

상토에 함유된 Na함량이 오이와 참외의 생육, 광합성 및 잎의 수분상태에 미치는 영향

서영진* · 김종수 · 김찬용 · 박소득 · 박만¹

경상북도농업기술원, ¹경북대학교

Effect of Sodium in Artificial substrate on the Growth, Gas Exchange and Leaf Water Status of Cucumber (*Cucumis sativa* L.) and Korea Melon(*Cucumis melo* L.)

Young-Jin Seo,* Jong-Su Kim, Chan-Yong Kim, So-Deuk Park, and Man Park¹

Gyeongbuk Agricultural Research and Extension Services, Daegu, 702-708, Korea

¹Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University

Sodium is known to reduce a plant growth and yields. However, the relationships between physiological response of seedling and salinity stress caused by growing media are not well understood yet. We conducted experiments to investigate change of some parameters including Na, EC, moisture content in media under different air temperature (15°C, 25°C), and the response of fruit-vegetables such as cucumber, oriental melon on saline conditions originated from horticultural substrate. Volumetric moisture content of media at 15°C was 70%, but at 25°C was decreased by 45% within 22 hrs, showing below optimal matric potential, approximately. During reaction time, the increase of Na concentration was significantly greater in saline substrate than in control. The decrease rate of Na concentration according to supplying irrigation water was higher in saline substrate than in control. CO₂ assimilation rate and transpiration rate of Korea melon grown in low temperature were decreased with a Na/cation ratio in hydroponic solution. Water saturation deficit was also increased significantly at 15°C as compare to 25°C. Saline stress during nursery stage induced a reduction of seedling quality, growth and cucumber yield. The results suggest that the relationship between uncontrolled Na uptake of seedling from saline substrate and meteorological condition is responsible for saline stress.

Key Word : Sodium, Photosynthesis, Leaf water, Cucumber(*Cucumis sativa* L.), Korea Melon(*Cucumis melo* L.)

서 언

채소, 화훼 등 원예산업의 발달로 인해 모종의 년중 생산량이 증가되고, 1990년대 이후 플러그 트레이를 이용한 양질의 모종을 편리하게 키울 수 있는 육묘기술이 보급되면서 상토의 사용량이 크게 증가되었다.

상토는 모종의 생육환경에 적합한 이·화학적 특성과 생물성을 갖추어야 하며, 경제성도 있어야 한다. 이러한 상토의 기준을 충족하기 위하여 국내외적으로 육묘용 상토의 원료로 많이 이용되는 재료의 종류는 코이어, 펄트모스, 톱밥 등 유기성 재료와 제올라이트, 버미큘라이트, 펄라이트 등 무기성 재료가 사용되고 있다. 우리나라에서는 상토의 물리화학적 특성을 개선하기

위하여 유기성원료와 무기성원료를 적절히 혼합한 상토를 많이 사용하고 있는 실정이다(Choi et al., 2002; Lee et al., 1999). 특히 이들 원료중 Zeolite는 내표면적이 넓고 양이온치환용량이 크기 때문에 흡착제, 촉매제, 이온교환제 및 탈수제 등 산업분야에서 광범위하게 이용되고 있으며(Gottardi, 1978; Lee et al., 1995; Lee and Choi, 1995; Ryazantsev and Dashibalova, 1998), 신생대 3기 해안부근에서 고온, 고압에 의해 열수합성된 결정성 다공질 광물로서 포항, 감포지역 등 동해안 주변에 많이 존재하기 때문에 다공성 공극내에 Na이 많이 함유되어 있는 것이 특징이다(Choi et al., 1996).

그러나 고농도의 Na 이온이 존재할 경우 근권의 삼투압을 증가시켜 수분과 양분의 흡수를 저해하고 식물체내 독성 물질의 농도를 증가시켜 식물의 생장, 발

접수 : 2008. 4. 8 수리 : 2008. 5. 30

*연락처 : Phone: +82533200269,

E-mail: francisc@naver.com

육, 수량성을 감소시키는 것으로 잘 알려져 있다 (Munnus, 1993; Pasternak and Malach, 1995). 식물은 광합성, 호흡 및 식물 호르몬 조절능력 저하 등 생리적 장애를 유발하고 식물의 Mg 결핍을 초래하는 것으로 보고되어 있으나 (Greenway and Munnus, 1980; Weimberg and Shannon, 1988) Na에 대한 식물의 피해정도는 생육기간 동안 관개용수 공급, 기상 조건, Na에 대한 품종별 내성, 관리방법 등에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다.

