한국환경농학회지 제26권 제1호 (2007)
Korean Journal of Environmental Agriculture Vol. 26, No. 1, pp. 42-48

연구보문

충북지역 양액 재배용 지하수 및 폐양액의 화학적 특징

이경자* · 강보구 · 이기열 · 윤 태 · 박성규 · 이철희

충청북도농업기술원

(2007년 3월 12일 접수, 2007년 3월 22일 수리)

Chemical Characteristics of Ground Water for Hydroponics and Waste Nutrient Solution after Hydroponics in Chungbuk Area.

Gyeong-Ja Lee*, Bo-Goo Kang, Ki-Yeol Lee, Tae Yun, Seong-Gyu Park, and Cheol-Hee Lee (Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongweon 363-883, Korea)

ABSTRACT: This survey has been conducted to obtain basic data of the quality of ground water for hydroponics and waste nutrient solution after hydroponics in hydroponic farms in Chungbuk area. Ground water samples were collected and analyzed at 19 sites of hydroponic farms. Waste nutrient solution samples were analyzed at 15 sites selected of them. The values of several components in ground water for hydroponics were as follows. pH range was shown from 6.2 to 7.7 and the average was 6.8. EC range was shown from 0.10 to 0.45 dS m^{-1} and the average 0.23 dS m^{-1}. NO_3-N concentrations was ranged from 0.12 to 13.77 mg L^{-1}, SO_4^{2-} concentrations was ranged from 1.84 to 63.01 mg L^{-1} and Cl^- concentrations were ranged from 10.46 to 72.09 mg L^{-1}. Average values of NO_3-N, SO_4^{2-} and Cl^- were 4.00 mg L^{-1}, 12.70 mg L^{-1} and 27.57 mg L^{-1}, respectively. Ca^{2+}, Mg^{2+} and Na^+ concentrations were ranged from 3.24 to 36.99 mg L^{-1}, 1.44 to 14.93 mg L^{-1} and 6.12 to 25.25 mg L^{-1}, respectively. Average concentrations were 13.06 mg L^{-1} in Ca^{2+}, 6.02 mg L^{-1} in Mg^{2+} and 12.08 mg L^{-1} in Na^+. In waste nutrient solution after hydroponics, pH range was shown from 4.3 to 8.8 and the average was 6.7. EC range was shown from 0.44 to 2.37 dS m^{-1} and the average 1.15 dS m^{-1}. Range of NO_3-N, PO_4-P, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} and Na^+ in waste nutrient solution were 10~212, 0.56~26.1, 10~295, 16~215, 9~54 and 10~53 mg L^{-1}, respectively. Average concentrations were 100 mg L^{-1} in NO_3-N, 12.15 mg L^{-1} in PO_4-P, 99 mg L^{-1} in K^+, 78 mg L^{-1} in Ca^{2+}, 26 mg L^{-1} in Mg^{2+} and 26 mg L^{-1} in Na^+. Inorganic matters in waste nutrient solution after hydroponics was higher than that of ground water for hydroponics.

Key Words: ground water, waste nutrient solution, hydroponics.

서 론

양액재배는 연작장애의 방지 및 청정채소 수요 충족의 일환으로 일부농가에서 선호하고 있으나, 우리나라에서는 양액재배 역사가 짧아 아직까지는 외국의 양액재배 기술을 마구잡이로 도입하고 있어 일부 양액재배 농가에서는 많은 시행착오를 겪고 있는 실정이다. 심지어는 작업량이 줄어들고, 작업환경이 좋으며, 고품질 다수확으로 규모화[1]를 이룰 수 있다는 이유로 양액재배로 바꾸었던 농가도 영양조절 및 병충해 조절이 기대에 미치지 못하여 다시 토경재배로 바꾸는 농가도 종종 있다. 현재 양액재배 농가 수는 더 이상의 증가 추세를 보이고 있지는 않으나, 소비자의 청정채소 요구에 부응하여 채소작물, 특히 쌈채류에 대한 양액재배는 지속적인 관심을 받고 있다. 양액재배의 성립요건은 여러 가지가 있으나 그 중에서 가장 중요한 것은 원수로 사용하는 지하수의 수질이다. 양액재배에 이용되는 용수는 순수한 물이 가장 이상적이겠으나, 그러한 순수한 물을 구할 수 없을 바에는 무기성분의 농도가 낮으면 낮을수록 좋다. 양액재배 농가에서 양액을 조성하기 전에 필수적으로 수행하여야 할 것은 사용하고 있는 용수의 수질을 분석하여 용수 속에 포함되어 있는 양분의 함량을 파악하여야만 한다. 토경재배를 하는 농가에서 토양 중 들어있는 양분을 고려하여 시비하듯이 양액재배농가에서는 원수에 포함되어 있는 양분함량을 고려하여 양액을 조성해야만 한다. 또한 용수로 사용하는 지하수는 갈수기 및 홍수

