

경남지역 양액재배용 지하수의 이온 분포특성

신 원 교*, 이 영 한, 전 성 건, 황 연 현, 조 강 희
경남농업기술원

Ionic Characteristics of the Ground Water for Hydroponics in Kyeongnam Area

Shin, Won-Kyo* · Lee, Young-Han · Cheon, Seong-Gun ·

Hwang, Yeon-Hyeon and Cho, Kang-Hee

Kyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chin-ju 660-370, Korea.

Abstract

This study was carried out to investigate the quality of ground water for hydroponics in Kyeongnam area in 1995. Water samples were collected and analyzed from 77 wells in green houses throughout Kyeongnam area. The values of several components in well water were as follows ; 7.4 in pH, 0.46dS/m in EC, 0.3mg/L in $\text{NH}_4\text{-N}$, 25.4mg/L in Ca^{2+} , 42.6mg/L in Cl^- and 72.5mg/L in SO_4^{2-} . The pH value showed high positive significance of relationships with Ca^{2+} and EC. Also, the EC value showed high positive significance with Na^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} and Cl^- .

주 제 어 : 수경재배, 지하수, 수질, 전기전도도

Key words : hydroponics, well water, water quality, EC

* corresponding author

서 언

국내 원예학계의 최근 연구 동향을 종합분석해 보면 재배방식(김, 1993 ; 이 등, 1993) 및 배양액 농도(노 등, 1995a, 1995b)에 관한 연구가 활발해지고 있다. 또 농가의 양액재배 면적이 1994년 이후 남부지방에서 급격히 늘

어가는 추세이다. 그러나 양액재배를 새로 도입하는 농가는 물론 기존의 농가도 기술적인 측면에서 부딪치는 애로 과제가 많다. 그 중 에서 原水의 화학특성을 파악하여 이에 맞는 양액처방을 하는 것은 안정생산의 선결조건이다. 철분 등이 많을 때 여과 또는 흡착법으로 정수하여 사용할 수 있지만 경제성이 관

건이며(加藤, 1994), 중탄산과 같은 음이온은 산처리법으로 중화시켜 사용하는 것이 우리나라에서도 보편화된 기술의 하나이다. 일본 및 네덜란드 등에서는 원수의 수질기준이 제시되어 있고(Benoit, 1992 ; 호남온실, 1994) 우리나라에서도 잠정적인 기준이 제시되어 있으나(배 등, 1995), 수질에 관한 전반적인 평가가 더 필요하다고 본다.

본 조사연구는 1995년 경남지역 양액재배 원수의 특성을 파악한 것으로 양액재배 기초 자료로 활용할 수 있기를 바란다.

수질 분석시료는 양액재배용 지하수를 일정양을 흘려보낸 후 1개소당 복합시료 1점을 1.5ℓ 폴리에틸렌 통에 채취하여 얼음상자에 넣어 운반하였다. pH는 Orion 520 pH meter로, EC는 TOA Conduct meter로, NH₄-N과 NO₃-N은 Kjeldahl 증류법으로, PO₄는 Ammonium molybdate 비색정량법으로, 치환성 양이온은 원자흡광분광광도계(Hitachi 170-30)로, Cl은 질산은적정법으로, SO₄²⁻는 BaCl₂ 비탁법으로 각각 분석하였다(日本農林水産省, 1992 ; William, 1980).

재료 및 방법

양액재배 원수의 조사장소는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 진주 2, 창녕 25, 창원 3, 통영 6, 합천 3, 함안 9, 김해 15, 밀양 5, 울산 2, 양산 7개소 등, 총 77개소를 대상으로 1995년 3월부터 8월 사이에 조사하였다.

결과 및 고찰

조사지역의 지하수 깊이는 10~500m로서 전체 평균은 84m였다(Table 1). 조사지역중 창원지역이 평균 120m로 가장 깊었으며, 김해지역이 평균 35m로 가장 낮았다. 깊이별 분포빈도는 50~100m인 것이 36.3%, 100m 이상되는 것이 39.1%였다.