따라서 육묘중인 작물의 경우 상토내 과다한 농도의 Na이 존재할 경우 여러 가지 생리장애를 유발하여 우수한 묘소질을 가진 모종을 생산하기에 불리할 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구에서는 Na의 육묘 반응 영향력을 평가하기 위하여 Na 함량이 높은 Zeolite가 많이 함유된 상토를 사용하여 육묘 온도 조건별 상토의 Na 함량 변화, 모종의 가스교환능력, 잎의 수분상태 및 시험포장에서 생육 및 수량성에 대한 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

상토특성 및 화학분석 본 연구에서는 Na 함량이 상이한 2종의 시판 원예용상토를 공시하였으며 zeolite 첨가량이 많아 Na 함량이 비교적 높은 saline substrate와 상대적으로 Na 함량이 낮은 control(대조상토)의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

상토의 화학분석은 농촌진흥청 상토분석법에 준하여 실시하였다. pH 및 EC는 상토 25 ml을 메스실린더에 취하고 증류수 125 ml을 가하여 25°C에서 30분간 진탕하고 Toyo NO. 2 여과지로 여과한 후 여액의 pH와 EC를 측정하였다. 그리고 추출한 용액을 유도 결합플라즈마분석기 (ICP-OES 3200RL, Perkin Elmer, USA)을 이용하여 수용성 K, Ca, Mg를 분석하였고 원자흡광분석기 (AAs 3300, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 수용성 Na 함량을 분석하였다. 그리고 상토 25 ml에 1N ammonium acetate 용액 125 ml을 가하여 30분간 진탕, 여과한 후 상토의 치환성 양이온 함량을 분석하였다.

관리방법별 변화 육묘기간중 온·습도 조건에 따

른 상토의 수분함량, 반응시간 및 관수에 의한 상토내 양분의 세탈정도에 따른 용액의 전기전도도(EC) 변화를 조사하기 위하여 직경 12 cm, 높이 13.5 cm 크기의 PVC 육묘용 개별포트를 이용하였다. 개별포트 하단의 구멍을 통한 상토 유실을 방지하기 위해 나일론 천을 한 후 상토 1과 대조상토를 충전하였고 상토에 증류수를 과잉의 수분이 유출되지 않을 때 까지 공급하여 최대 수분보유 조건이 되도록 하였다. 수분이 처리된 상토를 상온조건(온도 25°C, 상대습도 50%), 저온조건(온도 15°C, 상대습도 90%)이 설정된 식물성장상(HB-302L, Hanbaek Inc., Korea)에 넣고 경시적 수분함량, EC 및 Na변화를 조사하였다. 세탈회수에 따른 염의 변화를 조사하기 위하여 상온 및 저온조건하에 1일 경과 후 마다 개별포트를 꺼내어 여과지(Toyo No.2)가 부착된 buchner funnel 위에 얹고 진공펌프를 이용하여 상토에 함유된 용액을 추출하여 EC, Na함량을 측정하였다. 용액을 추출 후 다시 증류수를 공급하여 최대 수분보유 조건이 되도록 하였다.

잎의 Gas 교환특성 및 수분상태에 대한 Na 영향

상토에 함유된 Na의 비율에 따른 참외묘의 광합성율, 증산율 및 잎의 수분상태등 생리적 반응을 조사하기 위하여 Table 2의 내용과 같이 509~539 mho·cm²의 당량전도도 값을 가지면서 양이온중 Na 비율을 0~90%까지의 범위를 가지는 용액을 조제하였다. 참외모종은 대목은 신토좌호박, 참외는 슈퍼금싸리 품종을 합접한 후 육묘한 35일 묘를 시험에 사용하였다. Na비율별 용액 100 ml를 개별포트에 처리하여 용액이 충분히 상토에 흡수되게 한 후 식물성장상(HB-302L, Hanbaek Inc., Korea)에 넣고 상온조건(온도 25°C, 상대습도 50%), 저온조건(온도 15°C, 상대습도 90%)에서 1일간 처리하였으며 광조건은 최대 800 μmolm⁻²s⁻¹ 정도로 하여 광조건 14시간, 암조건 10시간으로 하였다. 용액 처리 24시간 후 참외묘의 광합성 및 증산율은 광합성측정기(Li-6400, Licor Inc, USA)를 이용하여 측정하였다. 잎의 포화수분부족도는 잎을 잘라낸 후 즉시 생체중을 측정하였다. 생체중 측정 후 증류수가 담긴 플라스틱 통에 염병이 담기도록 넣고 덮개를 덮은 다음 25°C의 암실에서 24시간 동안 담가두었다가 꺼내어 포화수분시 생체중을 측정한 후 80°C의 열

Table 1. Chemical composition of horticultural media used in experiment.

	pH	EC	exchangeable cation				Water soluble cation			
			K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na
	1:5	dS m ⁻¹	-----cmol ⁺ l ⁻¹ -----				-----cmol ⁺ l ⁻¹ -----			
Saline substrate	6.4	0.7	6.56	8.54	3.09	23.74	0.04	0.2	0.12	3.11
Control substrate	6.7	0.6	2.25	4.50	2.05	2.60	0.13	0.40	0.18	0.47

Table 2. Composition of irrigation solution and calculated molar conductivity.

