

서낙동강 유역 평강천의 수질 특성과 용수원에 따른 토마토 및 오이의 생육

이한철^{1*} · 조명환¹ · 이시영¹ · 최경이¹ · 이재한²
¹원예연구소 시설원예시험장, ²원예연구소 원예기획조정과

Chemical Properties of Peunggang River and Effect of Irrigation Source on the Growth of Tomato and Cucumber

Han Cheol Rhee^{1*}, Myeung Whan Cho¹, Si Young Lee¹, Gyeong Lee Choi¹, and Jae Han Lee²

¹Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-300, Korea

²National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This study was conducted to analysis the chemical properties of Peunggang river and investigate the effect of irrigation sources on the growth of tomato and cucumber.

The salt concentration in Peunggang river was high by 3.22~3.62 dS·m⁻¹s from March to May and lower gradually from April to February of next year, which was also lower in upper stream than in middle or low stream of Peunggang river. The growth such as plant height, fresh weight and dry weight in tomato and cucumber was better in drain water and tap water irrigation than in PR water (Peunggang river) irrigation. Mean fruit weight was highest in the tap water, and that of cucumber was no significance in the treatments. The number of setting fruit was lower in the PR water than in the treatments, and which was no significance between rain water and tap water.

The yield of tomato and cucumber was found to be highest by 10,594 and 11,826 kg/10a in tap water, respectively and also lowest in the PR water among the three treatments. The fruit quality, soluble solids of tomato shows a tendency to increase in the PR water as compared with the other treatment, and the rate of blossom-end rots was higher by 13.6% in the PR water. T-N and P content of tomato and cucumber were no significance in the treatments. Ca content was lowest, but Na content highest in the PR water.

It was thought that a rain water and tap water as alternative irrigation source of a PR water were proper.

Key words : rain water, salt concentration, tap water, yield

*Corresponding author

서 론

과채류재배에서 재배지역의 용수원의 수질은 매우 중요하다. 특히 과채류의 시설재배에서 생육장해의 원인 중에 하나가 재배지의 염류집적과 관개수의 수질오염이다(Kim 등, 1993).

부산 강서지역 서낙동강 유역의 시설재배 지역은 다년간 연작과 과잉시비에 의한 토양의 염류 농도가 높다(Ha와 Jong, 1989). 또한 낙동강 지류의 하천수를 농업용수로 이용하고 있는데 이 하천수는 공단폐수와 생활하수의 유입과 하류의 바닷물의 유입으로 염류농

도가 매우 높고 NaCl 함량이 많다(Ha와 Jong, 1989; Kang 등, 2004; Kim, 1998; Jung 등, 1997). 이 오염된 하천수를 관개수로 지속적으로 이용함으로써 작물의 생산성이 낮아지고 품질이 저하될 뿐 아니라 수확물의 안전성 문제까지 제기된다(Kim 등, 1993). 그리고 토양내에 과도하게 염류가 집적되어 다른 이온의 흡수를 억제하고, 작물에 수분 스트레스를 유도하여 생리대사에 크게 영향을 준다. 또한 NaCl의 축적은 Cl 이온이 단독 혹은 Na 이온과 함께 다른 이온의 흡수 억제와 Cl 이온 그 자체의 지나치게 많은 흡수로 작물에 독성작용을 나타내기도 한다(Mizrahi, 1982). 이

들 오염원의 경감대책으로 석회사용, 유기물투입, 토양 개량제처리 등의 많은 연구결과가 있었으나 근본적인 대책에서는 미흡한 실정이다. 또한 그 동안 관개수원으로 사용되는 낙동강 물에 대한 연구는 대부분 수질평가 및 작물의 생육 반응 차원에서 이루어졌다(Chung 등, 1997; Lee 등, 1993; Lee 등, 1999; Lee 등, 1997). 현재 화관 등 유럽에서는 빗물을 농업용수원으로 많이 사용되고 있고 우리나라에서도 빗물의 사용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Lee 등, 2005). 본 연구에서는 따라 서낙동강 유역 시설재배지에서 관개수원으로 사용하는 평강천의 수질 특성을 분석하고 토마토 및 오이를 공시하여 작물의 생육반응과 빗물 등의 대체 용수원을 찾고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 2003년에 부산원예시험장의 실험실과 유리온실에서 평강천의 수질분석과 작물의 생육반응의 검토코자 수행되었다.