*연락저자:
Tel: +82-43-220-8413 Fax: +82-43-220-8419
E-mail: gyeongja@cbares.net

기에 따라 양분함량이 수시로 변화[2-4]하기 때문에 양액을 새로 조성할 때에는 반드시 용수의 수질 상태를 분석해야한다. 그러나 대부분의 농가에서는 처음 양액재배시설을 설치하였을 때 처방받은 양액을 계속적으로 사용하고 있는 실정이다. 일부 선진국에서는 양액재배 원수의 수질 기준을 제시[5] 하고 있으나, 우리나라에서는 아직까지 원수의 수질 기준이 마련되어 있지 않다. 최근 들어 몇몇 연구자들에 의해 양액재배용 지하수에 관한 수질 조사[6-8]가 이루어지고 있기는 하지만, 좀 더 많은 연구 평가가 이루어져야만 한다.

모든 양분을 고루 갖추고 있는 양액은 식물이 이용하기에 아주 좋은 영양원이라 할 수 있다. 그러나 작물재배 후 버려지는 폐양액은 그 속에 포함되어 있는 비료성분으로 인해 환경을 오염시키는 오염원으로 작용할 수 있다. 폐양액으로 인한 환경오염을 최소화시키기 위해 양액 재배시 병원균을 걸러주고, 부족한 비료성분을 섞어 재사용할 수 있는 순환식 양액재배 시스템을 추천[9-11]하고 있다. 그러나, 현재 순환식에 대한 재배법이 확립되어 있지 않을 뿐만 아니라, 안정적인 생산을 위해 비 순환식으로 재배하는 농가가 많다. 그러므로 비순환식으로 1회 급액 후 버려지는 폐양액은 자원 낭비일 뿐만 아니라, 각종 비료물질을 포함하고 있어 하천을 오염시키고, 특히 이들 성분 중 질소나 인산은 하천의 부영양화를 초래[12,13]할 가능성이 있다. 따라서 양액재배시 폐양액 유출을 최소하여 환경오염을 줄이려는 시도[11]가 이루어지고 있다.

충청북도의 양액재배 면적은 31.3 ha로 농가 수는 102농가 정도이고, 충주, 보은, 진천 지역에 집중되어 있다. 따라서 본 조사는 양액재배시 보다 안정적인 작물재배와 폐양액을 재사용하기 위한 기초적인 자료를 얻고자 충주, 보은, 진천 지역의 양액재배농가에서 원수로 사용하는 지하수의 수질 및 작물재배 후 버려지는 폐양액의 양분함량을 조사하였다.

재료 및 방법

시료채취

양액재배의 원수로 사용하는 지하수의 조사 지점은 총 19개 지점으로 양액재배를 집중적으로 많이 하는 지역인 충주 신니면 6개 지점, 보은 탄부면 7개 지점, 진천 이월면 6개 지점이었다. 폐양액의 양분함량 조사지점은 원수 조사 지점 중 15개 지점을 선택하여 3월과 7월에 조사하였다. 원수로 사용하는 지하수 수질 분석시료는 지하수를 일정량 흘려보낸 후 채수하였고, 폐양액 양분함량 분석시료는 하천으로 흘려보내기 전의 폐양액 저장고에서 채수하여 Ice Box에 넣어 실험실로 운반 즉시 분석하였다.

시료분석

채취한 시료는 수질오염공정시험법[14]과 EPA Standard Methods[15]에 준하여 pH는 pH-meter(Radiometer M-92, Denmark), EC는 EC-meter(YSI-32, Ohio, USA)로 측정하였으며, PO_4-P은 염화제일주석 환원법, NO_3-N은 자외선 흡광광도법, NH^+_4-N은 인도페놀법, SO_4^{2-}은 $BaCl_2$에 의한 비탁법, Cl^-은 $AgNO_3$ 적정법 으로 분석하였으며, 이때 사용한 UV-Spectrohootometer는 Varian Cary 50(Australia)을 사용하였다. 양이온인 K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}은 AAS(Varian SF 220, Australia)를 이용하여 정량 하였다.