Na/cations	Concentration of element							Mol. conductivity
	K	Ca	Mg	Na	Cl	NO ₃	SO ₄	
%	-----cmol ⁺ l ⁻¹ -----							mho cm ²
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.1	3.0	0.1	0.8	3.8	0.1	0.1	537
30	0.1	2.6	0.1	1.2	3.8	0.1	0.1	533
40	0.1	2.2	0.1	1.6	3.8	0.1	0.1	529
50	0.1	1.8	0.1	2.0	3.8	0.1	0.1	525
60	0.1	1.4	0.1	2.4	3.8	0.1	0.1	521
70	0.1	1.0	0.1	2.8	3.8	0.1	0.1	517
80	0.1	0.6	0.1	3.2	3.8	0.1	0.1	513
90	0.1	0.2	0.1	3.6	3.8	0.1	0.1	509

풍건조기에 넣어 건조한 후 건조중을 측정하여 포화 수분부족도를 구하였다. 그리고 수분이용효율은 광합성율을 증산율로 나누어 구하였다.

오이의 생육 및 수량에 대한 영향 Na 함량이 상이한 상토의 오이의 육묘 및 본포에서 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 육묘시험과 본포 재배시험을 수행하였다. 대목으로 흑중호박과 오이는 가락만춘을 공시하여 3월 25일 육묘상자에 200립을 파종하였고 4월 4일 접목을 실시한 후 직경 12 cm의 개별포트에 이식하여 육묘를 하였다. 육묘중 초장, 세근수, 본포 생육 및 수량은 농촌진흥청 시험연구사업 조사기준에 준하여 조사하였다. 본포 재배는 단동형 비닐하우스에서 실시하였으며 흑중호박을 대목으로 사용한 가락만춘오이가 접목된 30일 묘를 4월 25일 정식하였다. 이랑은 흑색 PE 필름으로 멀칭 후 재식거리 80×45 cm로 줄유인재배를 하였으며 원줄기 6줄 이상에서 자연착과시킨 후 수확하였으며 토양의 수분함량은 수분장력계를 이용하여 약 -30 kPa 일 때 관수 개시점으로 하여 -10 kPa을 관수목표점으로 하여 관수를 실시하였다.

통계분석 상토의 화학적 특성, 경시적 수분함량 및 EC변화는 3반복의 평균값으로, 참외잎의 gas 교환특성 및 수분상태 측정은 5반복 평균값으로 계산하였다. 오이묘의 육묘특성 시험은 완전임의 5반복, 본포 생육시험은 난괴법 3반복으로 시험구 배치를 하였고 처리평균간의 비교는 SAS 프로그램(SAS Institute, Cary NC)을 이용하여 최소유의차검증으로 분석하였다.

결과 및 고찰

상토의 수분함량 및 염농도 변화 온도조건에 따른 상토의 수분함량의 경시적 변화를 조사하였다. 일

반적으로 육묘의 적정온도인 25°C에서는 22시간 경과하였을 때 본 실험에 사용한 상토의 용적수분함량은 약 44.9%~47.6% 정도였으며 상대적으로 저온인 15°C에서는 32시간이 경과하여도 67.6%~71.0% 정도로 수분손실이 비교적 적은 편이었다. 원예용상토의 수분보유력은 -1~-5 kPa에서 작물이 쉽게 사용할 수 있는 수분, 즉 Easily Available Water로 구분하고 그 이하의 압력인 -5~-10 kPa의 장력범위를 완충수분(Water Buffering Capacity)로 정의하고 있으며 원예용상토는 어린모종을 대상작물로 하고 있어 수분흡수가 용이한 수준인 -5 kPa를 관수개시점으로 추천하고 있다 (RDA, 2002). 또한 작물생장을 위해서 보수력 뿐만 아니라 통기성 역시 중요한 요인인데 전체 공극 중 기상과 수분의 부피가 1:1이 될 때 수분장력을 최적수분장력(Optimal Matric Potential)이라고 하며 -5 kPa 수준에서 추천되며 최적수분장력일때 수분함량을 최적수분함량으로 정의하고 있다. 시중 유통중인 상토의 일반적인 수분특성을 조사한 결과 최적 수분장력범위는 5.6±1.84 kPa, 최적수분함량은 44.4±1.64%로 조사되었다(NIAST, 2001). 온도조건별 경시적 수분함량 조사결과로 미루어 염면적이 적은 육묘의 경우 증산에 의한 수분손실을 고려하지 않더라도 25°C에서는 약 1일 간격으로 관수가 이루어 져야 하며, 15°C에서는 3일이 경과하여도 관수개시점에 도달하지 않는 것으로 추정되므로 온도별 관수에 의한 상토로 수분공급량의 큰 차이가 있는 것으로 나타났다 (Fig. 1).

