

果菜類의 養液에 따른 品質 反應

정 현 복

農漁村振興公社 施設榮農處

I. 고추의 양액재배에서 양액조성 및 환경조건에 따른 양액중 질소원의 관리요령

1. 서언

최근 한국 농촌에 보급되기 시작한 온실양액재배가 아직 초보적인 단계로서 양액재배기 미흡으로 첨단농업 시설원예의 확대에 장애요인으로 남아있다. 또한 현재 증가하고 있는 재배 시설과 재배기술은 거의가 외국에서 그대로 도입되어 환경 및 기후조건이 다른 한국은 그대로 적용하기 곤란한 점이 많다.

고추는 한국에서 매우 중요한 채소작물 중의 하나로서 건조용 적고추 및 生食用 풋고추 형태로 주로 소비된다. 최근에는 이러한 고추의 소비형태가 양적인 면도 중요하지만 저농 고품질 무공해 야채를 선호하고 있다. 그러나, 최근 시설재배에서는 염류집적과 토양전 병충해로 인한 연작장애가 심각한 문제로 대두되고 있다. 연작장애로 인한 수량감소, 의 과다살포로 인한 잔류농약도 문제되고 있다. 이러한 연작장애, 농약살포를 최소화 할 수 있는 대책으로서 많은 채소작물에서 양액재배가 도입되어 재배가 증가하고 있다. 따라서 고추도 양액재배기술을 적용하여 다수확, 고품질 야채의 생산이 기대된다.

양액재배는 根圈환경의 제어가 비교적 용이하며 작물에 적합한 양액조성으로 생육을 촉진시켜 수량증대, 품질향상이 가능하다. 한편, 양액재배에서는 양액의 질소源으로서 질산태질($\text{NO}_3\text{-N}$)와 암모니아태질소($\text{NH}_4\text{-N}$)가 사용되는데 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 식물체 흡수는 환경조건 즉 양액의 pH, 광조건, 지상부온도, 근권온도등에 의해 흡수정도가 다르게 나타난다. 따라서, 고추 양액재배에서 환경조건을 고려한 양액조성 및 관리요령을 살펴보기로 한다.

2. 광조건과 양액내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율에 따른 고추의 생육 및 수량

광조건을 무차광, 25%차광(백색한랭사), 50%차광(흑색한랭사)으로 하고 양액내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율(me/l)을 10:0, 9:1로 하였을 경우에 생육 및 수량을 검토하였다.

A. 양액조성

표 1. $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율 및 양액조성

질소원 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	K	Ca (me/l)	Mg	$\text{SO}_4\text{-S}$	Na	EC (mS/cm)
10:0	16	0	4	8	8	4	4	1.3	2.30
9:1	14.4	1.6	4	8	8	4	5.9	0	2.31
8:2	12.8	3.2	4	8	8	4	9.1	0	2.36

B. 생육 및 수량

표2에서 보는 바와같이 생육 및 수량은 무차광에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 단용이 증가하였고, 차광조건(25%차광, 50%차광)에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 첨가에 의해 증가하였다. 또한, 50%차광 조건에서는 광의 부족으로 인하여 낙화, 낙과가 발생하여 수량이 감소하였다.

표 2. 차광정도와 질소원이 생육 및 수량에 미치는 영향

차광정도 (%)	$\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$	초 장 (cm)	줄기직경 (mm)	생 체 중 (g/株)			果數 (개/株)	수량 (g/株)
				葉	莖	根		
무차광	10:0	113.5	10.3	170.1	162.5	133.0	47.4	647.5
무차광	9:1	112.8	10.2	128.6	199.0	113.7	43.4	618.3
25%차광	10:0	128.0	8.5	102.5	215.0	89.7	29.8	360.0
25%차광	9:1	195.5	10.3	245.0	388.0	213.8	46.5	615.0
50%차광	10:0	164.8	8.2	101.8	187.5	60.1	22.7	313.4
50%차광	9:1	167.8	10.5	135.5	281.8	80.7	30.9	419.1

C. 광합성속도

표3에서 보는 바와같이 광합성속도는 무차광에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 단용이 높았으며, 25%차광조건에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 첨가에 의해 높아졌다.