결과 및 고찰

양액재배용 지하수 수질 조사

양액재배에 이용되는 지하수를 충주 6지점, 보은 7지점, 진천 6지점에서 갈수기인 3월과 홍수기인 7월에 각각 채수 분석하여 지역별 평균값으로 Table 1에 나타내었다. 충주에서의 원수용 지하수 pH는 보은이나 진천에 비하여 다소 낮은 경향이었으나, EC를 비롯한 다른 무기성분 함량은 높았다. 충주, 보은 및 진천 3지역 모두에서 NH^+_4-N, Cl^-, Ca^{2+} 및 Na^+은 7월에 채수한 지하수에서 3월에 채수한 지하수에 비해 높았으며, SO_4^{2-}, K^+, Mg^{2+}은 7월에 채수한 지하수에서 3월에 비하여 다소 낮은 경향을 보였으나, 큰 차이는 없었다. 이 결과는 지하수의 수질은 채수시기에 따라 약간의 차이가 있다고 발표한 여러 연구자들의 결과[2-4]와 일치하나, 시기별로 증감되는 성분은 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 지하수의 관정깊이, 혹은 강우량 등 많은 요인이 작용하기 때문이라 사료된다.

양액재배에 사용되는 지하수에 대한 수질경향을 알아보기

Table 1. Chemical concentration in the ground water used for hydroponics in Chungbuk area

Region	No. of sample site	Month	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	NO_3-N	NH^+_4-N	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4-P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
					----------(mg ℓ^{-1})----------								
Chungju	6	Mar.	6.6	0.33	8.11	0.15	39.4	29.9	0.03	3.27	16.8	11.4	15.9
		Jul.	6.3	0.32	7.35	0.92	40.8	22.8	0.08	3.78	20.6	8.9	16.8
Boeun	7	Mar.	7.0	0.20	1.81	0.09	22.6	10.4	0.07	1.18	11.2	3.6	10.9
		Jul.	6.8	0.21	2.81	0.73	23.1	6.9	0.04	0.79	13.3	3.7	11.3
Jincheon	6	Mar.	7.0	0.16	2.01	0.07	19.3	4.8	0.07	0.92	6.5	6.1	8.5
		Jul.	7.3	0.18	2.45	0.72	21.8	3.1	0.09	0.72	10.3	3.3	9.4

위해 각성분에 대한 분포도를 Fig. 1에 나타내었다. pH는 최대 7.7, 최소 6.2, 평균 6.8이었다. 3월과 7월간의 분포도 경향 차이는 있으나, 대부분 6.0~6.9사이에 분포하였으며, 모두 농업용수 수질기준 6.0~8.5를 벗어나는 지역은 없었다. EC는 최대 0.45 dS m^{-1}, 최소 0.10 dS m^{-1}, 평균 0.23 dS m^{-1}이었다. 조사지역의 80%정도가 0.1~0.29 dS m^{-1} 사이였고, 아직까지 농업용수 수질기준인 1.0 dS m^{-1} 이하이기는 하지만 배[6] 등이 양액재배 전용비료 사용기준으로 정해놓은 양액재배 수질기준인 0.3 dS m^{-1}를 초과하는 지점이 3월, 7월에 모두 21%, 정도로 나타났다. 이와 같이 EC 농도가 높은 지역은 원수내에 NO_3-N을 비롯한 Na^+, Cl^- 등 다른 무기 이온의 농도가 높다는 것을 의미하므로 이들 농가는 양액조성시 원수내에 포함되어 있는 이온의 농도를 좀더 세심하게 고려해야 하고 지속적인 수질관리가 필요하리라 사료된다. 조사 지점 원수의 NO_3-N함량은 평균 4.0 mg L^{-1} 이었고, 0.12 mg L^{-1}에서 13.77 mg L^{-1}까지 분포하였다. 조사지점의 60% 정도가 1.0~4.9 mg L^{-1}의 범위에 분포하고 있었으나, 10~15% 정도는 10 mg L^{-1} 이상이었다. 용수속의 NO_3-N

