 있었다(Fig. 2). 즉, 염류농도가 증가함에 따라서 토양이 산성화하는 경향을 볼 수 있다. 일반적으로 시설재배지토양 자체의 pH는 산성, 염기성 등 다양한 반면, 토양용액의 pH는 대체로 중성에 가까운 경우가 많다⁵⁾. 토양의 콜로이드권에 칼슘이 많이 흡착되어 있는 경우, 토양용액에 있는 수소이온이 칼슘과 치환되어 토양용액은 중성으로 유지되기 때문이다. 이러한 이유로 시설재배지토양에서 토양용액의 산성은 겉보기의 산성이라고도 한다⁵⁾.

경과년수에 따른 pH의 변화는 뚜렷하지 않았다. 경과년수에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 볼 수 있으나(Fig. 3), 경과년수가 작은 시설에서도 낮은 pH를 보이는 곳이 다수 있었다. 조사시설의 경과년수 분포가 대체로

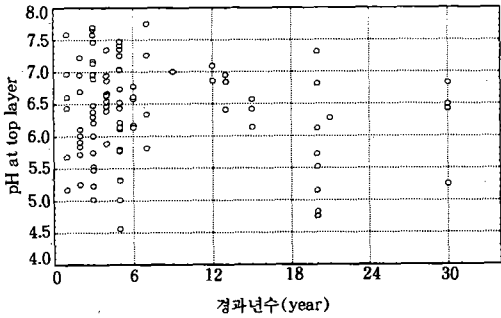


Fig. 3. Distribution of pH over the period of cultivation

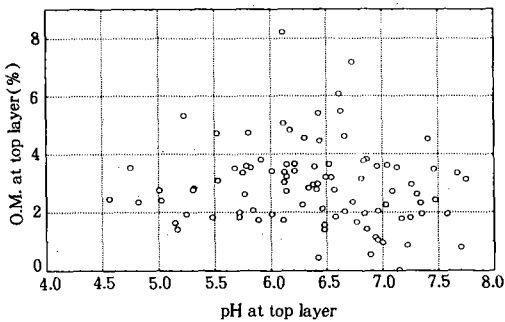


Fig. 4. Relationship pH and organic matter contents

6년 미만인 경우가 대부분이어서 경과년수에 따른 pH 변화를 단정적으로 말할 수는 없으나 앞에서 언급한 바와 같이 토양용액과 토양의 콜로이드권내 이온교환과 같은 기작으로 인해 산성화경향은 뚜렷하지 않은 것으로 판단된다.

유기물함량은 평균 2.9%로서 대체로 1~4%의 범위에 있었다. 다수의 시설이 비교적 풍부한 유기물함량을 보이고 있었다. 토양 유기물함량과 pH와의 관계를 살펴보면 Fig. 4에 나타난 바와 같이 상관관계가 거의 없었다.

3. 전기전도도

작물이 정상적으로 생육할 수 있는 전기전도도(1:5)의 범위는 대체로 0.3mS/cm 이하로 볼 수 있다. 0.3mS/cm 이하의 토양에서는

계획시비량을 할 수 있으나 0.5mS/cm 이상의 토양에서는 시비량을 적절히 감량하여야 염류장해를 회피할 수 있는 것으로 권장되고 있다²⁾. 토성별, 작물의 내염성별 한계염류농도는 Table 2에 나타난 바와 같다.

내염성이 약한 채소류로는 상치, 딸기, 양파 등이 있으며, 강한 종류에는 시금치, 배추, 양배추, 무우 등이 있고, 중간 내염성을 가지는 종류에는 오이, 토마토, 가지, 고추, 파, 당근 등이 있다³⁾.

