

시비방법이 무기염의 토양집적과 딸기 생육 및 수량에 미치는 영향

정석기 · 최종명^{1*} · 이영복²

충청남도 농업기술원, ¹배재대학교 원예조경학부, ²충남대학교 원예학과

Growth and Yield of Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duchesne) 'Nyoho' and Salt Accumulation in PE Film House Soil as Affected by Fertilization Program

Suck Kee Jung, Jong Myung Choi^{1*}, and Young Bok Lee²

¹Chungnam Agricultural Research and Experimental Services, 365 Jonggyung-Li, Yesan-Gun, Chungnam 340-860, Korea

²Division of Hort. and Landscape Architecture, Paichai University, Daejeon 302-735, Korea

³Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract. This research was conducted to determine the effect of fertilization programs on crop growth, nutrient uptake and yield of strawberry and salt accumulation in PE film house soil. To achieve these, experiments were conducted through two years with various fertilization program such as traditional fertilization (A), recommended fertilization of Rural development administration (B), Toehigi prefectural experiment station (C) and Nonsan strawberry experiment station (D), and control (E). In 1st year, statistical differences in growth characteristics were not observed among treatments except (E). Yield per 10a was the highest in (D) followed by (A), (B), (C) and (E) and there was the statistical difference between (D) and (E). In the 2nd year experiment, growth characteristics and yield showed similar trends to those of 1st year experiment. In the results of soil analysis of 2nd year, the soil pH of all treatments were in the acceptable range, while electrical conductivity of (A) and (D) were 2.36 and 2.19 dS · m⁻¹, respectively. After finishing of strawberry cultivation, nitrate concentration in soil solution of (A) and (D) were 74.6 and 65.0 mg · L⁻¹ and Na in those were 3.71 and 3.53 cmol/kg⁻¹, respectively. Above results indicated that (A) and (D) were good fertilization program for strawberry cultivation, but those also resulted in accumulation of NO₃-N and Na in PE house soil.

Additional key words : plant height, crown diameter, yield per 10a, marketable yield

*corresponding author

서 언

국내의 딸기(*Fragaria × ananassa* Duchesne) 재배는 농가 소득증대를 위해 시설하우스를 이용한 축성 또는 반축성 재배가 주류를 이룬다. 또한 시설물의 설치에 소요되는 많은 경비로 인해 시설물의 위치를 옮기는 것이 용이하지 않아 일정한 장소에서 다년간 작물을 재배할 수밖에 없고, 시설하우스의 이용효율을 증대시키기 위해 주년생산체제로 전환되고 있다. 시설재배는 제한된 재배면적에서 집약적으로 경작하기 때문에 노지 조건에 비하여 열악한 토양환경이 조성되어

있다.

딸기 시설재배를 위한 재배농가의 시비방법은 딸기 묘를 정식하기 전 유기질 비료와 화학비료의 일부를 기비로 사용하고 작물 재배중 필요에 따라 화학비료를 추비하고 있다. 만약 사용된 화학비료가 모두 식물체에 흡수되고 생육에 이용된다면 문제가 심각하지 않으나, 적정량을 넘어선 과다시비로 인해 많은 양의 비료가 시설재배지 토양에 집적되고 있다. 농촌진흥청(2000)에서는 시설재배지 토양의 화학적 특성을 분석하여 무기염의 집적에 관한 보고를 한 바 있다. 이 보고에 의하면 유기물 40.1%, P₂O₅ 79.1%, K 72.0%, Ca

53.4%, Mg은 61.2%의 농가에서 토양화학성분 함량이 적정 범위 보다 과도하게 높은 것으로 분석되고 있으며, 시설 딸기를 재배하는 317 농가의 토양분석결과에서도 많은 무기염이 토양에 집적됨을 보고하였다.

한편, 딸기 시설재배를 위한 추천시비량은 국내외 각 연구기관에 따라 다르게 제시되고 있다. 추천시비량은 토양에 집적된 양과 작물에 의해 흡수될 수 있는 양을 판단하여 추가로 필요한 양만 공급할 수 있도록 설정하여야 시설재배지 토양의 무기염 과다집적을 회피할 수 있다. 최근까지 제시된 각종 추천시비량은 염류집적보다는 생산량 증대에 초점을 맞춰 왔고, 수량증대를 목적으로 시비량을 높게 설정하여 토양의 염류집적을 조장하고 있다.