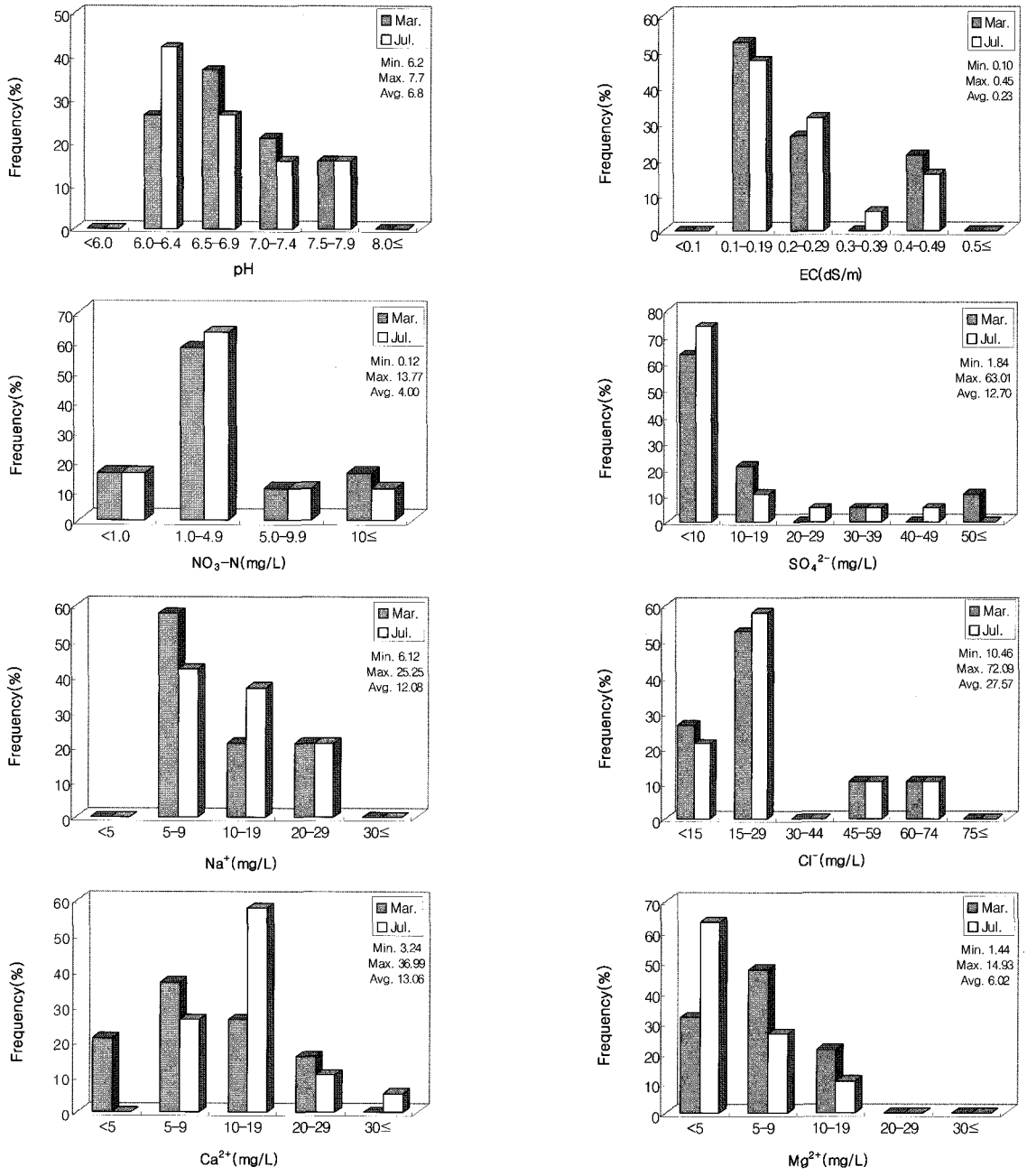

Fig. 1. Frequency distribution of pH, EC, NO_3-N, SO_4^{2-}, Cl^-, Na^+, Ca^{2+} and Mg^{2+} in the ground water used for hydroponics in Chungbuk area in 2002.

의 함량은 COD, BOD 등과 함께 수질 오염의 기준이 되는 항목으로 농업용수 에서 20 mg L^{-1}로 그 기준치가 정하여져 있다. 또한, 토양 중에서 이동이 쉬운 물질로 쉽게 용탈되어 지하수에 영향을 줄 수 있기 때문에 양액재배 용수관리에 세심한 주의가 필요한 성분이기도 하다. SO_4^{2-}의 함량은 1.84 mg L^{-1}에서 63.01 mg L^{-1}까지 분포하였고, 평균은 12.70 mg L^{-1}이었다. 조사지점의 85% 정도가 20 mg L^{-1} 이하 범위에 있었으나, 10% 정도가 50 mg L^{-1}를 초과하는 것으로 나타났다. 관개수 중에 SO_4^{2-}가 과다하게 존재하게 되면 아연결핍을 초래하고, 엽록체의 광인산화반응을 저해 한다[16] 고 알려져 있으므로 주의를 요한다. Na^+와 Cl^-은 각각 6.12~25.25 mg L^{-1}와 10.46~72.09 mg L^{-1}이었고, 평균은 Na^+ 및 Cl^- 각각 12.08 mg L^{-1} 및 27.57 mg L^{-1} 이었다. Na^+은 조사지점 모두 5~29 mg L^{-1}사이에 있음으로 네덜란드 수경재배의 원수 수질 기준[5]인 34.5 mg L^{-1}을 초과하지 않았다. Cl^-는 조사지점의 80% 정도가 30 mg L^{-1} 이하에서 분포하였고, 약 20% 정도는 네덜란드 수경재배의 원수 수질 기준인 35.5 mg L^{-1}를 초과하는 45~74 mg L^{-1}에 분포하였다. Na^+와 Cl^-는 식물에 흡수되는 양이 적으므로 양액 중에 과량으로 존재할 경우에는 식물의 삼투압을 상승시켜 뿌리의 흡수능력을 저해할 우려가 있으므로 주의를 요한다. Ca^{2+} 및 Mg^{2+}의 함량은 각각 3.24~36.99 mg L^{-1}, 1.44~14.93 mg L^{-1}이었고, 평균은 각각 13.06, 6.02 mg L^{-1}이었다. 이 결과를 네덜란드의 Ca^{2+}와 Mg^{2+}의 수질기준인 80 과 12 mg L^{-1}에 비교하여 볼 때, Ca^{2+}는 기준을 상회하지 않아 비교적 안전하였으나, Mg^{2+}는 조사지점의 20% 정도가 기준을 상회하는 것으로 조사되었다. 이상의 결과에서와 같이 조사지점의 수질은 대체로 양호한 편이었다. 그러나 SO_4^{2-}가 농업용수의 수질기준을 초과하는 지점과 Cl^-, Mg^{2+}함량이 네덜란드의 수경재배 원수 수질 기준을 상회하는 지점은 수질관리를 해야될 것으로 사료된다. 아직까지 우리나라에는 순수 수경재배 수질 기준이 마련되어 있지는 않으나, 조사지점의 지하수 수질은 환경부에서 정해 놓은 농업용수 수질 기준과 비교하면 대체적으로 양호한 편이었다. 원수로 사용하는 지하수에 많은 무기성분 함량을 포함하고 있는 농가에서는 배양액 조재시 용수속의 무기성분 함량을 고려하여 배양액을 조성해야 만 안전하게 작물을 재배 할 수 있을 것이라 사료된다.