평강천의 수질 특성 분석 : 계절적인 수질분석을 위하여 1월부터 11월까지 매월 15일에 평강천의 물을 채취하여 pH, EC와 Na 및 Cl 함량을 분석하였고, 평강천의 위치별 분석은 11월 15일에 상류, 중류 및 하류의 물을 채취하여 pH, EC와 T-N, P, K, Ca, Mg, Na 및 Cl 함량을 농촌진흥청 분석법에 준하여 분석하였다.

용수원에 따른 작물의 생육반응 : 토마토는 '하우스 모모타로' 품종을, 오이는 '겨울 청장오이' 품종을 공시하여 수행되었다. 육묘 시에는 cell 당 부피가 50cm³인 20공 연결 포트에서 피트모스(Sunshine, Genuine Co., Canada)와 펄라이트(No. 1, 삼손(주), 한국)를 1:1(v/v)로 혼합한 상토를 이용하였다. 토마토는 1월 9일, 오이는 2월 10일 파종하였으며 육묘시 양수분 관리는 토마토와 오이의 아마자키 처방양액 1/3배액을 생육초기에는 1일 1회, 그리고 5엽 전개 후에는 1일 2회씩 관주하였다. 정식은 토마토와 오이 모두 3월 9일에 하였다.

실험에 사용한 용수원은 서낙동강 유역(부산시 강서구 대저동 울만리)의 평강천(이하 하천수)과 수돗물과 빗물이었다. 용수는 3월, 4월, 5월에 채취하여 작물을 재배하고 채취한 즉시 이화학성을 분석하였다. 재배지

의 토양은 미사질 양토이고 토양 pH는 5.5, EC는 2.5dS·m⁻¹이었다. 토마토와 오이의 표준시비량을 인산은 전량을 기비로 사용하였고, 질소와 칼리는 2/3량은 기비로, 그리고 1/3량은 추비로 사용하였다. 토마토와 오이의 재배는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다. 주요 조사내용은 용수원 수질특성과 토양 및 식물체 무기성분의 분석이었고 작물의 생육은 농촌진흥청 조사표준에 준하였다. 건조된 식물시료를 마쇄기로 마쇄한 다음, 1g씩 칭량하여 질소는 Kjeldahl법(1030 analyzer, Kjeltac Auto)으로, 그리고 인산은 Vanadate법으로 비색계(UV/VIS spectrophotometer, Lambda 18, Perkin Elmer)를 이용하여 측정하였다. 그리고 K, Ca 및 Mg은 tenery solution으로 용해한 후 원자 흡광 분광 광도계(atomic absorption spectrophotometer 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 '03년도에 평강천 하류지점에서의 염 농도와 Na 및 Cl 함량 변화를 나타낸 것이다.

하천수의 pH는 7.5~7.9로 계절에 따른 큰 차이는 없었다. 염 농도(EC)는 계절에 따라 차이가 컸으며 갈수기인 3월~5월에는 EC 3.22~3.62dS·m⁻¹로 매우 높았고 성수기인 6월부터 점점 낮아져 9월에는 EC 2.37dS·m⁻¹까지 낮아졌다. 그리고 11월부터 다시 높아지기 시작하여 이듬해 3월부터 급격하게 증가된다. 하천수의 염 농도 증가는 갈수기의 수분증발에 의한 염분의 농축에 영향을 크게 받고 성수기의 염 농도 감소는 우기에 하천수가 강우에 희석되기 때문이다. 농업용수로서의 수질기준에 따르면 EC 0.75dS·m⁻¹ 이하인 관개수는 작물에 피해가 없지만 EC 0.75~2.25 dS·m⁻¹인 관개수는 염해에 강한 일부 작물에 제한적으로 사용할 수 있으며 EC 2.25dS·m⁻¹ 이상인 관개수는 농업용수로 사용할 수 없다고 한다. 따라서 평강천 하류의 수원은 갈수기나 성수기 모두 농업용수로 사용하기에는 부적합한 것으로 판단된다. Na과 Cl 함량은 갈수기에는 각각 200~254, 171~184mg·L⁻¹, 그리고 성수기에는 119~166, 112~158mg·L⁻¹으로 매우 높게 나타난다. Cl 함량도 250mg·L⁻¹ 이상이면 작물에 직접적인 피해를 준다. NaCl 함량의 집적으로 다른 이온의 흡수를 억제하고(Yamauchi, 1989), 작물