조사시설의 표층에서 측정된 전기전도도는 평균 0.63mS/cm로서 대부분이 0.2~0.8mS/cm의 범위에 있었으며 0.5mS/cm 이상의 시설이 약 56% 차지하였다(Fig. 5). 그러나 설문조사에 의하면 대부분의 농가가 계획시비량 또는 그 이상으로 시비를 하고 있어 앞으로 특별한 방지대책이 없는 경우, 염류장해로 인한 피해가 심화될 것으로 추정된다. 전기전도도가 1.0mS/cm 내외의 토양에서는 최소한 토양이 너무 건조되지 않도록하는 것이 권장되고 있다.

Table 2. Critical EC for different type of soils(soil : water=1 : 5)¹⁾

Soil texture	Tolerance of plants to salt(mS/cm)		
	Low	Medium	High
Sand	0.3	0.4	0.5
Alluvial clay loam	0.6	0.7	0.7
Humic clay loam	0.7	0.7	0.9

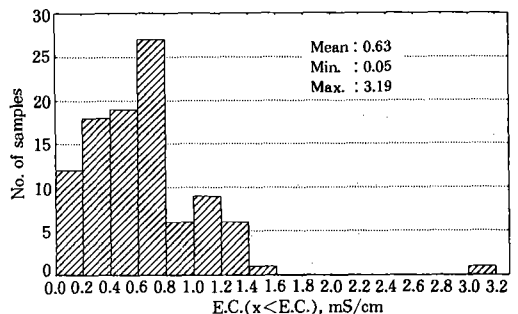


Fig. 5. Distribution of EC at top soil layer

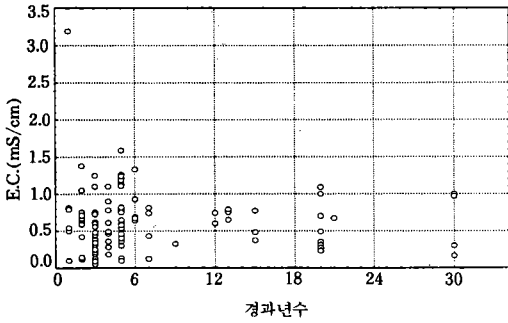
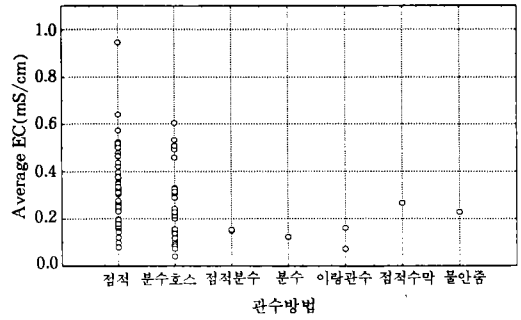


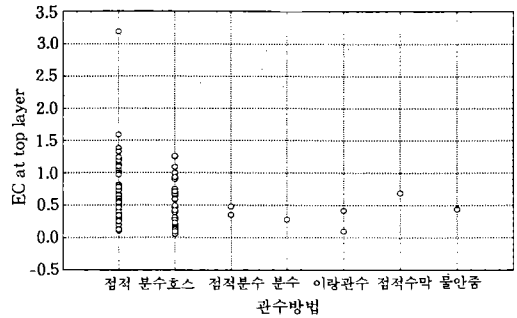
Fig. 6. Distribution of EC over the period of cultivation

시설의 경과년수에 따른 EC의 변화는 뚜렷하지 않음을 Fig. 6으로부터 알 수 있다. 조사된 시설의 경과년수의 분포가 대체로 6년 미만으로서 자료가 비교적 제한적이지만 시설재배기간이 증가함에 따른 EC의 증가는 관찰할 수 없었다. 경과년수에 따른 뚜렷한 EC의 변화가 보이지 않는 것은 토양시료를 채취한 기간이 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수를 하고 있었고 작물의 재배직전에 대부분 경운을 하기 때문에 염류의 분산 및 저층으로 이동되었기 때문으로 판단된다. 조사시설 가운데 시료채취시 작물을 재배하지 않고 있는 경과년수 2년의 시설에서는 짧은 경과년수에 비해서 표층의 EC가 1.05mS/cm로 높게 나타났다. 전체 EC 평균값에 비해서 상당히 높은 수치로서 작물의 고사한계에 가까운 농도이다. 이는 시료채취시 시설의 상태에 따라서 토양의 EC가 크게 변화할 수 있음을 시사하는 것이다.