본 연구는 딸기 시설재배에서 시비방법을 다르게 적용하여 딸기의 생육, 무기원소 흡수 및 토양 중 무기염 집적을 조사 및 분석하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시비방법에 따른 토양 중 무기염류의 집적과 이에 영향받은 딸기 생육을 구명하기 위하여 ‘여봉’을 대상 작물로 실험하였고, 1차년도에는 2000년 9월 20일 정식하였다. 시험구는 5처리 5반복의 라틴방각법으로 배치하였는데 실험한 각각의 시비방법은 다음과 같았다. 관행구는 딸기재배농가에서 시행하는 방법이며 10a당 완숙돈분퇴비 5 ton과 딸기전용복합비료(N-P₂O₅-K₂O-Mg-B = 13-10-10-3-0.2) 80 kg를 기비로 투입하고 추비는 NK비료(N-P₂O₅-K₂O = 18-0-18, <주> 조비)를 지하수에 2 g·L⁻¹의 비율로 용해시킨 후 10a당 750 L의 비율로 12월 하순부터 매주 1회 관비하였다(A). 농촌진흥청 추천시비량(농촌진흥청, 1999)을 적용한 처리는 10a당 기비로써 퇴비를 2 ton, 무기질비료는 3.5, 4.9, 5.6 kg(N, P₂O₅, K₂O)으로 시비하였고, 추비는 무기질비료를 10a당 6.1, 0, 1.8 kg(N, P₂O₅, K₂O)의 비율로 12회 분시하였다(B). 일본의 시비방법(農山漁村文化協會, 1983)을 적용한 처리에서는 기비로써 퇴비를 3 ton/10a, 무기질비료를 10a당 18, 25, 18 kg(N, P₂O₅, K₂O)의 비율로, 추비는 무기질비료를 10a당 4, 0, 4 kg(N, P₂O₅, K₂O)로 12회 시비하였다(C). 충남 농업기술원 논산딸기시험장의 시비량을 적용한 처리에서는 기비로 퇴비를 5 ton/10a의 비율로, 무기질비료를

10a당 7.0, 5.9, 8.3 kg(N, P₂O₅, K₂O)의 비율로 시비하였다. 추비는 NK비료<N-P₂O₅-K₂O = 18-0-18, (주) 조비>를 지하수에 2 g·L⁻¹의 비율로 용해시킨 후 10a당 750 L의 비율로 12월 하순부터 매주 1회 관비하였다(D). 대조구는 유기질비료만 5 ton/10a의 비율로 시비하였다(E).

1차년도와 2차년도에는 동일한 포장에 동일한 시비방법을 적용하여 딸기생육, 수확량, 무기염의 토양집적 및 무기원소 흡수에 미치는 영향을 조사 및 분석하였다. 생육에 미치는 영향은 정식 80일 후에 조사를 하였으며, 생육조사 항목은 초장, 엽병장, 엽장, 엽폭 및 관부직경였다. 정식 후 180일 동안 수확량을 조사하였는데, 수확된 과일은 과중 25 g 이상의 특대과, 17~25 g의 대과, 10~17 g의 중과, 그리고 10 g 이하의 소과로 구분하였고, 모든 과일을 합산하여 10a당 수확량을 산출하였다.

토양분석을 위해 시험 전 기비 혼합 후와 작물 수확 후 2회에 걸쳐 토양시료를 채취하여 pH 및 EC는 포회추출법(Warneck, 1986)으로 측정하였으며, 포회추출법으로 추출된 토양 용액을 이용하여 NH₄⁺-N (Chaney & Marback, 1962), NO₃⁻-N(Cataldo 등, 1975), P₂O₅⁻³(Murphy-Riley method, 1962)는 비색정량하였다. 양이온치환용량 측정은 ammonium acetate (pH 7.0) 방법(Hendershot 등, 1993)을 적용하였다. 치환성 양이온은 양이온치환용량 분석을 위해 NH₄OAc로 치환시킨 용액 속에 존재하는 양이온을 원자흡광분석기로 분석하였다.

식물체의 무기원소 함량 분석을 위해 정식 80일 후에 지상부를 채취하여 분석시료로 이용하였다. 채취한 식물체는 0.2 N HCl로 1분간 세척한 후 증류수로 다시 수세하고, 75°C 건조기에서 24시간 동안 건조하였다. 건조 후 20 mesh체(직경 0.9 mm)를 통과하도록 유발을 이용하여 분쇄하였고 건조시료 일부는 Kjeldahl 방법(Eastin, 1978)에 의한 전질소(T-N)함량 분석에 이용하였다. 그리고 기타 원소의 분석은 Choi(1994)의 방법으로 건식분해 후 원자흡광분석기로 분석하였다.