Table 1. Seasonal change of EC and Na and Cl concentrations of Peunggang river.

Time	pH	EC (dS·m ⁻¹)	Na (mg·L ⁻¹)	Cl (mg·L ⁻¹)
Jan.	7.67	2.51	166.2	149.6
Feb.	7.45	2.84	195.5	157.8
March	7.53	3.22	201.4	178.6
April	7.45	3.59	200.2	184.2
May	7.73	3.62	253.9	170.9
June	7.13	2.71	159.6	133.5
July	7.63	2.43	131.2	121.8
Sep.	7.70	2.37	131.2	112.0
Oct.	7.71	2.31	132.2	112.0
Nov.	7.85	2.41	119.9	130.9
Mean	7.56±0.45	2.84	174.60	146.71±25.5

Table 2. Chemical properties of water quality according to the position of Peunggang river invested in November 15, 2003.

Position	EC (dS·m ⁻¹)	pH	T-N	PO ₄	K	Ca	Mg	Na	Cl
			(mg·L ⁻¹)						
Upper	0.71	7.46	6.35	0.03	12.0	27.1	14.5	89.4	96.3
Middle	2.38	7.75	4.37	0.00	22.5	39.2	57.5	478.0	653.4
Lower	3.02	7.78	7.86	0.00	23.9	40.5	61.5	509.0	622.3

Table 3. Chemical characteristics of irrigation sources used in the tomato and cucumber cultivation in the protected house.

Irrigation source	pH	EC (dS·m ⁻¹)	T-N	PO ₄	SO ₄	Ca	Mg	K	Na	Cl
			(mg·L ⁻¹)							
Rain water	5.5	0.02	0.6	0.2	3.5	1.4	0.7	1.7	0.7	4.7
Tap water	7.1	0.10	1.7	0.0	10.3	5.9	2.7	3.5	4.6	12.3
PR water ^y	7.6	3.10	5.6	25.5	72.9	24.1	45.7	34.5	175.8	136.6

^yPR water represents Peunggang river.

에 수분 스트레스를 유도하여 생리대사에 크게 영향을 준다(Boyer, 1970). 또한 Cl 이온은 단독 혹은 Na 이온과 함께 작용하여 다른 이온의 흡수를 억제하거나, Cl 이온 그 자체가 지나치게 많이 흡수되어 독성작용을 나타낸다(Mizrahi, 1982).

Table 2는 2003년 11월 갈수기에 평강천의 상류, 중류 및 하류의 무기염 함유량을 나타낸 것이다. 염농도(EC)는 평강천의 위치에 따라 많은 차이를 보여 상류에서 하류로 갈수록 높았다. 염 농도가 상류의 EC 0.71dS·m⁻¹보다 중류는 2.38dS·m⁻¹로 3배, 하류는 3.02dS·m⁻¹로 4배 높았다. 하류가 상류보다 염농도가 높은 것은 주변 생활하수의 유입, 하천의 하류의 느린 유속에 의한 염류의 퇴적 및 수분증발에 의한 농축 등을 원인으로 볼 수 있다. 그리고 중류 및 하류에는 바닷물의 유입으로 Na 및 Cl 함량이 높아지는

것도 주 요인 중에 하나이다.