표 3. 차광정도와 질소원이 광합성속도에 미치는 영향

차광정도 (%)	$\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$	광합성속도 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$)
무차광	10:0	14.7
무차광	9:1	13.1
무차광	8:2	12.7
25%차광	10:1	10.9
25%차광	9:1	11.6
25%차광	8:2	11.7

3. 주간온도와 양액내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율에 따른 고추의 생육 및 수량

온실내 주간온도를 25℃, 30℃, 35℃로 각각 제어하고 양액내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율(mg/l)을 10:0, 8:2로 하여 생육 및 수량을 검토하였다.

A. 생육 및 수량

표4에서 보는 바와같이 생육 및 수량은 35℃에서는 NO₃-N단용이 증가하였고, 25℃, 30℃에서는 NH₄-N의 첨가에 의해 증가하였다.

표 4. 주간온도와 질소원이 생육 및 수량에 미치는 영향

주간온도 (°C)	NO ₃ -N/NH ₄ -N	초 장 (cm)	엽면적 (dm ² /株)	생 체 중(g/株)			果數 (개/株)	수량 (g/株)
				葉	莖	根		
25	10:0	127.2	41.1	138.0	164.1	105.4	46.3	343.3
25	8:2	132.0	50.3	158.8	213.5	165.6	49.7	380.5
30	10:0	134.5	53.2	142.7	156.6	111.9	47.3	454.8
30	8:2	135.3	81.7	220.1	267.7	153.5	54.3	557.7
35	10:0	133.5	52.6	150.8	181.1	122.5	46.3	439.6
35	8:2	126.3	51.0	144.2	192.4	85.0	44.3	345.8

B. 광합성속도

표5에서 보는 바와같이 광합성속도는 35℃에서는 NO₃-N단용이 높았으며 25℃, 30℃에서는 NH₄-N의 첨가에 의해 높아졌다. 또한 광합성속도는 25℃에서 가장 높았다.

표 5. 주간온도와 질소원이 광합성속도에 미치는 영향

주간온도 (°C)	NO ₃ -N/NH ₄ -N	광합성속도 (mgCO ₂ . dm ⁻² . hr ⁻¹)
25	10:0	18.0
25	8:2	18.2
30	10:0	11.0
30	8:2	13.5
35	10:0	15.0
35	8:2	10.8

C. 根의 活性

표6에서 보는 바와같이 根의 呼吸活性과 상관관계가 높은 Esculin 산화속도는 35℃에서는 NO₃-N단용이 높았으며 25℃, 30℃에서는 NH₄-N의 첨가에 의해 높아졌다.

표 6. 주간온도와 질소원이 根의 活性에 미치는 영향

주간온도 (°C)	NO ₃ -N/NH ₄ -N	Esculin 산화속도 (μg·g ⁻¹ ·hr ⁻¹)
25	10:0	15.4
25	8:2	26.6
30	10:0	13.0
30	8:2	15.2
35	10:0	23.6
35	8:2	15.5

4. 根圈온도와 양액내 NO₃-N와 NH₄-N의 비율에 따른 고추의 생육 및 수량

식물체 근권온도를 18°C, 22°C, 26°C로 각각 제어하고 양액내 NO₃-N와 NH₄-N의 비율(me/l)을 10:0, 8:2로 하여 생육 및 수량을 검토하였다.

A. 생육 및 수량

표7에서 보는 바와같이 생육 및 수량은 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 NO₃-N 단용 보다 NH₄-N의 첨가에 의해 증가하였다.