관수방법으로는 점적관개와 분수호스에 의한 방법이 대부분을 차지하고 있었다. 관수방법에 따른 EC의 분포를 살펴보면 Fig. 7에 나타난 바와 같이 분수호스에 비해서 점적관수방법을 행하는 시설의 토양에서 EC가 다소 높게 나타났다. 50cm 전층에 대하여 점적관수를 이용하는 시설에서는 평균 EC가 0.32mS/cm인 반면에 분수호스의 경우 0.25mS/cm



(a) Comparison of depth-average EC



(b) Comparison of EC at top soil layer

Fig. 7. Distribution of EC for different irrigation types

cm로 나타났다. 두 관수방법간 평균 EC는 통계적으로 신뢰도 95% 수준에서 유의성이 검증되었다. 한편, 표층토양을 대상으로 비교했을 때는 점적관수를 이용하는 시설에서 평균 EC가 0.71mS/cm인 반면에 분수호스의 경우 0.52mS/cm로 나타났다. 이 두 관수방법간 평균 EC값의 차이는 90% 수준에서 유의성이 검증되었다. 즉, 관수방법에 따라서 토양용액의 염류농도가 영향을 받을 수 있다는 것이다.

토양의 유기물과 EC와의 관계는 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 토양의 유기물함량이 다소 높은 토양에서 EC가 높게 나타나고 있으나 뚜렷한 경향은 보이지 않고 있다. 토양유기물의 의미를 살펴보면 긍정적인 면으로서 유기물 자체가 작물의 양분 공급원이 되며, 토양의 물리성을 향상시키고, 토양생물에 좋은 토

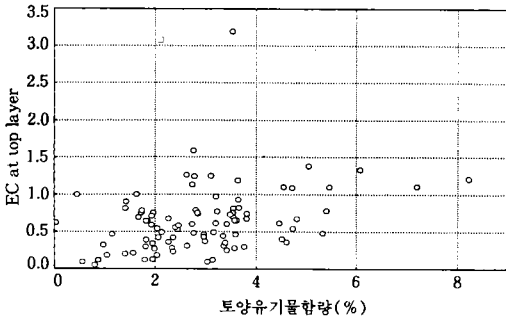


Fig. 8. Relationship between EC and organic matter contents

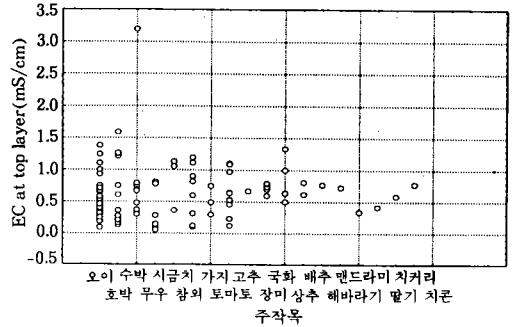


Fig. 10. Distribution of EC for different plants

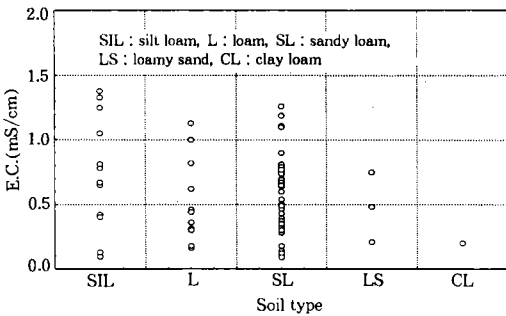


Fig. 9. Distribution of EC for different soil types

양환경을 제공하는 반면, 부정적인 측면으로 무기 성분량의 과잉공급을 들 수 있다. 한편, 토양내 염류집적과 관련지어 볼 때, 토양내 유기물함량이 높으면 보수력이 향상되어 토양 용액중의 염류농도를 낮출 수 있게 된다.