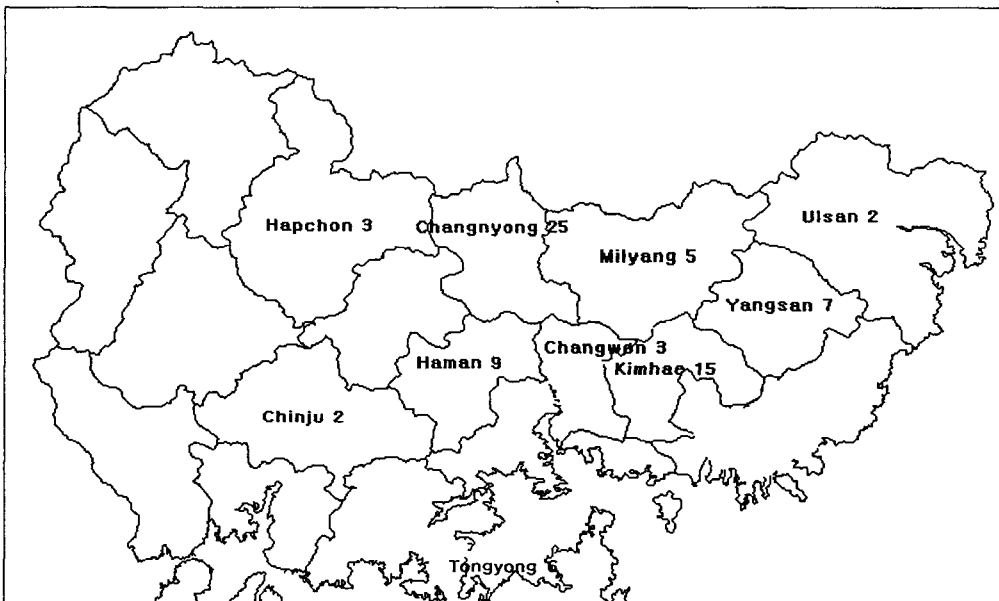


Fig. 1. The location map of analyzed ground water used for hydroponics in Kyeongnam area in 1995.

Table 1. Regional average of ionic concentration in the ground water used for hydroponics in Kyeongnam area in 1995

Region	No. of sample sites	Depth m	pH	EC dS/m	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	mg/L					
								K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Chinju	2	-	7.2	0.24	0.30	0.10	0.66	1.8	14.0	12.9	16.8	24.8	20.1
Changnyong	25	114	7.7	0.50	0.58	0.34	2.97	2.3	37.0	16.4	16.0	27.1	78.6
Changwon	3	120	7.8	0.66	0.34	0.42	5.07	4.0	23.8	12.4	32.7	100.8	35.8
Tongyong	6	50	7.4	0.37	1.82	0.17	2.47	1.2	0.7	0.6	-	63.5	11.2
Hapchon	3	37	6.9	0.34	0.33	0.65	8.57	2.6	18.5	7.4	11.1	26.4	11.0
Haman	9	46	7.3	0.57	0.24	0.18	0.95	2.1	44.9	13.0	35.8	34.3	137.6
Kimhae	15	35	7.3	0.58	0.41	0.48	5.46	9.5	25.0	13.1	31.9	77.3	98.5
Milyang	5	102	7.2	0.33	0.61	0.14	0.44	1.2	9.3	5.2	16.2	29.2	66.4
Ulsan	2	105	7.2	0.32	0.13	0.08	1.66	5.5	4.6	6.9	-	25.9	56.2
Yangsan	7	95	7.2	0.17	0.25	0.09	1.45	3.0	5.5	4.7	12.7	17.9	29.8
Average	-	84	7.4	0.46	0.54	0.30	3.09	3.8	25.4	11.5	21.7	42.6	72.5