식물체 및 토양의 무기원소 분석에서 질소분석은 Kjeldahl 분해 및 증류장치(Buchi digestion unit 412 및 distillation unit B-324, Swiss), 비색정량을 위해 흡광분석기(CE-5001, Cesil, England), 기타 무기원소 분석을 위해 원자흡광분석기(A·A-680, Shimadzu,

Table 1. Effect of fertilization programs on growth characteristics in semi-forcing culture of strawberry cv. Nyoho at 80 days after transplanting in PE film house (1st year experiment).

Treatment ^a	Plant height (cm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)
A	19.8 a ^b	10.6 a	9.2 a	6.8 a	15.7 a
B	19.3 a	10.0 a	9.3 a	6.7 a	16.0 a
C	19.7 a	10.5 a	9.2 a	6.6 a	15.7 a
D	20.0 a	10.5 a	9.4 a	6.5 a	16.0 a
E	18.3 b	9.4 a	8.4 b	6.3 a	14.8 b

^aTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^bMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Japan), 그리고 pH meter(Fisher-20, USA)와 EC meter (Orion-50, USA)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 1차년도 결과

Table 1에는 시비방법에 영향받은 정식 80일 후의 딸기 ‘여봉’의 생육을 나타내었다. 대조구를 제외한 각 시비구별 생육은 차이가 뚜렷하지 않았으나 대조구(E)는 초장, 엽장, 엽면적지수 및 관부직경에서 다른 처리들보다 생육이 저조하였고 5% 수준의 유의차도 인정되었다. 그러나 정식 전 기비로 사용된 유기질 비료 및 화학 비료가 초기생육에 많은 영향을 미쳐 처리간 차이가 뚜렷하지 않은 원인이 되었고, 정식 80일 후의 생육만으로 시비방법이 딸기 생육에 미치는 영향을 정확하게 설명할 수 없다고 판단된다.

각 시비방법이 딸기의 수량과 품질에 미치는 영향(Table 2)에서 10a당 수량은 (D)에서 3,556 kg으로 가장 많았으나 관행구(A), 농촌진흥청 추천시비구(B) 및 일본의 도치기시험장 추천시비구에서(C)와는 통계적인 차이가 인정되지 않았으며, 대조구(E)는 다른 네 처리 보다 유의하게 적었다. 과중 25 g 이상의 특대과 그리고 17~25 g인 대과, 그리고 10~17 g인 중과에서도 (E)를 제외한 네 종류 시비구간 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 비록 무처리구를 제외한 네 종류 시비구간 통계적인 차이가 인정되지 않았지만 (D) 처리에서 60 식물체 당 수확량이 많았고 상품과의 비율이 높았다.

Table 3에는 정식 180일 후에 지상부를 채취하여 무기원소 함량을 분석한 결과를 나타내었다. 식물체의

질소함량(Kjeldahl N)은 (A)와 (D)에서 높았고, (E)에서 1.36%로 가장 낮았으며 유의차도 인정되었다. 인산함량은 (A)와 (C)에서 높았으며 (E)에서 낮았다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘에서는 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 철과 망간 함량은 (D)에서 타 처리보다 뚜렷하게 높았으나 각 처리내의 반복간 편차가 커서 처리간 유의차가 인정되지 않았으며, 추후 정밀한 보완연구가 필요할 것으로 판단되었다. 이상의 무기원소 함량분석 결과를 종합하면 각 시비방법간 다소의 차이는 있었지만 대부분 수용될 수 있는 범위에 포함되었고, 딸기 재배 중 특별한 증상이 발현하지 않아 시비방법이 식물체 내 무기원소 함량보다는 수량에 더 많은 영향을 미침을 알 수 있었다.