토성에 따라서 토립자에 흡착되는 염류량은 크게 변화할 수 있으나, 본 조사결과에서는 토성에 따라서 전기전도도는 크게 차이가 나지 않았다. 일반적으로 동일량의 비료를 시비했을 때, 전기전도도의 상승률은 사질토양에서 가장 크고, 염기치환용량이 큰 양토나 점토질토양에서 작게 나타난다. 토양의 유기물함량 또한 염기치환용량이 크므로 염류농도를 관리하기 위해서는 적정량의 토양 유기물함량을 유지하는 것이 좋다.

시비량과 비종은 조사시설의 수에 비해 너무 다양하여 시비량이나 비종에 따른 분류를

통해 염류집적분포를 살펴보는 것은 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 재배작목의 종류에 따른 EC 분포를 살펴보았다(Fig. 10). 조사시설 10개 이상을 차지하는 작목은 오이, 호박, 그리고 토마토였으며, 이들을 재배하고 있는 시설의 평균 EC는 각각 0.55, 0.70, 0.59mS/cm로서 전체 EC 평균 0.63mS/cm와 현저한 차이는 보이지 않았다.

조사과정을 통해서 시설재배지토양내 염류집적억제를 위한 여러가지 노력을 살펴볼 수 있었다. 염해방지 및 지력향상을 위해서 유기질비료 혹은 퇴비를 사용하는 농가가 많았으며, 휴한기에 석회를 사용하는 농가도 조사되었다. 그러나 살포하는 퇴비량과 토양 EC는 큰 관계가 없음을 앞에서 보았다. 특기할 사항으로서 일부 농가에서는 병해예방과 염류집적억제를 위해서 황성탄을 사용하기도 하였는데 유사한 조건의 시설들에 비해서 EC가 비교적 낮게 나타났다. 조사시설 가운데 약 13%가 염류집적에 대한 방지책을 도입하고 있었으며 이들의 평균 EC는 0.48mS/cm로서 그렇지 않은 농가의 평균농도 0.65mS/cm보다 약간 낮은 수치를 보였다.

4. 토층별 EC의 분포

앞에서 살펴본 바와 같이 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 뚜렷한 경향을 보이지

않았다. 따라서 경과년수에 따른 토층별 EC는 큰 의미가 없으므로 호박을 재배하는 4개의 시설에 대하여 토양수분함량에 따른 토층별 EC를 살펴보았다. 표토층에서 현저히 높은 EC를 보여주고 있으며 10cm 아래의 토층에서는 EC가 거의 균등하게 나타났으며, 함수율이 낮은 토양에서 표층의 EC가 높게 나타남을 알 수 있다(Fig. 11).

토층별 EC 분포조사에서 살펴본 동일한 시설을 대상으로 토층별 pH 분포를 조사하였다. Fig. 12에서 보이는 바와 같이 토양용액 중의 pH는 큰 변화가 없었으며 시료채취시의 토양 함수율변화에 따른 주목할 만한 경향은 보이지 않았다.