총 77개 원수 무기성분의 분석결과 평균 함량을 지역별로 나타낸 것은 Table 1과 같다. 또 성분별 평균, 최고치를 표시한 것은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. pH는 6.2~8.4의 범위로 평균 7.4였다. 창녕과 창원에서 pH가 평균 7.7~7.8로 다른 지역에 비하여 높은 반면, 합천지역이 6.9로 낮았다(Table 1). 조사지역의 pH는 일본 양액재배 수질기준인 pH 5.0~8.0 범위 내에 대부분이 분포하였으나, 이 기준보다 높은 지하수는 19.5%였다(Fig. 2-A). pH가 높은 원수는 배양액의 pH를 높여 Fe²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺ 등의 이온이 불용화되는 비율이 높아져서 결핍증상이 일어날 수 있다. 따라서 이러한 물은 배양액 조제시 적정량의 질산이나 인산을 사용하여 배양액의 pH를 5.5~6.5 범위로 조절하여 사용해야 한다고 알려져 있다(이 등, 1994; 加藤, 1994).

EC는 0.11~1.44dS/m의 범위로서 조사지역 간에 차이가 많았다. 창원, 김해, 함안 및 창녕은 평균 0.5dS/m 이상으로 양산 0.17dS/m

보다 훨씬 높게 나타났다(Table 1). 이와 같이 창원, 김해, 함안, 창녕 지역의 EC가 높은 것은 창원 및 김해는 해안지대, 창녕은 온천지대, 함안은 대규모의 단지화된 시설원예지대의 영향으로 다른 지역에 비해 Na⁺, Cl⁻, NO₃-N, SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 등의 무기성분 함량이 높았기 때문인 것으로 생각된다. 지하수 중 EC의 분포빈도는(Fig. 2-B) 0.3~0.4dS/m인 수질이 46.7%로 가장 많았다. 일본양액원수 수질기준인 0.3dS/m 이상은 71.4%, 네덜란드 원수 수질기준 0.5dS/m 이상은 24.7%로 나타났다. 따라서 기준치 이상의 EC 값을 나타내는 지하수에 대해서는 먼저 EC를 증가시키는 주성분이 무엇인지 파악하는 것이 선행되어야 한다. EC 값이 높은 지하수를 배양액 원수로 사용해야 할 경우, 그 성분량을 고려하여 배양액을 조제해야 한다고 판단된다. 또한, EC 값이 높지 않은 빗물, 하천수 및 수돗물 등 확보 가능한 수원을 활용하는 것이 보다 바람직한 방법으로 알려

져있다.

$\text{NH}_4\text{-N}$ 의 분포 범위는 0.01~5.46mg/L로서 평균 0.30mg/L, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 0.05~22.5mg/L의 범위로서 평균 3.1mg/L이었다. 경남지역의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 대체적으로 낮아 양액재배시 크게 문제가 되지 않을 것으로 생각되었으나, 조사지역 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량이 4.0mg/L 이상 되는 수질이 18.1%이므로(Fig. 2-C) 배양액 조제시 수질에 있는 질소량을 계산해야 할 것이다.

Ca^{2+} 은 0.1~121.8mg/L 범위였으며 평균 25.4mg/L이었다. 지역별로 창녕, 함안이 37.0, 44.9mg/L로 높게 나타난 반면, 통영은 0.65mg/L로 낮게 나타났다(Table 1). Ca^{2+} 함량이 20mg/L 이하가 55.8%였으며 일본의 양액원수 수질기준인 40mg/L 이상된 수질은 19.5%였고, 네덜란드 원수 수질기준인 80mg/L 이상인 지하수가 9.1%나 되었다(Fig. 2-D).

Mg^{2+} 는 0.1~36.8mg/L의 범위였으며 평균 11.5mg/L이었다. 지역별로 창녕이 16.4 mg/L로 높았고, 통영이 0.55mg/L로 낮았다(Table 1). 분포빈도를 보면, 5mg/L 이하가 32.4%로 가장 많았고, 일본 양액재배 원수 수질기준 20mg/L이상인 지하수도 19.5%나 되었다(Fig. 2-E).