Table 4에는 딸기재배 후 시비방법에 영향받은 토양 분석 결과를 나타내었다. 재배 후 측정된 토양의 pH는 6.28~6.41로 조사되어 처리간 차이가 크지 않았으며 모든 처리가 수용 가능한 범위에 포함되었다. Hannan(1998)과 Nelson(1991)은 노지 토양에서 모든 무기원소가 흡수될 수 있는 적정 토양 pH는 6.2~6.7 범위라고 하여 이상의 결과를 뒷받침하고 있다. EC는 (D)에서 2.04 dS·m⁻¹로 가장 높았고, (A), (C), (B) 그리고 (E)의 순으로 낮아졌으며 5% 수준의 유의차도 인정되었다. 180일 후의 토양시료 내 양이온치환용량, 유기물 함량 및 암모늄태 질소농도는 처리 간 차이가 뚜렷하지 않았다. 질산태질소 농도는 (A)에서 59.4 mg·kg⁻¹으로 가장 높았고, (C) 및 (E)는 낮았는데 (E)에서 질산태 질소농도가 낮았던 원인은 유기질비료만 기비로 사용하고 추비를 하지 않아 발생된 결과라고 판단된다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 토양 농도는 각 시비구간에 다소간의 차이가 있었지만 통계적인 차

Table 2. Effect of fertilization programs on yield and fruit quality in forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (1st year experiment).

Treatment ^z	Quality of fruits (g/60 plants) ^y												Marketable fruit weight ^x (kg/10a)			
	Yield (kg/10a)			Special size			Large size			Middle size				Small size		
	No.	Wt.		No.	Wt.		No.	Wt.		No.	Wt.			No.	Wt.	
A	139 ab ^w	3,864 ab	3,377 ab ^w	279 a	5,268 a	4,484 a	724 a	8,674 a	4,484 a	768 a	4,484 a	31.8 a	371.5 ab	11.7 a	2,698 ab	
B	135 ab	3,609 ab	3,362 ab	275 a	5,280 a	4,374 a	735 a	8,925 a	4,374 a	757 a	4,374 a	31.7 a	369.8 ab	11.7 a	2,670 ab	
C	131 ab	3,512 ab	3,247 ab	268 a	5,062 a	4,396 a	718 a	8,458 a	4,396 a	729 a	4,396 a	30.8 a	357.1 ab	11.6 a	2,581 ab	
D	154 a	4,236 a	3,556 a	286 a	5,492 a	4,685 a	766 a	9,058 a	4,685 a	789 a	4,685 a	33.3 a	391.2 a	11.8 a	2,845 a	
E	116 b	3,028 b	2,895 b	235 b	4,378 b	4,265 a	620 b	7,436 b	4,265 a	743 a	4,265 a	28.6 a	318.5 b	11.1 a	2,249 b	

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochihi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Non-san strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yQuality of fruits: Fruit weights of special size was heavier than 25 g, large size was 17 to 25 g, middle size was 10 to 17g, and small size was less than 10 g.

^xThe weight of marketable fruit was the heavier than 10 g.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 3. Nutrient contents based on dry matter of whole above-ground plant part collected at 180 days after transplanting in semi-forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (1st year experiment).

Treatment ^z	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) -----					----- (mg · kg ⁻¹) -----			
A	1.58 a ^y	0.57 a	1.71 a	0.89 a	0.27 a	161 a	46.8 a	37.6 a	19.5 a
B	1.45 ab	0.45 b	1.69 a	0.86 a	0.26 a	181 a	52.8 a	35.2 a	21.9 a
C	1.43 ab	0.59 a	1.64 a	0.87 a	0.29 a	190 a	58.5 a	36.1 a	18.8 a
D	1.57 a	0.52 ab	1.67 a	0.98 a	0.29 a	203 a	73.3 a	30.0 a	21.1 a
E	1.36 b	0.47 b	1.64 a	0.91 a	0.27 a	181 a	51.8 a	32.1 a	16.3 a

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 4. Effect of fertilization programs on change of nutrient concentration in soil collected at 180 days after transplanting in forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (1st year experiment).

Treatment ^z	pH	EC (dS · m ⁻¹)	O.M (g · kg ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
				----- (mg · L) -----						
A	6.29 a ^y	1.80 ab	26.0 a	14.8 a	59.4 a	26.7 a	2.25 a	11.9 a	2.05 a	1.78 a
B	6.41 a	1.58 ab	24.9 a	12.0 a	25.9 ab	28.4 a	2.16 a	12.6 a	3.23 a	1.19 b
C	6.37 a	1.76 ab	26.1 a	14.0 a	18.8 b	30.0 a	2.39 a	12.1 a	3.14 a	1.12 b
D	6.28 a	2.04 a	25.5 a	13.6 a	33.1 ab	14.2 b	2.14 a	12.0 a	2.94 a	1.57 a
E	6.31 a	1.06 b	25.0 a	9.6 a	15.1 b	19.7 b	2.28 a	10.4 a	2.85 a	1.18 b

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 5. Effect of fertilization programs on growth characteristics in semi-forcing culture of strawberry cv. Nyoho at 80 days after transplanting in PE film house (2nd year experiment).