토양의 유기물함량은 표토층에서 다소 높게

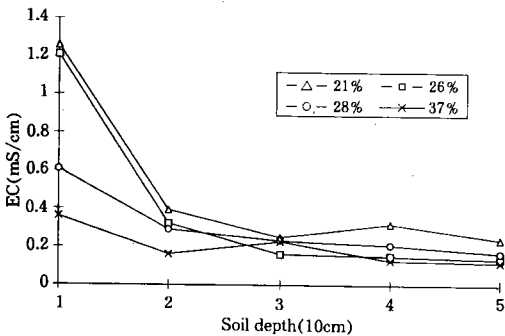


Fig. 11. Distribution of EC for each soil layer and different soil water content

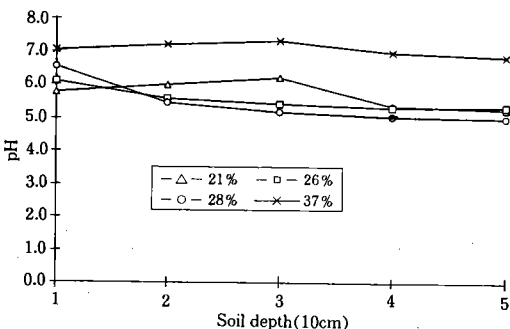


Fig. 12. Distribution of pH for each soil layer and different soil water contents

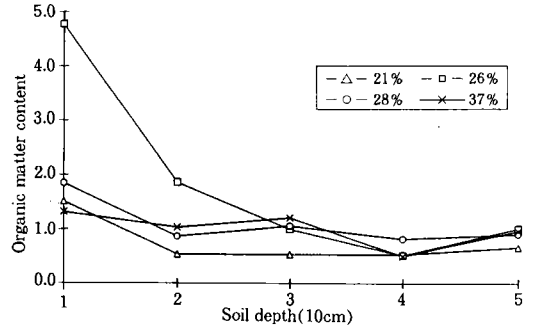


Fig. 13. Distribution of organic matter content

나타났으나 EC와 같이 토층 및 함수율간 일관된 변화는 보이지 않았다. 토양수분함량에 관계없이 10cm 아래의 토층에서는 모두 1% 내외로서 비교적 균등한 유기물함량을 보이고 있다.

IV. 결론 및 요약

시설재배지토양의 이화학적 특성을 조사하고 염류집적에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해서 경기도 안성군 및 인접지역의 99개 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취 및 분석을 수행하였다. 채취한 시료에 대하여 함수율, 토양용액의 pH, 전기전도도, 유기물함량 등을 분석하였으며 설문조사에 포함된 관수방법, 경과년수, 재배작목 등과 관련지어 자료를 해석하였다.

조사된 시설에 대한 표층의 평균 pH는 6.39였으며, EC는 0.63mS/cm, 유기물함량은 2.9%로 나타났다. 전기전도도 즉, 염류농도가 증가함에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 관찰할 수 있었다. 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 뚜렷하지는 않았다. 이것은 토양 시료의 채취시기가 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수가 이루어지고 있었고, 작물재배 직전에 행한 경운으로 인하여 염류가 분산 및 저층으로 이동되었기 때문인 것으로 판단된다. 염류농도의 지표로서 전기

전도도는 관수방법에 따라서 영향을 받았는데, 점적관수에 비해 분수호스에 의해 관수하는 시설의 전기전도도가 낮았다.

토층별 전기전도도의 분포를 살펴보면 표층에서 가장 큰 값을 보이며 시료채취시의 수분 상태에 따라서 영향을 받는 것으로 보였다. pH나 유기물함량은 토층의 깊이에 따라서 큰 변화를 보이지 않았다.

참 고 문 헌

1. 김춘식, 비닐하우스 토양의 염류집적 장애

와 대책, 새농사, pp.38-41 1981.

2. 박권우, 관개수, 농약오염과 염류집적의
원인과 대책, 최신원예, pp.12-15 1987.

3. 박길순, 시설원예토양의 염류집적장애에
대한 소고, 농협대학, pp.83-92 1980.

4. 박중춘, 조정래, 엄성균, 신원교, 한길영,
정연옥, 토양의 이화학적 특성과 염류집적
에 관한 연구, 경상대학교 농업연구소보
22(1)123-181 1988.

5. 산전영생, 하우스 토양의 특성과 개량, 한
국원예기술정보센터, 186P 1993.