Na^+ 은 4.6~122.3mg/L의 범위로 평균 21.7mg/L이었다. 지역별로 함안이 35.8mg/L로 높았고, 합천이 11.1mg/L로 낮았다(Table 1). 분포빈도를 보면, 10~19mg/L인 수질이 37.5%로, 일본 양액재배 수질기준 20mg/L 이상인 지하수는 40.6%나 되었다(Fig. 2-F). Cl^- 은 9.2~337.5mg/L의 범위로 평균 42.6mg/L이었다. Cl^- 의 분포빈도를 보면(Fig. 2-G), 15~29mg/L인 지하수가 36.4%로 가장 많았고, 30mg/L 이상인 지하수도 48.1%나 되었다. 다량의 Na^+ 과 Cl^- 을 함유한 원수를 배양액 조제시 그대로 사용하게 되면, Na^+ 과

Cl^- 는 식물에 흡수되는 양이 매우 적으므로 배양액이나 배지에 축적되어 삼투압의 상승을 초래하여 뿌리의 흡수능력을 저하시킬 뿐만 아니라, 길항작용으로 K^+ 과 Ca^{2+} 결핍을 일으킬 가능성이 있기 때문에 수질이 양호한 곳이 양액재배에 유리하다.

SO_4^{2-} 는 1.4~430.8mg/L 범위로 평균 72.5mg/L 이었다. 조사지역중 함안, 김해, 창녕 지역은 SO_4^{2-} 함량이 각각 137.5, 98.5, 78.6mg/L로 다른 지역에 비해 높았는데(Table 1), 이는 토양 모체에 SO_4^{2-} 함량이 많은 것으로 추정되었다. 분포빈도는 30mg/L 이하인 지하수가 50.6%이었으나 120mg/L 이상되는 곳도 15.6%를 차지하였다(Fig. 2-H). 따라서, 양액재배시 SO_4^{2-} 의 고농도에 의한 영향이 우려되는 곳에서는 마그네슘(Mg^{2+}) 공급원을 황산마그네슘($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)에서 질산마그네슘($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)으로 교체하는 등 황산기가 포함된 비료염은 가급적 사용을 억제하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

원수중의 염류를 제거하는 방법으로 역삼투법, 증류법, 이온교환법, 전기투석법 등의 방법이 있지만(加藤, 1994) 아직 경제적인 처리법이라고 할 수 없을 것이다. 또한 수돗물이나 빗물은 각각 Cl^- 와 SO_4^{2-} 을 함유하는 경우가 많으므로 주의해야 할 것으로 생각된다.

77개소의 조사 지하수중 무기성분 상호간의 상관관계 분석은 Table 2와 같다. pH와 1% 수준의 정(+) 상관을 가지는 이온은 Ca^{2+} (0.33**), Mg^{2+} (0.34**), 및 EC(0.29**)였다. EC는 Na^+ (0.68**), Ca^{2+} (0.67**), SO_4^{2-} (0.62**), Cl^- (0.53**)과 1% 수준의 정(+) 상관이 있었다. 일반적으로 지하수의 pH는 HCO_3^- 에 의해 결정적인 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 본 조사에서 pH와 고도의 유의적인 상관성이 있는 Mg^{2+} 와 Ca^{2+} 는 HCO_3^- 와 중탄산염의 형태로 결합되어 있을 것으로 판단된다.