양액 조성은 원수의 수질 상태에 따라서 달라지겠지만 원천적인 기준은 작물의 영양소 요구량에 따라 달라진다. 따라서, 작물별 용수의 수질 상태를 알아보기 위해 19개 조사지점을 작물별로 분류하여 Table 2에 나타내었다. 작물별 지하수의 무기성분 중 NH^+_4-N, Cl^-, Ca^{2+} 및 Na^+은 7월에 채수한 지하수에서 3월에 채수한 지하수에 비해 높았고, SO_4^{2-}, K^+, Mg^{2+}은 3월에 비해 낮게 나타났다. 이것은 Table 1에

Table 2. Chemical concentration in the ground water used for hydroponics of various crops

Crop	No. of sample site	Month	pH	EC (dS m^{-1})	NO_3-N	NH^+_4-N	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4-P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
						(mg ℓ^{-1})							
Tomato	8	Mar.	6.8	0.28	6.45	0.14	32.8	25.0	0.05	2.61	14.2	9.2	13.9
		Jul.	6.5	0.29	6.83	0.88	34.5	18.3	0.06	2.97	18.0	7.4	14.7
Cucumber	3	Mar.	6.9	0.18	2.50	0.06	17.9	7.7	0.07	1.33	9.5	3.4	9.7
		Jul.	6.8	0.18	2.17	0.74	17.2	6.6	0.05	0.78	11.5	3.4	9.9
Paprika	2	Mar.	6.7	0.31	1.12	0.13	39.2	14.6	0.04	1.52	18.6	5.1	15.5
		Jul.	6.5	0.29	1.34	0.69	40.0	9.7	0.02	1.09	19.0	4.7	16.2
Rose	6	Mar.	7.0	0.16	2.01	0.07	19.3	4.4	0.07	0.92	6.5	6.1	8.5
		Jul.	7.3	0.18	2.45	0.72	21.8	3.1	0.09	0.72	10.3	3.3	9.4

Table 3. Chemical concentration in the waste nutrient solution after hydroponics of various crops in Chungbuk area

Crop	No. of sample site	Month	pH	EC (dS m^{-1})	NO_3-N	NH^+_4-N	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4-P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
						(mg ℓ^{-1})							
Tomato	6	Mar.	6.9	1.20	99.4	2.56	31.1	188.7	9.33	110.8	68.5	35.8	22.6
		Jul.	7.2	0.80	52.5	2.31	39.4	148.9	8.41	29.6	52.9	24.4	33.0
		Avg.	7.1	1.00	76.0	2.43	35.3	168.8	8.87	70.2	60.7	30.1	27.8
Cucumber	2	Mar.	5.9	0.98	87.7	0.46	97.2	31.3	10.8	114.5	27.3	17.0	17.1
		Jul.	6.3	0.95	78.0	1.71	17.5	115.4	13.5	67.2	66.8	15.0	19.4
		Avg.	6.5	0.97	82.9	1.09	57.4	73.4	12.2	90.9	47.1	16.0	18.3
Paprika	2	Mar.	7.3	0.86	54.8	0.24	129.4	138.0	4.64	57.5	23.7	21.6	39.0
		Jul.	6.9	1.87	165.6	0.74	71.2	235.3	17.6	189.6	172.2	36.2	46.9
		Avg.	7.1	1.37	110.2	0.49	100.3	186.7	11.1	123.6	98.0	28.9	43.0
Rose	5	Mar.	6.7	1.32	131.4	0.56	30.2	124.5	16.0	128.5	89.0	24.3	18.9
		Jul.	6.3	1.31	130.9	2.00	39.2	115.1	16.9	119.9	119.4	20.6	23.9
		Avg.	6.5	1.32	133.0	1.28	34.7	119.8	16.5	124.2	104.2	22.5	21.4