Treatment ^z	Plant height (cm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)
A	20.6 a ^y	11.0 a	9.6 a	6.6 a	17.3 ab
B	20.6 a	10.8 a	9.8 a	6.6 a	17.3 ab
C	20.5 a	10.9 a	9.6 a	6.5 a	16.4 bc
D	21.2 a	11.3 a	9.9 a	6.5 a	17.7 a
E	19.8 a	10.4 a	9.4 a	6.5 a	16.2 c

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

이는 인정되지 않았다. 나트륨(Na)은 (A)나 (D)에서 높았고 기타 3처리 간에는 차이가 없었다.

2. 2차년도 결과

Table 5는 시비방법이 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위한 2차년도 시험결과이며, 9월 20일에 정식하고 80일 후에 지상부 생육을 조사한 결과이다. 초장, 엽병장, 엽장, 엽폭 및 엽수에서는 차이

가 뚜렷하지 않아 이상의 생육 특성만으로 적합한 시비방법을 판단할 수 없었다. 관부직경에서는 (D)에서 17.7 mm로 가장 굵었으나 (A), (B) 및 (D) 간에 통계적인 차이가 인정되지 않았고 (C)나 (E)는 앞의 세 처리 보다 유의하게 가늘었다.

시비방법이 딸기의 수량 및 품질에 미치는 영향 (Table 6)에서 10a당 수량은 (D)가 3,714 kg으로 가장 많았고 (E)가 2,973 kg으로 가장 적었는데, (E)를 제

Table 6. Effect of fertilization programs on yield and fruit quality in forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (2nd year experiment).

Treatment ^z	Yield (kg/10a)	Quality of fruits (g/60 plants) ^y												Mean fruit weight (g)	Marketable fruit weight ^x (kg/10a)		
		Special size			Large size			Middle size			Small size					Number of fruits	Fruit weight
		No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.	No.	Wt.						
A	3,531 ab ^w	152 ab	4,258 a	286 a	5,454 ab	758 ab	8,844 ab	789 a	4,748 a	33.1 a	388.4 ab	11.7 a	2,811 ab				
B	3,474 ab	156 ab	4,307 a	268 a	5,108 ab	754 ab	9,006 ab	795 a	4,506 ab	32.9 a	382.1 ab	11.6 a	2,790 ab				
C	3,346 ab	134 ab	3,597 ab	284 a	5,384 ab	747 ab	8,768 ab	745 a	4,337 ab	31.8 a	368.1 ab	11.6 a	2,690 ab				
D	3,714 a	165 a	4,438 a	298 a	5,842 a	795 a	9,340 a	815 a	4,889 a	34.6 a	408.5 a	11.8 a	2,975 a				
E	2,973 b	123 b	3,158 b	246 b	4,886 b	675 b	7,506 b	776 a	4,068 b	30.3 a	327.0 b	10.8 a	2,357 b				

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Non-san strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yQuality of fruits: Fruit weights of special size was heavier than 25 g, large size was 17 to 25 g, middle size was 10 to 17 g, and small size was less than 10 g.

^xThe weight of marketable fruit was the heavier than 10 g.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

외한 시비구간 통계적인 차이가 인정되지 않았다. (E)의 수량이 적었던 원인은 유기질비료만 기비로 시비하고 추비를 사용하지 않으므로써 재배 후반기에 토양의 비료성분이 부족하였고 결과적으로 수확량이 감소하였다고 판단된다. 과중이 25 g 이상인 특대과의 경우 (D)에서 60 식물체 당 과수 165개, 과중 4,438 g으로 생산량이 가장 많았으나 (E)를 제외한 처리 간에는 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 과중이 17~25 g의 대과 수확량에서도 (D)에서 생산량이 가장 많았으나 (E)를 제외한 처리 간 차이가 없었다. (D)는 전체 수확한 과수 및 과중에서 특대과 및 대과의 비율이 높아 우수한 품질의 딸기를 생산하기 위해 적합한 시비방법임을 알 수 있었다. 식물체 당 과중은 (D)에서 408.5 g으로 가장 무거웠고 (E)가 327.0 g으로 가장 가벼웠으며, 두 처리 간 5% 수준의 유의차가 인정되었다. 10a당 중과 이상의 상품과 생산량에서도 (D)에서 가장 무거웠고 (E)에서 가장 가벼웠으며 두 처리간 통계적인 차이가 인정되었다.