Table 3은 토마토와 오이의 생육실험에 사용한 용수원의 화학성을 분석한 결과이다. pH는 빗물이 5.5로 산성이었고 빗물과 평강천(이하 하천수)은 각 7.1, 7.6으로 중성에 가까웠다. EC는 빗물이 0.02dS·m⁻¹였고 수돗물은 0.10dS·m⁻¹, 하천수는 3.1dS·m⁻¹로 높게 나타났으며, 이는 전체적인 무기염의 함량이 높은 것도 원인이지만 Na 및 Cl 함량이 높은 것이 가장 큰 요인으로 나타났다.

Table 4는 용수원별 토마토 및 오이의 생육을 나타낸 것이다. 초장, 생체중, 건물중 등 생육이 토마토, 오이 모두 대체적으로 하천수보다 빗물이나 수돗물에서 좋았다. 초장은 토마토, 오이 모두 빗물이나 수돗물이 하천수의 각각 115.0cm, 115.0cm 보다 통계적으로 유의하게 길었다. 그러나 경경은 처리간에 차이가

서낙동강 유역 평강천의 수질 특성과 용수원에 따른 토마토 및 오이의 생육

Table 4. Effect of irrigation source on the growth of tomato and cucumber in the protected cultivation.

Plants	Irrigation source	Plant height (cm)	Stem dia. (cm)	Inter-node (cm)	Fresh weight (g)		Dry matter weight (g)	
					Top	Root	Top	Root
Tomato	Rain water	125.8 a ^z	10.7 a	45.6 a	276.4 a	24.0 a	20.5 ab	1.8 a
	Tap water	128.6 a	11.2 a	46.5 a	284.8 a	28.2 a	24.1 a	2.1 a
	PR water ^y	115.0 b	10.5 a	40.2 b	251.1 b	23.6 a	18.2 b	1.8 a
Cucumber	Rain water	157.4 a	10.1 a	-	376.0 a	34.0 a	31.0 a	2.5 a
	Tap water	157.9 a	10.3 a	-	385.0 a	36.0 a	32.0 a	2.6 a
	PR water ^y	115.0 b	9.6 a	-	354.0 b	30.0 b	25.0 b	2.0 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^yPR water represents Peunggang river.

Table 5. Effect of irrigation source in soil on the mean fruit weight, fruit count, and yield of tomato and cucumber in the protected cultivation.

Plants	Irrigation source	Mean fruit weight (g)	No of fruit	Fruit weight (kg/pl.)	Yield (kg/10a)	Index	Marketable fruit (%)
Tomato	Rain water	123 b ^z	18.4 a	2.25 b	8,443 b	130	66.5
	Tap water	150 a	18.9 a	2.83 a	10,594 a	163	69.8
	PR water ^y	109 c	15.9 b	1.74 c	6,489 c	100	64.5
Cucumber	Rain water	189 a	16.6 a	3.13 a	10,855 a	133	68.7
	Tap water	191 a	17.9 a	3.41 a	11,826 a	144	69.8
	PR water ^y	189 a	12.2 b	2.36 b	8,185 b	100	61.5

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^yPR water represents Peunggang river.

Table 6. Effect of irrigation source in soil on the soluble solids and titratable acidity of tomato in the protected cultivation.

Irrigation source	Soluble solids (%)	Titratable acidity (%)	Ratio of sugar to acidity	Blossom-end rot (%)
Rain water	4.8 a ^z	0.56 a	8.6	6.5 b
Tap water	4.9 a	0.59 a	8.3	5.4 b
PR water ^y	5.4 a	0.55 a	9.8	13.5 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^yPR water represents Peunggang river.

없었다.

토마토, 오이 모두 지상부의 생체중과 건물중은 하천수보다 빗물이나 수돗물이 무거웠으며 빗물과 수돗물간에는 차이가 없었다. 반면에 뿌리의 생체중과 건물중은 토마토에서는 처리간에 차이가 없었으나 오이에서는 차이를 보여 하천수가 억제적이었다. 이는 토마토보다 오이의 뿌리가 염류에 약하다는 것을 미루어 짐작할 수가 있다.