나타난 것과 같은 경향으로, 작물별로 원수에 차이가 있는 것이 아니라, 지역이나 혹은 관정 깊이에 따른 차이로 나타난 결과라 사료된다.

폐양액의 무기성분 함량 조사

Table 2에 나타낸 원수 조사 지점 중 토마토 6지점, 오이 2지점, 파프리카 2점, 장미 5지점을 선택하여 작물 재배 후 버려지는 폐양액의 화학적 성분함량 조사 결과를 Table 3에 나타내었다. 작물별 폐양액의 EC는 3월과 7월에 토마토가 각각 1.20, 0.80 dS m^{-1}, 오이는 0.98, 0.95 dS m^{-1}, 파프리카 0.86, 1.87 dS m^{-1}, 장미 1.32, 1.31 dS m^{-1}로 원수보다 상당히 높아졌다. NO_3-N를 비롯한 그 외의 무기성분도 모든 조사 작물에서 원수로 이용하는 지하수 보다 상당히 높아졌다. 폐양액에 대한 수질경향을 알아보기 위해 각 성분에 대한 분포도를 Fig. 2에 나타내었다. pH는 최대 8.8, 최소 4.3, 평균 6.7로 대부분은 6.0~8.5 사이에 있었으나, 6.0 이하인 지점도 16.7%나 되었다. EC는 최대 2.37 dS m^{-1}, 최소 0.44 dS m^{-1}, 평균 1.15 dS m^{-1}이었으며, 40%정도가 1.0 dS m^{-1}