정식 180일 후에 지상부를 채취하여 무기원소 함량

을 분석한 결과(Table 7), 질소함량(Kjeldahl N)에서는 (A)와 (D)에서 높았고 (E)에서 1.59%로 가장 낮아 유의차가 인정되었다. 이는 (E)에서 유기질 비료만 시비하고 화학비료를 추비하지 않아 발생한 결과라고 판단된다. 인산과 칼륨도 (E)를 제외한 기타 시비구간에는 처리의 차이를 발견할 수 없었다. 철, 망간 및 구리함량에서는 (A)에서 높게 분석되었는데 이는 예상과 다른 결과이며 추후 보완연구가 필요하다고 판단되었다.

정식 180일 후에 딸기수확을 종료하고 토양시료를 채취하여 분석한 결과(Table 8), 토양 pH는 모든 처리에서 6.06~6.21로 측정되어 수용될 수 있는 범위에 포함되었다. 전기전도도는 (A)에서 2.36 dS·m⁻¹로 가장 높았고 (E)에서 1.71 dS·m⁻¹로 가장 낮아서 추비의 시기나 농도가 전기전도도에 많은 영향을 미침을 알 수 있었다. (A)에서 칼슘을 제외한 분석된 모든 무기원소의 토양 중 농도가 높은 것으로 분석되었는데 작물의 수량이나 품질을 우수하게 유지할 수 있는 반면 많은 무기염이 토양에 집적됨을 의미하고 있다. (A)에서는 질산태질소와 칼리 농도가 특히 높아 (E)

Table 7. Nutrient contents based on dry matter of whole above ground plant part collected at 180 days after transplanting in semi-forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (2nd year experiment).

Treatment ^z	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) -----						----- (mg · kg ⁻¹) -----		
A	1.88 a ^y	0.56 a	2.81 a	0.60 a	0.22 a	389 a	69.9 a	30.8 a	20.8 a
B	1.71 ab	0.45 a	2.22 a	0.63 a	0.24 a	283 b	44.6 b	34.2 a	16.9 ab
C	1.64 ab	0.59 a	2.17 a	0.64 a	0.26 a	290 b	77.8 a	30.4 a	12.7 b
D	1.76 a	0.52 a	2.23 a	0.62 a	0.24 a	263 b	45.7 b	34.3 a	9.3 b
E	1.58 b	0.47 a	2.01 a	0.59 a	0.23 a	272 b	40.0 b	34.9 a	9.4 b

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yMean separation within columns Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 8. Effect of fertilization programs on changes of nutrient concentration in soil collected at 180 days after transplanting in forcing culture of strawberry cv. Nyoho in PE film house (2nd year experiment).

Treatment ^z	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
	----- (dS · m ⁻¹) -----		----- (mg · L) -----			----- Exc. Cat. (cmol+kg ⁻¹) -----			
A	6.21 a	2.36 a ^y	17.8 a	74.6 a	19.0 a	8.04 a	11.3 ab	5.48 a	3.71 a
B	6.20 a	1.81 b	14.7 b	26.6 b	18.9 a	4.48 b	9.1 b	4.03 a	2.55 a
C	6.21 a	1.90 b	13.0 b	28.0 b	18.4 a	4.42 b	10.6 b	4.08 a	2.27 a
D	6.13 a	2.19 a	13.0 b	65.0 a	16.4 a	7.83 a	14.1 a	5.45 a	3.53 a
E	6.06 a	1.71 b	10.3 b	20.6 b	14.6 a	3.64 b	12.4 ab	4.16 a	1.88 a

^zTreatment: Fertilization programs of traditional fertilization (A), Rural development administration (B), Tochigi prefectural agricultural experiment station of Japan (C), Nonsan strawberry experiment station (D), and Check (E).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