Table 5는 용수원에 따른 작물별 수량 구성요소 및 수량을 나타낸 것이다. 평균과중은 토마토는 수돗물이 150g으로 가장 무거웠으나 오이는 처리간에 통계적인 유의차가 없었다. 착과수는 토마토, 오이 모두 하천수

가 가장 적었으며 빗물과 수돗물 간에는 차이가 없었다. 수량은 토마토에서는 수돗물이 10,594kg/10a로 가장 많았으며 빗물, 하천수 순이었다. 오이는 각각 수돗물이 11,826, 빗물이 10,855kg/10a로 하천수보다 44, 33% 많았다.

토마토 과실의 품질에서는 당도는 하천수가 다소 높은 경향이었으나 처리간에 차이가 없었으며 배꼽썩음과의 발생은 하천수가 가장 많았다(Table 6). Table 7은 용수원에 따른 작물별 수확 후 식물체의 무기성분 T-N 및 P의 함량은 토마토, 오이 모두 각각 2.0, 1.0% 내외로 처리간에 차이가 없었으며 Mg 함량은 하천수가 빗물이나 수돗물에 비해 높은 경향이었으나

Table 7. Effect of irrigation sources in soil on the inorganic ion content of tomato and cucumber plant in the protected cultivation.

Plants	Irrigation source	T-N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
		-----(-)-----					
Tomato	Rain water	2.0 a ²	1.1 a	6.6 a	1.7 a	1.5 b	0.8 b
	Tap water	2.3 a	1.2 a	6.7 a	1.4 a	2.0 a	0.4 c
	PR water ³	2.3 a	1.0 a	5.9 b	1.7 a	1.2 c	1.3 a
Cucumber	Rain water	2.2 a	0.9 a	3.8 a	0.9 a	3.2 a	0.1 b
	Tap water	2.1 a	0.9 a	3.5 a	1.0 a	3.0 a	0.1 b
	PR water ³	2.6 a	1.0 a	2.9 a	1.1 a	2.3 b	1.5 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

³PR water represents Peunggang river.

통계적인 유의차는 없었다. Ca 함량은 토마토에서는 하천수보다 빗물이나 수돗물이 많았고 오이에서도 토마토와 같은 경향이었으나 유의차는 없었다. 반면 Na 함량은 Ca과 달리 하천수에서 가장 많았다. 이는 하천수내 Na 함량이 높아 관수 후 토양 내 Ca과 길항작용에 의해 Ca 흡수가 억제된 것에 기인되고 그 결과 과실의 배꼽썩음과 발생도 많은 것으로 생각되었다.

이상의 결과에서 부산 강서구 서낙동강 유역의 평강천은 농업용수원으로는 부적합함을 알 수가 있었다. 특히 이 하천의 하류는 갈수기에 Na와 Cl의 함량이 더욱 높아 관개수로 사용할 때 토마토나 오이의 생육을 더욱 억제하였다. 반면 이 용수원의 대체로는 빗물이나 수돗물이 가능한 것으로 판명되었으므로 이를 관개수로 활용하도록 해야 할 것이고 경영비를 절약하는 차원에서 하천수와 빗물이나 수돗물을 혼합하여 사용하는 방법 등도 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 서낙동강 유역 평강천의 수질을 분석하고 이 하천수의 대체 용수원으로 지하수나 빗물이 가능한지를 검토코자 수행되었다.

평강천의 염 농도(EC)는 계절에 따라 차이가 컸으며 갈수기인 3월~5월에는 EC 3.22~3.62dS·m⁻¹로 매우 높았고 성수기인 6월부터 점점 낮아져 9월에는 EC 2.37dS·m⁻¹까지 낮아졌다. 염 농도(EC)는 평강천의 위치에 따라 많은 차이를 보여 상류는 EC 0.71dS·m⁻¹, 중류는 2.38dS·m⁻¹, 하류는 3.02dS·m⁻¹

였다.