관수후 상토의 EC 및 Na 함량 변화분석을 위해 반응시간별 염의 용출특성을 조사하였다 (Fig. 2). 반응 1시간까지 급격하게 EC와 Na 농도의 증가가 있었으며 1시간 이후 부터는 완만한 증가를 나타내었으나 반응 22시간까지 평형에 도달하지는 않았다. 대조상토는 반응 30분후 0.6 ds m⁻¹, 1시간 후 1.1 ds m⁻¹, 반응 22시간 후에는 1.4 ds m⁻¹였으나 saline substrate는 반

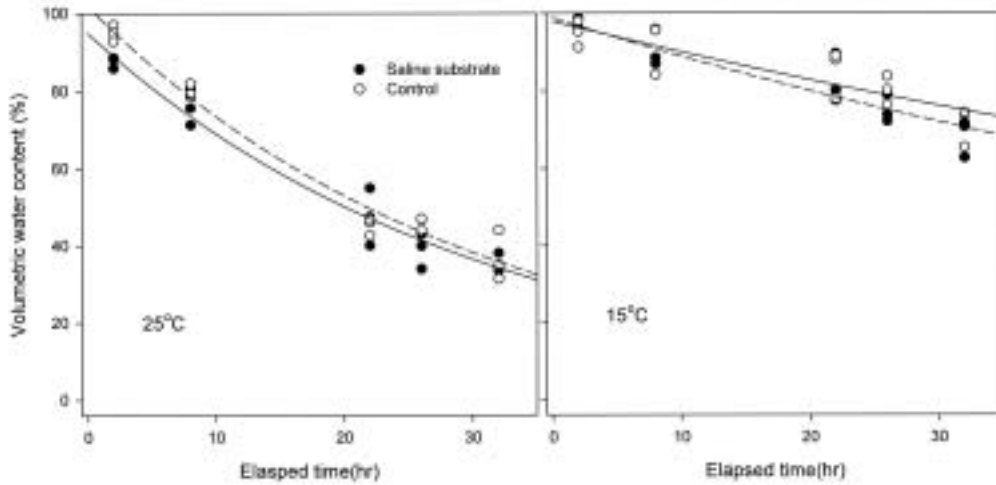


Fig. 1. Time dependence for changes of volumetric at different air temperature.

응 30분에 0.7 ds m⁻¹, 반응 1시간에는 1.7 ds m⁻¹, 반응 22시간 후에는 2.1 ds m⁻¹로 대조상토에 비해 EC의 증가가 큰 편이었다. 반면 반응용액의 Na농도는 대조상토는 반응 30분경 0.47 cmol⁺ l⁻¹, 반응 1시간 후 0.89 cmol⁺ l⁻¹, 반응 22시간 후에는 1.19 cmol⁺ l⁻¹로 반응초기에 급격한 증가후 반응 2시간 이후부터 일정한 Na농도를 나타내었으나 saline substrate의 경우 반응 30분경 3.10 cmol⁺ l⁻¹으로 대조상토에 비해 높은 수준의 Na함량을 나타내었고 반응 1시간에는 7.42 cmol⁺ l⁻¹로 크게 증가하였으며 반응 22시간 후에는 9.39 cmol⁺ l⁻¹까지 계속 Na농도가 증가하였다. saline substrate에서 계속 Na농도가 대조상토에 비해 높고 반응시간의 경과에 따라 농도가 급격히 증가하는 이유는 상토원료로서 zeolite가 많이 함유되어 있으며 zeolite에 함유된 Na, K, Ca, Mg 등 알칼리금속이 치환되어 용액중으로 용출되기 때문으로 사료된다.

관수회수에 따른 상토의 염농도 및 Na함량 감소정도를 조사한 결과(Fig. 3), 대조상토에 비해 saline substrate의 EC가 비교적 높은 편이었으나 실험에 사용된 상토 모두 관수회수가 증가함에 따라 EC가 감소하였으며, 특히 2회 관수한 경우 Na농도는 15.3 cmol⁺ l⁻¹이었으나 4회 관수는 6.6 cmol⁺ l⁻¹, 6회 관수시 2.3 cmol⁺ l⁻¹로 감소 폭이 매우 컸다. 이는 zeolite 공극내 존재하는 치환성 Na가 이온교환반응에 의해 용액중으로 탈착되어 나온 후 관수에 의해 세탈되어 제거되었기 때문으로 판단된다. 용액의 Na함량 감소에 비해 EC의 증가폭이 적은 이유는 이온교환반응은 탈착된 이온의 당량만큼 용액으로부터 이온이 흡착되기 때문으로 흡착반응시 zeolite에 대한 이온의 선택성은 NH₄⁺>K⁺>Ca²⁺>Mg²⁺>Na⁺의 순으로 수화반경이 작은 이온들이 공극사이를 쉽게 침투하여 흡착이 용이하게 이루어진다(Choi et. al., 1996). 특히 국