표 7. 근권온도와 질소원이 생육 및 수량에 미치는 영향

근권온도 (°C)	NO ₃ -N/NH ₄ -N	초 장 (cm)	생 체 중(g/株)			果數 (개/株)	수량 (g/株)
			葉	莖	根		
18	10:0	152.0	178.0	139.1	112.7	78.0	678.0
18	8:2	123.4	186.2	149.4	115.2	96.1	790.5
22	10:0	135.9	174.6	139.8	111.2	86.5	698.8
22	8:2	128.2	191.0	153.4	112.5	92.7	710.7
26	10:0	137.8	158.3	172.5	114.1	79.3	584.2
26	8:2	143.1	220.7	228.2	120.1	103.7	849.4

B. 根의 活性

표8에서 보는 바와같이 根의 呼吸活性은 26°C 근권온도에서 가장 높았으며 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 NO₃-N단용 보다 NH₄-N의 첨가에 의해 높아졌다.

표 8. 근권온도와 질소원이 根의 活性에 미치는 영향

근권온도 (°C)	NO ₃ -N/NH ₄ -N	Esculin 산화속도 (µg. g ⁻¹ . hr ⁻¹)
18	10:0	30.1
18	8:2	33.1
22	10:0	26.7
22	8:2	37.1
26	10:0	44.7
26	8:2	50.2

5. 결론

이상과 같이 '녹광' 고추의 양액재배에서는 질소원으로서 NO₃-N와 NH₄-N는 환경조건에 의해 흡수가 다르게 나타나는 사실을 알수 있었다. 즉, 夏季의 强光, 고온조건에서는 NO₃-N 單用이 효과적이며, 그밖의 계절 특히, 冬季에는 양액중에 NH₄-N를 첨가함으로써 수량증대의 가능성이 보였다. 또한, 고추재배에 양액재배방식을 적용함으로써 농약사용의 감소도 기대된다.

II. 양액재배 토마토의 배꼽썩이과 (BER) 종합 예방 기술

1. 서언

최근 증가 추세에 있는 토마토의 양액재배에서 'Momotaro' 등의 특정품종에서는 배꼽썩이과가 많이 발생하여 생산성이 크게 감소하고 있는 실정이다. 현재까지는 토마토의 양액재배 배꼽썩이과를 방제하기 위하여 Ca 엽면살포등의 극히 단편적인 대책을 시도하여 왔다. 따 본 배꼽썩이과 종합 예방 기술은 전용양액, 재배환경, 재배기술등을 다각적으로 고려한 다 라고 할 수 있다.

토마토 배꼽썩이과는 Ca결핍에 의해 발생되는데, 특히 도색(桃色; Pinkish color)과실 계 일본품종인 'Momotaro'나 한국품종에서 발생이 많다. 'Momotaro'는 무한성장형(Indeterminant)으로서 적색토마토에 비해 양액재배가 까다로우며 특히 암면재배시 뿌리의 생육이 배지 환경조건에 민감하여 영양생장의 불균형을 초래하기 때문에 배꼽썩이과가 발생하기 쉽다. 'Momotaro'는 토경재배에서도 배꼽썩이과가 발생하지만, 특히 암면(Rock Wool) 재배에서 발생한다. 이러한 토마토의 배꼽썩이과를 예방할 수 있는 종합적인 재배기술을 살펴보기이다.

2. 토마토 배꼽썩이과의 발생 기작

토마토의 Ca결핍에 의해 발생하는 배꼽썩이과는 고온기에 根圈온도가 높아지어, 고농도의 양액에서 발생이 조장된다. 높은 根圈온도에 의해 N과 K의 흡수는 물과 함께 증가하지만, Ca의 흡수는 억제되어 Ca의 과실에의 轉流가 저해되어 발생하게 된다.