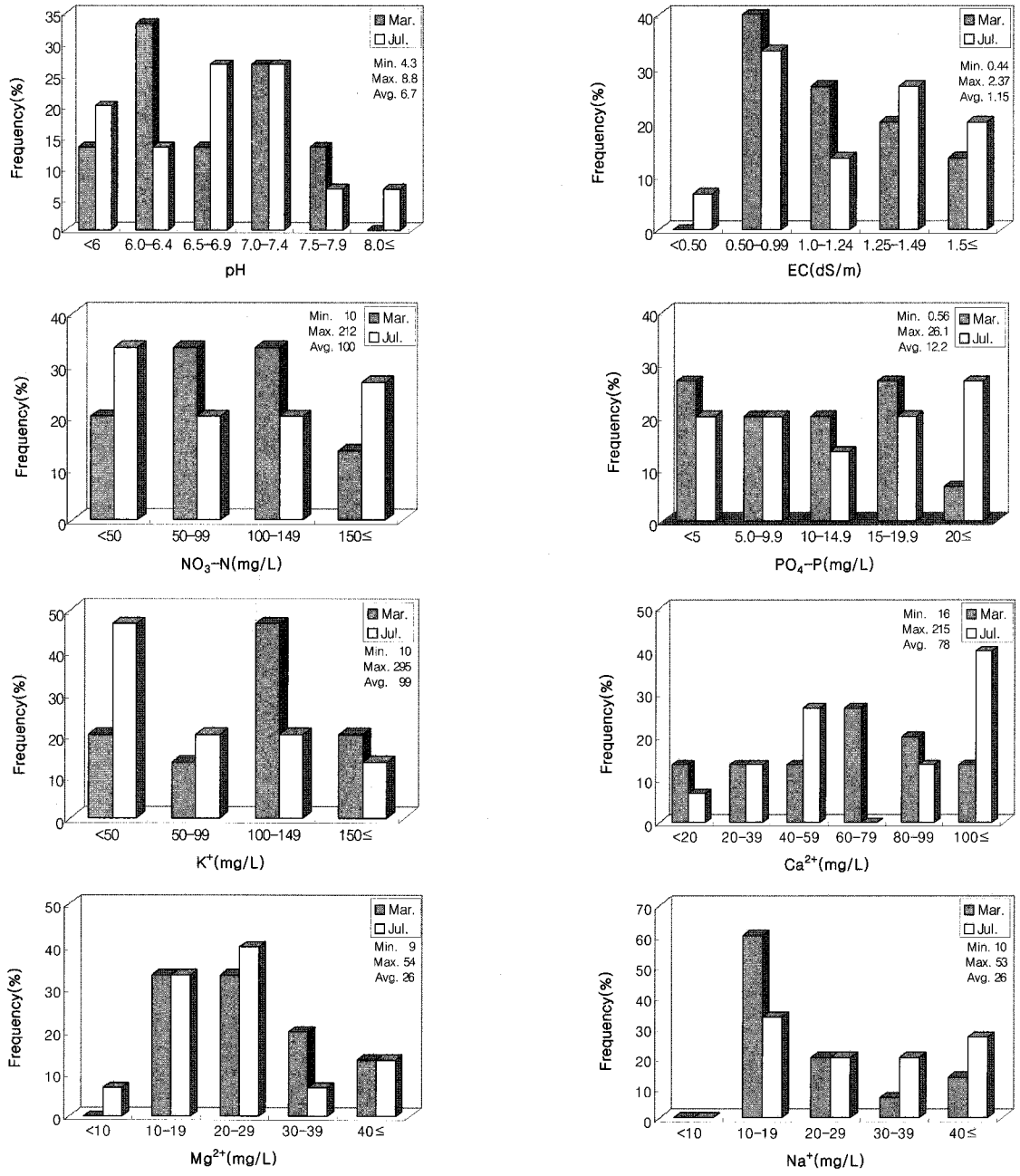

Fig. 2. Frequency distribution of pH, EC, NO_3-N, PO_4-P, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} and Na^+ in the waste nutrient solution after hydroponics in Chungbuk area in 2002.

이하에 분포하였고, 나머지 60%정도가 1.0 이상에서 분포하였다. NO_3-N은 최대 212 mg L^{-1}, 최소 10 mg L^{-1}, 평균 100 mg L^{-1}이었고, 7월 조사 1개 지점(10 mg L^{-1}) 을 제외하고 모두 20 mg L^{-1}를 초과 하였으며, 47%정도는 100 mg L^{-1}이상이었다. PO_4-P는 최대 26.1 mg L^{-1}, 최소 0.56 mg L^{-1}, 평균 12.2 mg L^{-1}이었고, K^+는 최대 295, 최소 10, 평균 99 mg L^{-1} 이었으며, Ca^{2+}는 최대 215, 최소 16, 평균 78 mg L^{-1}이었다. NO_3-N, K^+, Ca^{2+}는 최대지점과 최소지점과의 함량차이가 상당히 심하게 나타났다. Mg^{2+}는 최대 54, 최소 9, 평균 26 mg L^{-1}이었고, Na^+는 최대 53, 최소 10, 평균 26 mg L^{-1}이었다. 위 결과에서 보여준 바와 같이 양액재배 후 버려지는 폐양액에는 비료물질을 다량함유하고 있으므로 이러한 영양염류가 직접 하천으로 흘러들어갈 경우에는 하천오염을 초래할 것이다. 하지만 이러한 폐양액을 비료의 자원으로 재사용 할 수만 있다면 하천오염을 경감시킬 수 있을 뿐 만 아니라, 폐자원 이용측면에 있어서 상당히 유용할 것이라 사료된다. 그러나 위의 결과에서도 나타난 바와 같이 폐양액에 과량으로 포함되어 있는 SO_4^{2-}와 Cl^-의 활용방법, 혹은 병원균에 노출되어 있을 수도 있는 폐양액의 활용방안에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

지속적인 양액재배를 위해서는 각 양액재배농가마다 양액재배에 이용되는 지하수의 수질을 분석하여 작물의 요구량에 맞는 단비로 양액을 조성하여 공급하는 것이 최선책이라 할 수 있을 것이며, 학계나 지도기관에서는 지역별 수질 평가를 통하여 양액재배를 위한 원수의 수질기준을 마련하는데 다각도로 노력해야 할 것이다. 또한 양액재배에 의해 발생하는 폐양액의 재사용 방안을 마련하여 수질 오염을 줄일 수 있도록 노력해야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 조사는 충북지역의 양액재배 농가에서 양액재배를 위한 지하수 수질과 양액 재배 후 버려지는 폐양액의 수질에 대한 기초 자료를 얻고자 수행되었다. 양액재배를 위한 지하수의 수질 조사는 19개 지점의 양액재배농가에서 수집하여 분석하였고, 폐양액은 그중 15개 지점을 선택하여 분석하였다.