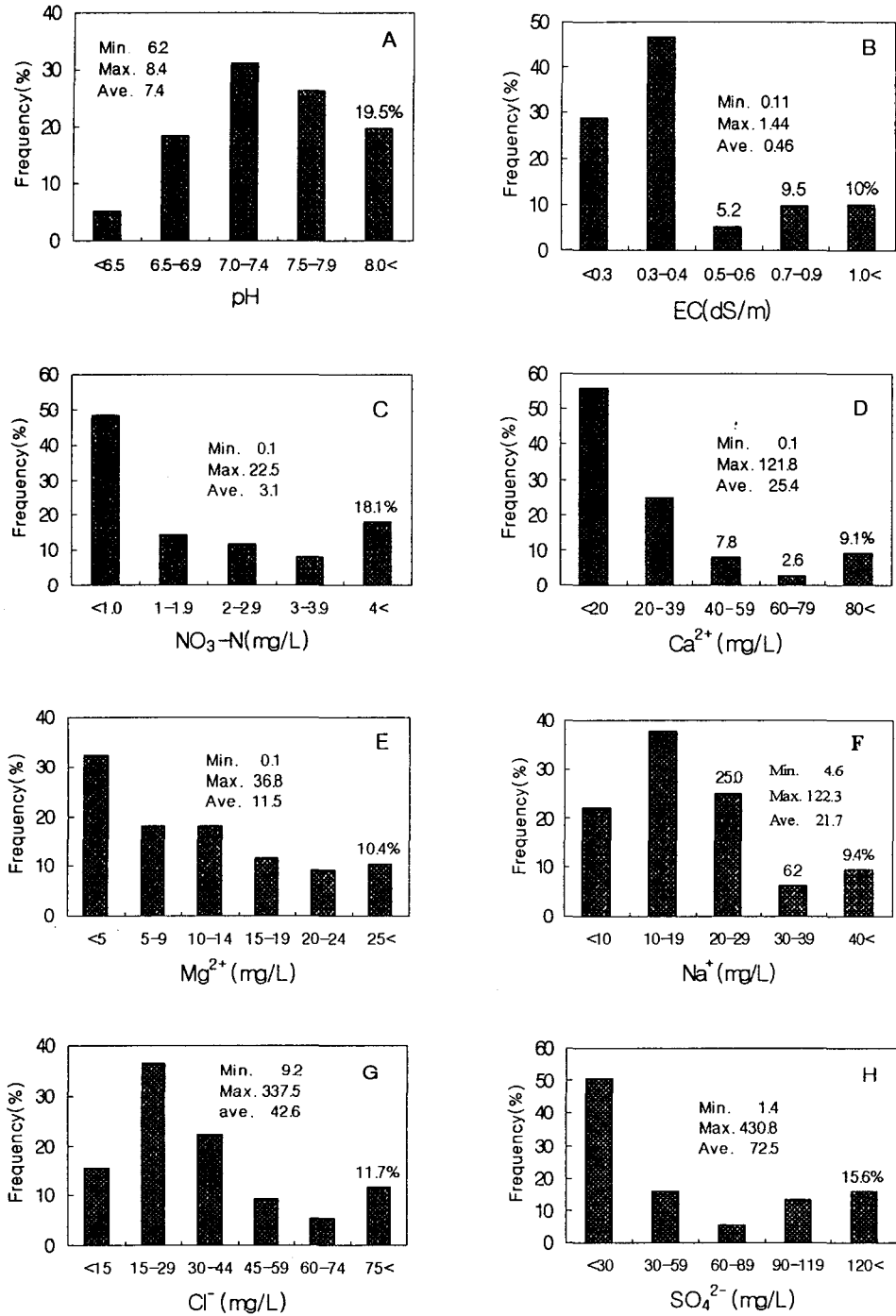


Fig. 2. Frequency distribution of pH, EC, NO₃-N, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻ and SO₄²⁻ in the ground water used for hydroponics in Kyeongnam area in 1995.

Table 2. Correlation coefficient matrix among chemical components in the ground water used for hydroponics($n = 75$)

	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
pH	0.29**	0.04	-0.07	0.22	0.08	0.33**	0.34**	0.12	0.12	0.08
EC	-	0.36**	0.20	0.12	0.26*	0.67**	0.60**	0.68**	0.53**	0.62**
NH ₄ -N		-	0.04	0.05	0.15	0.26*	0.30*	0.59**	0.14	0.34**
NO ₃ -N			-	-0.12	0.40**	0.13	0.26*	-0.29	0.29**	0.03
PO ₄ ³⁻				-	-0.04	0.17	0.10	0.17	0.13	0.02
K ⁺					-	0.19	0.25*	0.81**	0.35**	0.24*
Ca ²⁺						-	0.82**	0.48**	0.09	0.79**
Mg ²⁺							-	0.44**	0.22	0.56**
Na ⁺								-	0.36**	0.72**
Cl ⁻									-	0.01
SO ₄ ²⁻										-