3. 토마토 배꼽썩이과 발생의 원인

- 1) Ca의 결핍에 의해 발생
- 2) 양액의 고농도, 특히 $\text{NH}_4\text{-N}$ 와 K의 고농도에서 많이 발생
- 3) 고온, 건조의 환경에서나 과습에서 건조로 급격히 변화할 때
- 4) 식물의 Ca함량이 적고, N, K함량이 많아 양분의 불균형
- 5) 根圈온도가 높을때 N과 K의 흡수량은 증가하지만, 拮抗작용으로 Ca의 흡수는 억제
- 6) 식물의 생육에서 根의活力이 감퇴되고, 莖葉의 생육이 왕성, 과번무할 때

4. 토마토 배꼽썩이과의 종합 예방 기술

토마토의 배꼽썩이과를 예방할 수 있는 종합방제법은 양액의 조성뿐만아니라, 재배환경이나, 재배법의 개선에 의해 가능하다.

가. 양액조성에 의한 방법

- 1) 배꼽썩이과 예방용 전용양액 조성

A. 양액조성

배꼽썩이과를 예방하기 위한 전용양액은 표1에서 보는 바와 같이 기본적으로 생육단계 별로 조성을 달리 한다. 즉, N를 초기에는 적게하며 생육의 진전에 따라 점차적으로 늘리는 방법이다. K와 Mg함량도 생육중기부터 증가시키는 방법이다.

표 1. 배꼽썩이과 예방용 표준양액 조성

성분명	생 육 단 계 (ppm)			
	육묘기-1花房	1花房-3花房	3花房-5花房	5花房-수확말기
N	80	100	120	150
PO ₄ -P	50	50	50	50
K	120	150	150	200
Ca	150	150	150	150
Mg	40	40	50	50
SO ₄ -S	50	50	60	60

Fe		2.8		
Cu		0.2		
Mn		0.8		
Zn		0.3		
B		0.7		
Mo		0.05		

B. 생육 및 배꼽썩이과 발생을

표2에서 보는 바와같이 일본에서 현재 토마토의 양액재배에서 많이 사용하고 있는 Yamazaki 양액이나, 화란에서 많이 사용하고 있는 PTG 양액에서 생육한 토마토는 지상부 생육 즉,경엽이 과번무한 것을 알 수 있다. 따라서 식물체내 양분의 불균형으로 인하여 배꼽썩이과가 많이 발생한 것으로 사료된다.

표 2. 생육(처리후30일) 및 배꼽썩이과(BER) 발생을

양 액	生體重 (g)		葉面積 (dm ²)	BER발생율 (%)				
	葉	莖		1花房	2花房	3花房	4花房	5花房
Yamazaki	572.6	223.3	116.0	95.3	76.6	71.7	84.8	82.1
PTG	716.3	219.7	167.1	75.0	62.5	39.5	48.6	45.2

BER예방용 표준양액	429.9	198.0	100.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2) 칼슘 고농도 양액

A. 양액조성

양액내의 Ca함량을 높여 식물체내 Ca의 흡수를 촉진시키는 방법으로 표3과 같다.

표 3. Ca 고농도 양액조성

성분명	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P (me/l)	K	Ca	Mg	EC (mS/cm)
	24.0	2.0	1.3	3.3	20.0	2.0	2.8

B. 생육 및 배꼽썩이과 발생을

표4에서 보는 바와 같이 지상부 생육이 왕성하며 배꼽썩이과 발생율은 1화방, 2화방에서는 적어 지었으나, 3화방 이후에는 별다른 효과가 없었다. 한편 Ca 함량과 더불어 NO₃-N의 함량이 높아지어 점적식 압면재배의 경우에는 배액(排液)으로 인한 환경 오염의 문제가 있다.

표 4. 생육(처리후 30일) 및 BER 발생율

양 액	生體重 (g)		葉面積 (dm ²)	BER발생율 (%)			
	葉	莖		1花房	2花房	3花房	4花房
고농도 Ca	692.0	190.7	135.6	9.8	35.9	57.6	61.5

3) 칼슘 저농도 양액

A. 양액조성

양액내의 Ca함량은 높지 않으나, PO₄-P 및 K의 함량을 약간 높게하여 식물체내 Ca의 흡수를 촉진시키는 양액조성으로서 표5와 같다.