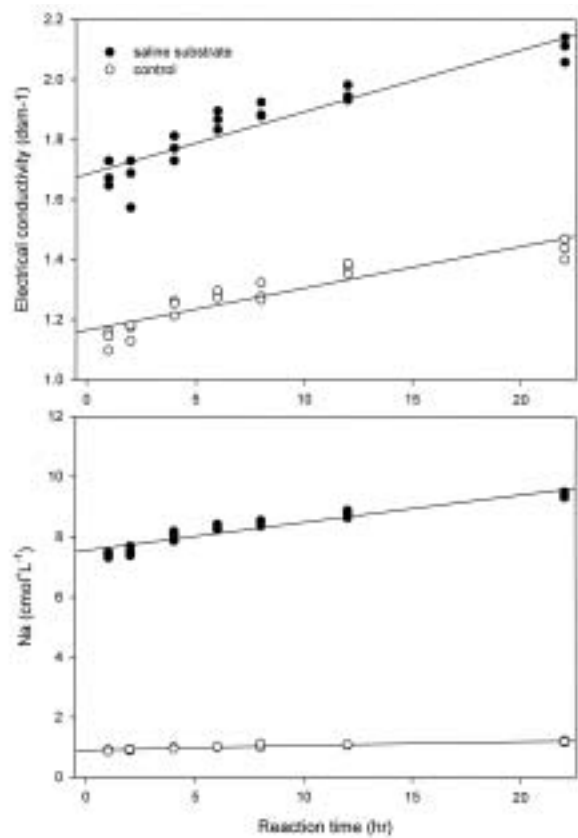


Fig. 2. Time dependence for electrical conductivity and Na concentration.

내유통 원예용상토는 Zeolite에 대한 선택성이 매우 높은 암모니아태 질소가 평균 5.5 cmol⁺ l⁻¹정도 함유되어 있어 (NIAST, 2001) 상토에 수분공급시 NH₄⁺이온이 흡착될 경우 상대적으로 이온의 수화반경이 큰 Na이온의 탈착이 쉽게 일어날 것이다. 또한 NH₄⁺이온이 가지는 몰전도도 값은 73.55 mho · cm²으로 탈착되어 나오는 Na 이온의 몰전도도 값은 50.10 mho · cm²에 비해 크기 때문에 치환반응에 의해서도 EC의

감소가 일어남을 알 수 있다. 이와 같은 결과로 미루어 Na 함량이 높은 saline substrate로 원예작물을 육묘할 경우 육묘온도가 25°C 정도에서는 잦은 관수로 인한 Na의 세탈이 빈번히 이루어져 뿌리의 Na 피해를 유발할 가능성이 상대적으로 적지만 육묘온도가 15°C 정도 되는 저온기에 육묘가 이루어 질 경우 상토의 수분함량 감소가 적어 나트륨의 세탈이 거의 이루어지지 않으므로 상토에 함유된 zeolite로부터 용출된 Na이 뿌리에 반응하는 시간이 증가하기 때문에 Na 피해를 유발할 가능성이 매우 높을 것으로 사료된다.

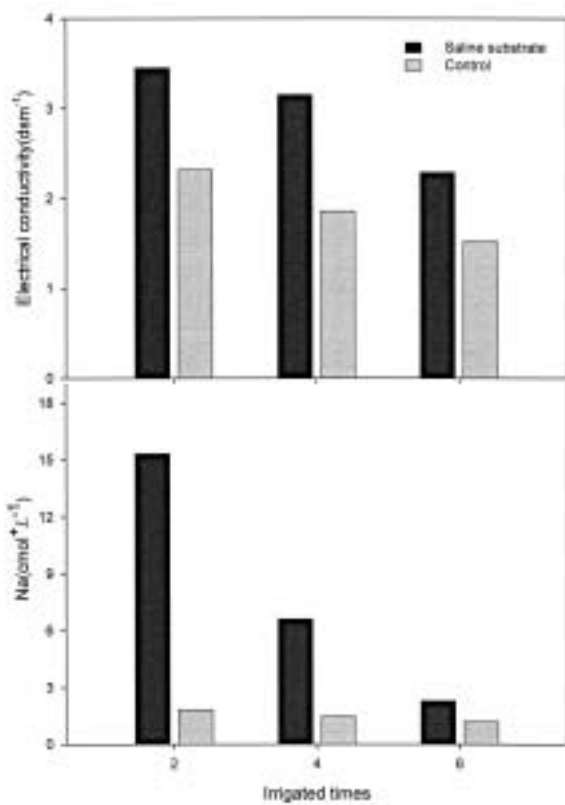


Fig. 3. Effect of irrigation water supply on Changes of electrical conductivity and Na concentration.