양액재배에 이용되는 지하수의 수질 분석결과 pH의 수준은 6.2~7.7이었고, 평균은 6.8이었다. EC의 분포범위는 0.10~0.45 dS m^{-1}이었고, 평균은 0.23 dS m^{-1} 이었다. NO_3-N 농도의 분포범위는 0.12~13.77 mg L^{-1}, SO_4^{2-}의 분포범위는 1.84~63.01 mg L^{-1}, 그리고 Cl^-의 분포범위는 10.46~72.09 mg L^{-1}이었다. 그들의 평균값은 각각 4.00 mg L^{-1}, 12.70 mg L^{-1} 및 27.57 mg L^{-1}이었다. Ca^{2+}, Mg^{2+} 및 Na^+의 분포범위는 각각 3.24~36.99 mg L^{-1}, 1.44~14.93 mg L^{-1} 및 6.12~25.25 mg L^{-1}이었고, 평균 농도 값은 Ca^{2+} 13.06, Mg^{2+} 6.02 및 Na^+ 12.08 mg L^{-1}이었다.

양액재배 후 버려지는 폐양액에서 pH 수준은 4.3~8.8 이었고, 평균은 6.7이었다. EC의 분포범위는 0.44~2.37 dS m^{-1} 이었고, 평균은 1.15 dS m^{-1}이었다. NO_3-N, PO_4-P, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 및 Na^+ 의 분포범위는 각각 10~212, 0.56~26.1, 10~295, 16~215, 9~54 및 10~53 mg L^{-1}이었다. 평균 농도 값은 NO_3-N 100, PO_4-P 12.15, K^+ 99, Ca^{2+} 78, Mg^{2+} 26 및 Na^+ 26 mg L^{-1}이었다. 양액 재배 후 버려지는 폐양액 중의 무기성분 함량은 양액재배에 이용되는 원수에 비해 상당히 높아졌다.

참고문헌

1. Buwalda, F. and Kim, K. S. (1994) Effects of irrigation frequency on root formation and shoot growth of spray chrysanthemum cuttings in small jute plugs, *Scientia Horticulturae* 60, 125-138.
2. Kim, J. H., Lee, J. S., Kim, B. Y., Hong, S. G. and Ahn, S. K. (1999) Analysis of ground water used for agriculture in kyonggi province, *Korean J. Environ. Agric.* 18(2), 148-154.
3. Lee, K. B., Lee, D. B., Kang, J. G. and Kim, J. D. (1999) Seasonal variation in water quality of mankyeong river and groundwater at controlled horticulture region, *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 32(3), 223-231.
4. Lee, D. B., Lee, K. B. and Rhee, K. S. (1996) Changes of chemical contents in groundwater at controlled horticulture in honam area, *Korean J. Environ. Agric.* 15(3), 348-354.
5. Benoit, F. (1992) Practical guide for soilless culture techniques, *European Vegetable R&D Center.* pp. 10-12.
6. Bae, J. H., Cho, Y. R. and Lee, Y. B. (1995) Field survey for well water quality in hydroponic farms, *J. Bio. Fac. Env.* 4(1), 80-88.
7. Bae, J. H. and Lee, Y. B. (1996) Analysis of well water quality for hydroponic farms in chollabuk-do area, *J. Bio. Fac. Env.* 5(2), 131-137.
8. Shin, W. K., Lee, Y. H., Cheon, S. G., Hwang, Y. H. and Cho, K. H. (1998) Ionic characteristics of the ground water for hydroponics in kyeongnam area, *J. Bio. Fac. Env.* 7(3), 246-252.
9. Wohanka, W. (1992) Slow sand filtration and UV radiation : low-cost techniques for disinfection of recirculating nutrient solution or surface water, *Porc. 8th Int. Congr. Soilless Culture*, 497-511.
10. Runia, W. T. (1994) Disinfection of recirculation water from closed cultivation systems with ozone,

Acta Hort. 361, 388-396.

11. Lee, S. Y., Lee, S. J., Seo, M. W. Lee, S. W. and Sim. S. Y. (1999) Reusing techniques of Nutrient Solution for recycling hydroponic culture of lettuce, *J. Bio Env. Con.* 8(3), 172-182.
12. Hollen, B. F., Owens, J. R. and Sewell, J. I. (1992) Water quality in a stream receiving dairy feedlot effluent, *J. Environ. Qual.* 11, 5-9.
13. Sharpley, A. N., Chapra, S. C., Wedepohl, R., Sims, J. T., Aaniel, T. C. and Reddy, K. R. (1994) Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters : Issues and options, *J. Environ. Qual.* 23, 437-451.
14. Ministry of Environment. (2000) The standard methods of water analysis. Ministry of Environment, Seoul, Korea.
15. APHA, AWWA, WPCF. (1992) Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th, Washington. DC.
16. Lee, J. S., Jung, G. B., Kim, J. H. and Kim, B. Y. (1998) Irrigation water quality of the Kyoungan stream, *Korean J. of Environ Agric.* 17(2), 136-139.