표 5. Ca 저농도 양액조성

성분명	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P (me/l)	K	Ca	Mg	EC (mS/cm)
	14.1	0	5.7	9.8	6.2	3.7	2.4

B. 생육 및 배꼽썩이과 발생율

표6에서 보는 바와 같이 잎의 생체중 및 엽면적이 증가하고, 배꼽썩이과 발생율은 1화방에서 3화방까지는 효과가 있었으나, 4화방부터는 별다른 효과가 없었다.

표 6. 생육(처리후 30일) 및 BER 발생율

양액	生體重 (g)		葉面積 (dm ²)	BER발생율 (%)			
	葉	莖		1花房	2花房	3花房	4花房
저농도 Ca	837.0	191.7	169.2	25.0	41.5	26.5	83.3

나. Ca 엽면시비에 의한 방법

1) Ca의 엽면시비

Ca를 엽면시비하여 Ca의 흡수를 촉진시키는 방법이다. 표7에서 보는 바와 같이 CaCl₂ 보다는 Ca(NO₃)₂·4H₂O 엽면시비가 배꼽썩이과를 방제시키는 효과가 컸으며, 화방부의만 살포하는 것보다는 화방 및 엽면을 동시에 살포하는 것이 효과적이다.

표 7. Ca 종류별 시비 내용 및 BER 발생율

엽면살포제	처리부위	BER발생율 (%)		
		1花房	2花房	3花房
무처리		21.0	32.5	21.2
CaCl ₂	화방	50.0	45.9	8.1
CaCl ₂	화방 및 엽면	7.5	7.5	9.1
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	화방	17.5	17.5	39.4
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	화방 및 엽면	17.5	0.0	0.0

2) 식물성추출 Ca의 엽면시비

가투키등의 식물성에서 추출한 Ca을 화방 및 엽면에 시비하면 배꼽썩이과 방제에 효과적이다.

3) 육묘기 Uniconazole (생장조절제)의 엽면시비

本葉4枚의 육묘기에 Uniconazole 5ppm을 엽면시비 하면 莖葉의 과번무를 방지하고, 뿌리 내에서 cytokinin의 생성이 증가하여 뿌리의 초기생육이 왕성하여 Ca의 흡수를 촉진시킴으로서 배꼽썩이과를 줄일 수 있다. 그러나, 5ppm 이상의 고농도를 시비하면 생육이 지나치게 억제되어 오히려 수량을 감소시킬 염려가 있으므로 주의 하여야 한다.

다. 재배법개선에 의한 방법

1) Slab 정식시기의 조절

토마토의 암면(Rock Wool)재배에서 육묘후 slab에 정식적기는 화란에서는 화란품종을 재배할 경우 1花房 비대 초기에 실시하는 것으로 알려져 있으나, 한국, 일본등의 pink계통('세계', 'Momotaro')의 품종에서는 1花房비대기 무렵에는 뿌리가 대기중에 많이 노출되어 强光, 고온등의 환경조건에서 품종 특성상 심하게 뿌리가 stress를 받는다. 일단 뿌리가 받은 stress는 slab에 정식후에도 쉽게 회복되지 않아, Ca의 흡수가 저해되어 1花房부터 배꼽썩이과가 계속적으로 발생하게 된다. 이러한 현재까지의 재배기술을 배꼽썩이과가 많이 발생하는 품종(특히 'Momotaro')에서는 정식시기를 1花房의 開花직전으로 조정할 필요가 있다. 표8은 Slab 정식시기별 배꼽썩이과 발생을 나타내고 있다.