Na 비율에 따른 가스치환능력 및 잎의 수분상태 변화 용액중 Na비율이 참외묘의 광합성율(CO₂ assimilation rate), 증산율(transpiration rate), 수분이용 효율(water use efficiency) 및 잎의 포화수분부족도(water saturation deficit) 등 생리적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 양액의 EC농도에 대한 참외묘의 생리적 영향을 최소화하기 위하여 배양액의 EC 농도를 0.509 mho · cm² ~ 0.539 mho · cm² 범위가 되게 Table 2와 같이 조절하였고 배양액에 함유된 총 양이온에 대한 Na비율을 조절하여 생리적 특성변화를 측정하였다. 참외 잎의 광합성율은 배양액의 Na 비율이 증가함에

따라 감소하는 경향이였으며 과채류의 생육에 비교적 저온조건인 15°C에서는 생육적온인 25°C에 비해 현저한 광합성능력 저하를 나타내었다. 특히 15°C에서 Na 비율이 60% 이상부터 현저한 광합성율 저하를 나타내었으나 25°C에서는 Na비율 증가에 따른 광합성율은 비교적 완만하게 감소하는 편이었다. 증산율은 참외의 생육적온인 25°C에서는 Na의 영향을 크게 받지 않았으나 15°C에서 Na비율이 60%이상부터 급격한 증산율의 감소가 있었다. 일반적으로 식물의 증산에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 온도, 습도 등 기상인자로서 식물계면과 대기사이의 증기압 기울기 차이(vapor pressure deficit)에 의해 증산이 이루어지며 온도상승과 함께 지속적으로 증산이 증가하는 것으로 보고되어 있다(Shin, 2005). 하지만 본 실험에서는 배양액의 Na비율이 40%까지는 15°C와 25°C 사이의 증산율 차이가 없고 Na 비율이 50%이상에서 증산율이 차이나므로 기상조건에 의한 영향은 아닌 것으로 판단된다. 또한 대기중 온도가 높고 상대습도가 낮아 증산이 원활하게 이루어지는 조건에서 높은 농도의 NaCl이 존재할 경우 식물의 잎에 Na와 Cl 이온의 축적에 따른 proline, glycinebetaine, sugar 등 organic solute의 집적, K 이온의 감소(Lacerda et al., 2005)와 식물 잎의 photosystem-II의 산화적 스트레스(oxidative stress)로 인한 기능저하를 유발하는 것으로 알려져 있다(Backhausen et al., 2005). Wahome 등 (2001)은 Rosa plant의 경우 배지의 NaCl 농도가 높아질 경우 잎에 Na와 Cl이온의 축적이 있지만, 특히 Cl 이온의 축적량이 높아 식물 잎의 피해는 Cl이온의 축적에 의한 영향이 더 큰 것으로 보고하고 있다. 식물의 증산에 관여하는 호르몬인 ABA(abscissic acid)는 염류조건하에 뿌리로부터 방출되어 잎으로 이동하며 guard cell에 축적, 기공전도도(stomatal conductance)를 감소시켜 CO₂의 확산, 증산을 억제하므로(Hartung and Davies, 1994; Lutts et al., 1995; Kahn and Abduallah, 2003), 특히 본 실험에서는 배양액 Cl 이온의 당량 전도도값은 3.8 mho · cm²로 동일하기 때문에 광합성율, 증산율 변화는 참외 잎의 Na이온의 축적에 기인하는 것으로 사료된다.

포화수분부족도(water saturation deficit)는 식물체 잎이 가질 수 있는 최대흡수량에 대한 측정 잎의 수분비율로 수분밸런스 상태를 나타내는 지표이며 수분이용 효율(water use efficiency)는 탄소동화율과 증산율의 비율로서 잎의 수분이용 특성을 나타낸다. 15°C에서는 배양액의 Na 비율이 증가함에 따라 포화수분부족도가 급격히 증가하였으며 25°C에서는 비교적 완만하게 증가하는 편이었다. 수분이용효율은 배양액의 Na 비율이 50%까지는 25°C 처리가 다소 높았으나

Na 비율이 60%부터 15°C 처리구에서 높아졌다. 이러한 경향은 25°C에서 생육하는 참외의 광합성율이 전반적으로 15°C에 비해 높고 Na 비율이 50%까지는 처리간 증산율의 큰 차이가 없기 때문이며 60%부터는 15°C 처리구에서 급격한 증산율 감소가 일어나기 때문으로 판단된다. 토마토의 경우 NaCl이 첨가될 때 기공의 폐쇄로 처리 2시간 이내에 수분이용효율이 1.8 mmol CO₂/transpired H₂O mol에서 약 6 mmol CO₂/transpired H₂O mol로 증가한다(Backhausen et al., 2005). 이와 같은 결과로 미루어 15°C 처리구에서는 상대적으로 저온조건에서 배양액의 Na 이온이 증가함에 따라 잎에 Na 이온 축적 및 ABA의 농도 증가에 따른 기공의 폐쇄가 저온에서 더 빨리 이루어지고 특히 Na 비율이 60% 이상에서 Na의 흡수가 더 많이 이루어져서 참외 잎의 수분상태에 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다.