보다 각각 약 3.5배 및 2배 높았다. (D)에서도 칼슘이나 마그네슘의 토양의 잔류농도가 다른 시비구보다 높아 많은 무기염이 토양에 집적됨을 확인할 수 있었다. Ca : Mg의 토양 중 비율은 모든 시비구에서 2.5~3.1로 분석되어 수용될 수 있는 범위에 포함되었다고 판단되었다(Hannan, 1998; Nelson, 1991). 그러나 토양 Na의 분석 결과는 1차년도 결과와 비교할 때 (Table 4), 약 2배 이상 증가하고 있다. 일반적으로 토양 중에 Na가 과도하게 집적될 경우 고농도의 Na가 작물생육에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 가용화된 Na의 직경이 커져 토양구조를 파괴하는 것으로 보고된 바 있다(Hannan, 1998).

2년간의 연구 결과를 고려할 때 (D)나 (A)에서 10a당 수량이 높았으나 식물체의 무기원소함량에는 큰 차이가 없어 각각의 시비방법이 식물체의 무기원소 함량보다는 수량에 더 큰 영향을 미치고 있음을 의미한다. 또한 (D)나 (A)의 전기전도도, 질산태질소 농도 및 나트륨 농도가 높았던 원인은 딸기재배 중 지속적인 추비를 한 것이 원인이 되었다고 판단되며 이런 형태의 시비방법을 지속적으로 적용할 경우 토양 내 질산염이나 나트륨이 과도하게 집적될 가능성이 있다고 판단되었다. 따라서 액비 관주시 Na함량이 적은 비료를 선택하거나 지하수로 용탈될 수 있도록 작물재배 전에 충분한 관수를 하여 용탈시키는 것이 바람직하다고 사료된다.

적 요

본 연구는 딸기 시설재배에서 시비방법이 작물의 생육, 무기원소 흡수 및 토양 중 무기염 집적에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2년에 걸쳐 수행하였다. 1차년도의 시비방법에 따른 딸기 생육에서 초장, 엽장, 관부직경, 엽병장 및 엽폭은 대조구를 제외한 시비구들 간의 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 10a당 수량에서 (D)가 가장 많았고, (A), 농촌진흥청 추천시비(B), 일본의 도치기시험장 추천시비(C) 및 대조구(E) 순으로 수확량이 감소하는 경향이었는데 (D)와 (E) 간의 유의차가 인정되었다. 2차년도 정식 80일 후에 조사한 생육 또한 (E)를 제외한 시비구들 간의 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 2차년도의 수량 및 평균 과중 등은 1차년도와 유사한 경향을 보였다. 2차년도 토양분석에서 pH는 모두 수용 가능한 범위에 포함되었으나

(A)와 (D)에서 EC가 2.36 및 2.19 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 측정되었다. (A)와 (D)는 토양 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 각각 74.6 및 $65.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 그리고 Na가 3.71 및 $3.53 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 분석되었다. 이상의 연구결과를 종합할 때 (A) 및 (D)는 수량 증가를 위해 바람직 하나 토양의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 Na 농도를 높여 염류집적을 심화시키는 시비방법임을 알 수 있었다.

주제어 : 초장, 관부직경, 10a당 수확량, 상품과

인 용 문 헌

- Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader, and V.L. Young. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6:71-80.
- Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chem.* 8:130-132.
- Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Method of analysis for soil, plants and waters. Univ. of Calif. Div. Agr. Sci., Berkeley, CA.
- Choi, J.M. 1994. Increased nutrient uptake efficiency by controlling nutrient release in floral crops. Ph.D. Disser. North Carolina State University.
- Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. *Anal. Biochem.* 85: 591-594.
- Hannan, J.J. 1998. Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture. CRC Press LLC. Boca Roton, Florida.
- Hendershot, W.H., H. Lalonde, and M. Duquette. 1993. Ion exchange and exchangeable cations. p. 167-176. In: M.R. Carter (ed.). *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Soc. Soil Sci., Lewis Publisher, Toronto.
- Murphy, J. and J.F. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27:31-36.
- Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management (4th ed.). Prentice Hall. p. 257-315.
- Rural Development Administration (RDA). 1999. Recommended fertilization program for various crops. p. 31.
- Rural Development Administration (RDA). 2000. Research reports on changes in soil chemical properties of cropping area in Korea. p. 3-15.
- Warncke, D.D. 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *Hort-Science* 21:223-225.
- 農山漁村文化協會. 1983. 野菜園藝 大百科3 (イチゴ). p. 312-314.