*, ** significant at 5 and 1% levels, respectively

이상의 무기성분 분석 및 상관관계 검토를 종합적으로 볼 때 1995년경 이 지역 양액재배 수질은 기준치를 초과한 곳이 약 1/4에 해당되어 불량 원수를 많이 사용했다고 판단된다. 특히, Na⁺나 SO₄²⁻가 많아서 기준치가 초과되는 경우가 많았는데 하해혼성토 가까운 곳에도 온실이 분포되었기 때문이다. 그렇게 된 원인은 한정된 토지에서 재배지를 선정해야 되는 어려움도 있었고, 또 수질에 대한 인식의 부족도 컸던 데에 있을 것이다.

무토양 양액재배시설은 토양재배보다 설치비가 2배이상 고가인데다가, 또 시설의 개선이나 보수에도 많은 비용이 소요되므로 반드시 사전에 원수를 분석하여 수질이 적절한 곳에서 양액재배를 착수해야 된다고 본다.

적 요

1995년 경남지역에서 양액재배 원수로 사용되고 있는 77개 농가의 지하수 중의 무기성분 농도를 분석한 결과는 다음과 같다. 지하수의 깊이는 10~500m, pH는 6.2~8.4, EC는 0.11~1.44dS/m이었다. 1 liter당 무기성분의 평균함량은 NH₄-N 0.3mg, NO₃-N 3.1mg, PO₄³⁻ 0.5mg, Ca²⁺ 25.4mg, Mg²⁺ 11.5mg, Na⁺ 21.7mg, Cl⁻ 42.6mg, SO₄²⁻ 72.5mg였다. 지하수의 pH와 Mg²⁺(0.34**), Ca²⁺(0.33**) 및 EC(0.29**) 사이에 유의적인 정(+)의 상관을 보였다. 또한 EC와 Na⁺(0.68**), Ca²⁺(0.67**), SO₄²⁻(0.62**), Mg²⁺(0.60**), NH₄-N(0.36**), Cl⁻(0.53**) 및 K⁺(0.26*) 간에도 유의적인 정(+)의 상관을 보였다.

인 용 문 헌

1. 金永植. 1993. 방울토마토의 여름재배시 適正水耕栽培方式 究明. 생물생산시설환경. 2(1) : 53-57.
2. 노미영, 배종향, 이용범, 박권우, 권영삼. 1995a. 고행배지경에서 배양액농도가 토마토의 생육에 미치는 영향. 생물생산시설환경. 4(1) : 25-31.
3. 노미영, 배종향, 이용범, 박권우, 권영삼. 1995b. 고행배지경에서 배양액농도가 토마토의 초기수량 및 품질에 미치는 영향. 생물생산시설환경. 4(1) : 68-73.
4. 배종향, 조영렬, 이용범. 1995. 양액재배 농가의 원수 수질조사. 생물생산시설환경. 4(1) : 80-88.
5. 이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. 생물생산시설환경. 2(1) : 37-45.
6. 李應鎬, 李宰旭, 朴智善. 1994. 수정 NFT에 의한 高溫期 토마토 栽培 效果. 농업과학논문집. 36(1) : 383-387.
7. 호남온실작물연구소. 1994. 양액재배이론과 실용기술. p. 10-12.
8. Benoit, F. 1992. Practical guide for soilless culture techniques. European Vegetable R&D Center. p. 2-6.
9. 加藤俊博. 1994. 切り花の養液管理. 日本農文協. p. 36-49.
10. 日本農林水産省農園藝局. 1992. 土壤環境基礎調査における土壤,水質,作物體分析法.
11. William, H. 1980. Methods of analysis of the association of official analytical chemists, A.O.A.C. p. 547-562.