오이의 생육 및 수량에 미치는 영향 Na 함량이 높은 원예용 상토에서 오이 육묘시 묘소질, 본포 정식 후 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하였다(Table 3). Na 함량이 높은 상토에서 육묘된 오이의 묘는 뿌리의 개수가 적고 초장 또한 대조상토에 비해 낮은 편이었다. 이러한 결과는 육묘중 상토에 함유된 Na이 뿌리의 발육에 영향을 미쳐 묘생육을 불량하게 한 것으로 사료되었다. 또한 본포 정식 후에도 생육이 불량하여 초장, 잎수가 적었고 오이의 수량에 큰 영향을 미치는 개화수가 매우 적어 수확된 오이의 총수량은 19.9 kg/90주로 대조상토 37.9 kg/90주에 비해 약 48%의 수량감소가 있었다. 따라서 육묘중 묘소질이 본포의 생육과 수량에 큰 영향을 받는 과채류에 있어서 상토에 함유된 Na는 육묘중 광합성율, 증산율 저하, 잎의 수분상태 불균형 유발 및 생육저해에 따른 수량감소를 초래하였다.

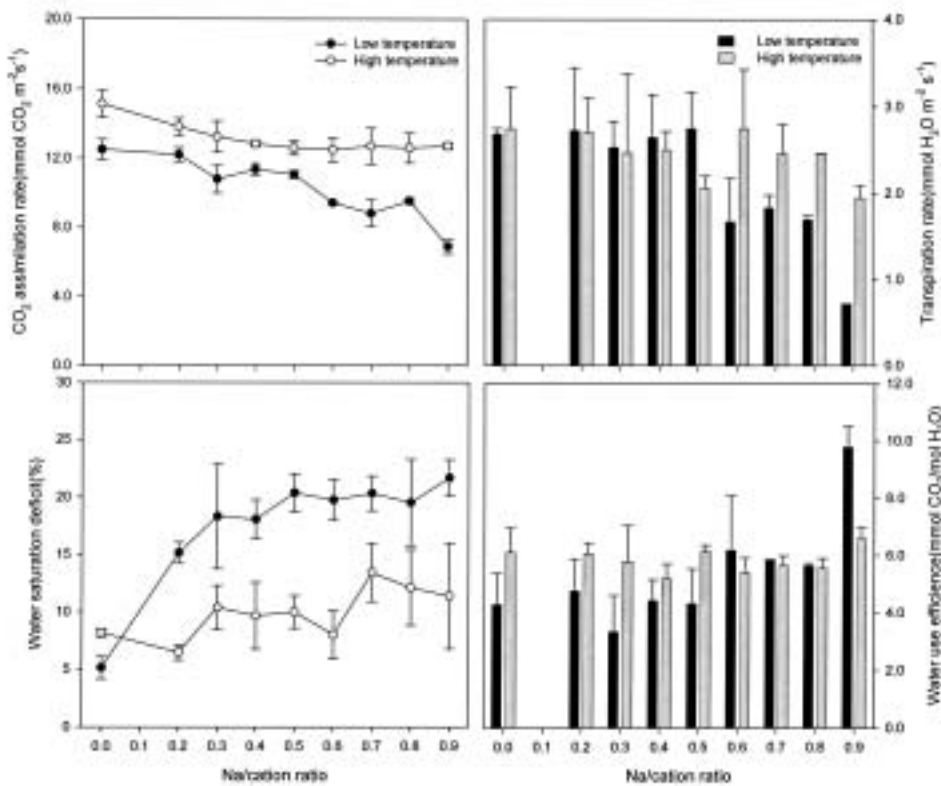


Fig. 4. Gas exchange characteristics and leaf water status of Korea melon grown in hydroponic solution having different Na/cation ratio.

Table 3. Effects of substrate on seedling quality, growth properties and yield of cucumber.

Substrate	Seedling Quality		After 22 days of transplanting			Total yield kg/90 plant
	length cm	Root No. No./plant	length cm	Leaf No. No./plant	Flower No. No./plant	
Saline substrate	27.6 b	14.8 b	63.5 b	11.0 b	0.2 b	19.9 b
Control	30.7 a	19.4 a	75.3 a	11.9 a	1.1 a	37.9 a

Statistical differences were determined using a analysis of variance (ANOVA) by DMRT at 95% significance level.