표 8. Slab 정식시기별 배꼽썩이과 발생을

정식시기	BER발생율(%)		
	1花房	2花房	3花房
1화방 비대초기	64.2	72.0	74.1
1화방 개화직전	4.2	6.4	9.8

* 양액은 Yamazaki 조성에서 재배

2) 정식후 유인, 적심방법

배꼽썩이과가 많이 발생하는 품종에서는 主枝1本の 유인, 적심방법 보다는 식물체의 지상 부생육과 지하부생육의 balance를 조절함으로써 식물체내 Ca의 轉流, 이동을 촉진시킬 필요가 있다. 예를들면 연속 적심방법에서는 莖葉의 과번무를 방지하여 생육이 진행되면서 지상부의 balance를 적절히 유지할 수 있다. 표9에서 보는 바와 같이 정식시기를 1화방 개화직전으로 함으로써 배꼽썩이과를 현저히 줄일 수 있다.

표 9. 정식후 유인, 적심방법별 배꼽썩이과 발생율

적심방법	BER발생율 (%)		
	1花房	2花房	3花房
主枝1本적심	59.0	71.2	73.6
연속적심	3.2	4.9	6.8

* 양액은 Yamazaki 조성에서 재배

라. 재배환경의 조절에 의한 방법

1) 온실 내부온도, 습도

토마토의 배꼽썩이과는 夏季의 고온조건에서 Ca의 흡수가 저해되어 많이 발생하게 되는데, 大氣온도의 상승을 방지하기 위하여 환기를 하여 생육適溫을 유지해야 한다.

한편, 배꼽썩이과는 건조조건에서 많이 발생되는데, 夏季에 발생하기 쉬운 건조를 방지하기 위해서는 온실내 통로에 물을 뿌리거나, pad and fan system, 가습기등을 설치하여 적정 습도를 유지하여야 한다. 또한, 晝夜間의 급격한 습도의 변화를 막아 주어야 한다.

2) 根圈온도

根圈온도의 상승을 방지하기 위해서는 암면 slab및 cube를 silver vinyl 이나 백색 비닐 등으로 被覆하여 직사광선의 照射를 막을 수 있다.

마. 양액재배 system에 의한 방법

토마토의 배꼽썩이과가 많이 발생하는 품종에서는 특히 암면재배에서 배꼽썩이과의 발생의 頻度가 높다. 생육단계별 환경조건및 재배시기별 양액의 給液量이 적절하지 못할 경우(특히 부족시)에는 암면재배에서 양액이 slab 內로 균일하게 침투되지 못하여 Ca의 흡수가 저해된다. 반면, 표10에서 보는 바와 같이 NFT등의 순환식 양액재배 system에서 재배하였을 경우에는 양액의 종류와 상관없이 배꼽썩이과 발생을 현저히 줄일 수 있다. 그 이유는 NFT

system에서는 뿌리의 생육(특히 細根)이 왕성하여 양액내 Ca의 흡수가 항상 안정되기 때문으로 사료된다. 한편, NFT system에서 根圈온도의 상승을 방지하기 위하여는 양액 tank内の 양액을 chiller등을 이용하여 冷却水를 순환시킴으로써 해결할 수 있다.

표 10. 양액재배 방식별 배꼽썩이과 발생율

양액재배 방식	BER발생율(%)		
	1花房	2花房	3花房
암면재배	84.2	72.6	80.1
NFT 재배	0.0	2.4	2.7

※ 양액은 Yamazaki 처방 사용

5. 결론

토마토 도색품종의 양액재배에서 배꼽썩이과를 방지하기 위하여는 배꼽썩이과 예방용 전용 양액, 재배환경, 재배기술등을 다각적으로 고려한 배꼽썩이과 종합 예방 기술을 적용해야 한다.

특히 'Momotaro'와 생리적 특성이 비슷한 한국의 도색계 품종에서도 위에 기술한 종합 예방 기술을 적용함으로써, 현재 유리온실 양액재배에서 거의가 화란품종을 재배하고 있는 실정이므로 앞으로는 生食用 토마토로서 품질이 우수한 한국품종의 재배가 확대될 것으로 기대된다.