초장, 생체중, 건물중 등 생육이 토마토, 오이 모두 하천수보다 빗물이나 수돗물에 좋았다. 평균과중은 토마토는 수돗물이 가장 무거웠으나 오이는 처리간에 유의차는 없었다. 착과수는 토마토, 오이 모두 하천수가 가장 적었으며 빗물과 수돗물 간에는 차이가 없었다. 수량은 토마토에서는 수돗물이 10,594kg/10a으로 가장 많았으며 빗물, 하천수 순이었다. 오이는 각각 수돗물이 11,826, 빗물이 10855kg/10a로 하천수보다 44, 33% 많았다. 토마토 과실의 품질에서 당도는 하천수가 다소 높은 경향이었으나 처리간에 차이가 없었으며 배꼽썩음과의 발생은 하천수가 가장 많았다.

T-N 및 P의 함량은 토마토, 오이 모두 처리간에 차이가 없었으며 Ca 함량은 토마토에서는 하천수보다 빗물이나 수돗물이 많았고 오이에서도 같은 경향이였다. 반면 Na 함량은 Ca와 달리 하천수에서 가장 많았다.

이상의 결과에서 서낙동강 유역의 농업 용수원으로 하천수 대신 지하수나 빗물을 이용하면 토마토 생육에 효과적인 것이라 생각된다

주제어 : 빗물, 수돗물, 수량염, 농도

인 용 문 헌

- Boyer, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46:233-235.
- Chung, J.B., B.J. Kim, and J.K. Kim. 1997. Water pollution in some agricultural areas along Nagdong river, Kor. *J. Environ. Agric.* 16:187-192 (in Korean).

3. Ha, H.S., and J.S. Heo. 1982. A study on the irrigation water pollution of the Gimhae plain. Korean J. Environ. Agric. 1:22-30 (in Korean).
4. Ha, H.S. and J.S. Heo. 1989. Effect of irrigation water pollution on the nutrition physiology of rice plant in the Kimhae plain. Korean J. Environ. Agric. 8:93-102 (in Korean).
5. Jung, Y.S., J.E. Yang, and B.Y. Kim. 1997. Standards of agricultural environment in Korea. Korean Soc. Environ. Agri. 6:79-80 (in Korean).
6. Kang, U.G., J.S. Lee, J.Y., Ko, C.Y. Park, and K.Y. Jung, 2004. Agroenvironmental characteristics and NP demand of paddy fields irrigated with the water of Nagdong river. J. Korean Environ. Agr. 23:170-177 (in Korean).
7. Kim B.Y. 1998. Water pollution and agriculture. Korean Soc. Environ. Agri. 7:153-169 (in Korean).
8. Kim, J. S., K.B. Park, and J. Choi. 1993. Effect of polluted irrigation water on the rice growth and the grain quality. J. Korean Sci. Soil Nutri. 26:132-137 (in Korean).
9. Kim, M.K., J.B. Chung, B.J. Kim, M.C. Seo, N.J. Lee, and K.A. Roh. 2004. Groundwater quality of greenhouse areas for agricultural irrigation in Nakdong river. Korean J. Environ. Agric. 11:93-102 (in Korean).
10. Lee, J.S., J.G. Kang, and J.G. Kim. 1993. Studies on the irrigation water quality along the Seomjin river. Kor. J. Environ. Agric. 12:19-25 (in Korean).
11. Lee, K.B. 1999. Change in agricultural irrigation water quality in Mankyeong river. Kor. J. Environ. Agric. 18:6-10 (in Korean).
12. Lee, S.J., H.Y. Kim, and M.Y. Han, 2005. The study of pH variation of rainwater in rainwater harvesting system. J. Korean Water Environ. Sci. 19:857-860 (in Korean).
13. Lee, Y.H., J.G. Kim, H.S. Lee, D.J. Cho. J.S. Cho, and Y.K. Shin. 1997. Changes in agricultural irrigation water quality in Nam river. Kor. J. Environ. Agric. 16: 259-263 (in Korean).
14. Mizrahi, Y. 1982. Effects of salinity on tomato fruit ripening. Plant Physiol. 69:966-970.
15. Yamaguchi, Y. 1989. Initiation mechanism on the salt tolerance of rice varieties. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 60:210-219.