적 요

상토에 함유된 Na이온이 과채류의 육묘에 미치는 영향을 조사하기 위하여 온도조건에 따른 상토의 수분변화, Na이온 및 EC의 경시적 변화, 광합성을, 증산율, 잎의 수분상태, 묘소질, 생육 및 수량성에 대한 실험을 실시하였다.

육묘온도가 15°C에서는 상토의 수분감소는 적어 3일이 경과하더라도 관수개시점에 도달하지 않았다. 관수 1시간 후 부터 상토로부터 Na 이온이 유리되어 22시간이 지날 때 까지 Na의 농도가 계속 증가하였으며 Na 함량의 증가에 따라 EC의 상승이 있었다.

또한 관수회수가 증가함에 따라 Na의 세탈에 따른 Na 농도가 감소되었고 Na 농도감소에 비해 EC의 감소폭은 적은 편이었다.

양이온 비율중 Na 함량이 60% 이상일 경우 저온에서는 광합성을, 증산율의 감소가 큰 편이었고 포화수분부족도 또한 저온에서 큰 폭으로 높아졌다.

Na 함량이 높은 상토에서 육묘된 오이묘는 초장, 세근수 등이 대조상토에 비해 낮은 편이었고 본포 정식후에도 생육이 불량하여 48%정도의 수량감소를 초래하였다.

참 고 문 헌

- Backhausen, J.E., M. Klein., M. Klocke., S. Jung and R. Scheibe. 2005. Salt tolerance of potato(*Solanum tuberosum* L.) plant depends on light intensity and air humidity. *Plant Sci.* 169:229-237.
- Biernbaum, J.A. 1992. Root zone management of greenhouse container crops to control water and fertilizer use. *HortTechnology*. 2:127-132.
- Choi, J., Y.J. Seo and D.H. Lee. 1996. Determination of refreshing time of natural zeolite used for livestock waste water clearing based on electrical conductivity. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 29:130-136.
- Gottardi, G. 1978. Mineralogy and crystal chemistry of zeolites. p31-44. In *Natural Zeolites : Occurrence, Properties, Use*, Pergamon Press, NY, USA.
- Choi, J.J., J.S. Lee and J.M. Choi. 2002. Effect of physicochemical properties of growing media on growth, nutrient uptake and soil nutrient concentration in pot plant production of asiatic hybrid Lily "Orange Pixie". *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:747-753.
- Greenway, H and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:149-190.
- Hartung, W. and W. Davies. 1994. Abscisic acid under drought and salt stress. In; Pessaraki, M. (Ed), *Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker Inc. New York. USA. p401-411.
- Kahn, M.A. and Z. Abdullah. 2003. Salinity-Sodicity induced changes in reproductive physiology of rice(*Oryza sativa*) under dense soil conditions. *Environment and Experimental Botany.* 49:145-457.
- Lacerda, C.F.D., J. Cambraia, M.A. Oliva and H.A. Ruiz. 2005. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environment and Experimental Botany.* 54:69-76.
- Lee, B.S., P.S. Gi, K.J. Goo and C.S. Ju. 1999. Effect of mixing ratio of perlite and coir dust on growth and nutrient uptake of hydroponically grown chrysanthemum. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40:225-230.
- Lee, D.H. and J. Choi. 1995. Effect of zeolite on the cleaning of livestock wastewater and application of its residue to sudangrass. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 28:284-292.
- Lee, J.J., S.M. Chang and J. Choi. 1995. Heavy metal adsorption on the natural zeolites saturated with cation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 28:319-326.
- Lutts, S. and J.M. Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice(*Oryza sativa*) varieties differing in salinity resistance. *J. Exp. Bot.* 46: 1843-1852.
- Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil : some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16:15-24.
- National Institute of Agricultural technology. 2001. Proc. Expert seminar for Standard analysis of substrate. p. 70. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Pasternak, D. and Y. DeMalach. 1995. Crop irrigation with saline water. In:Pessaraki, M.(Ed), *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker, Inc. NY. p599-622.
- Rural Development Administration. 2002. Standard analysis of substrate. p. 71. National Institute of Agricultural technology, Suwon, Korea.
- Ryazantsev, A.A and L.T. Dashibalova. 1998. Ion exchange on natural zeolites from multicomponent solution. *J. of Applied Chem.* 71:1143-1147.
- Shin, Y.S. 2005. Influence of root hydraulic conductance, soil water potential and atmospheric vapor pressure deficit on fruit fermentation of Oriental melon(*Cucumis melo*. L). p15-16. PhD. Thesis. Kyungpook National Univ. Daegu. Korea.
- Wahome, P.K., H.H. Jesco, and I. Pinker. 2001. Effect of sodium chloride on Rosa plants growing in vitro. *Scientia Horticulturae* 90:187-191.
- Weimberg, R. and M.C. Shannon. 1988. Vigor and salt tolerance in 3 lines of tall wheat grass. *Physiol. Plant.* 73:232-237.