

원예용 상토의 규격화 및 표준분석법

농업과학기술원
농학박사 김이열

목 차

제 1장 상토의 품질 규격화

1. 상토 품질 규격화의 긍정적인 측면
2. 상토 품질 규격화의 부정적인 측면
3. 육묘사고의 유형 및 원인
4. 각국의 원예용 상토의 품질기준
5. 농촌진흥청의 상토 규격화

제 2 장 상토의 표준분석법

서 언

재료 및 방법

결과 및 고찰

- | | |
|---------------|-----------------------------------|
| 1. 입자밀도 | 7. EC |
| 2. 용적밀도 | 8. pH |
| 3. 수분함량 | 9. OM |
| 4. 보수력 | 10. P ₂ O ₅ |
| 5. 포화수리전도도 | 11. N |
| 6. 화학분석 시료 중량 | |

적 요

인용문헌

제 3 장 상토 품질향상을 위한 금후 추진과제

원예용 상토의 규격화 및 표준분석법

농업과학기술원

김 이 열

lykim@rda.go.kr

제 1 장 상토의 품질 규격화

1. 상토 품질 규격화의 긍정적인 측면

- 가. 상토 사고의 사전예방
- 나. 상토 사용의 대중화 촉진
- 다. 중·하급 농민의 안전 육묘 도모
- 라. 상토 생산업 진입 용이

2. 상토 품질 규격화의 부정적인 측면

- 가. 상토품질의 고급화 및 차별화 장애
- 나. 상토관련 국제 경쟁력 약화 : 생산자, 농가
- 다. 신제품 개발에 어려움 제공

3. 육묘사고의 유형 및 원인

기상악화	· 비정상적인 미기상(일교차, 냉해, 고온해 등)
상토불량	· 인공상토는 내재해 완충력이 약함 · pH, 질소, 칼리, 물리성 등의 불건전 · 암모니아 가스 피해 · 상토 제조원료의 문제 : pH, EC, NH-N 등 · 제조사의 검증안된 Know-how의 실수
관리문제	· 기술부족(수도의 경우는 물못자리보다 다단계 육묘장 사고가 대부분임) · 관개수 오염 · 농자재(농약, 비료)의 오남용 · 시판상토에 조제상토를 잘못 섞어 사용 · 온·수분·통기 관리의 잘못, 범씨문제

4. 각국의 원예용 상토의 품질기준

가. 일본의 상토진단 기준

구 분	진단항목	기 준 치
全 農 (원예용)	기상율	15% 이상
	정상생육 수분	20% 이상
	전공극율	75% 이상
	침투속도	10분이내/100cc
	pH	5.8~7.0
	EC	1.2 mS/cm 이하
	수용성 P ₂ O ₅	1~40mg/10cc
	육묘시험 블록 붕괴율	현저한 생육차이가 없을 것 25% 이하
북해도 농시 (채소육묘 용상토)	조공극	단기육묘형 35~40% 중기육묘형 30~35% 장기육묘형 25~30%
	pH	6.0~7.0(준적정치 5.0~8.0)
	EC	분상시 5.5~6.5(준적정치 4.5~7.2) 토마토형 0.5~1.0 dS/m(준적정치 0.2~1.5) 메론형 0.3~0.8 dS/m(준적정치 0.5~1.0)
	유효인산	300~500mg/kg
북해도 농시 (화분용)	조공극	단기육묘형 35~40% 중기육묘형 30~35% 장기육묘형 25~30%

나. 미국의 몇가지 품질관리 예

Elements	Water quality guideline for plug production	Plug media acceptable	Media flower	
			Target	Acceptable
pH	5.5~6.5	5.5~5.8	5.8~ 6.2	5.5~6.5
EC	<1.0mmhos/m	0.4~1.0	1.0~ 2.0ms	0.75~ 3.0ms
NO ₃	<5mg/ℓ	40~60	75~150	50~250
P	<5mg/ℓ	5~8	10~20	5~50
K	<10mg/ℓ	50~100	75~150	50~200
Ca	40~120mg/ℓ	60~120	125~175	75~300
Mg	6~25mg/ℓ	30~60	40~60	25~100 <75
Cl	<80mg/ℓ	<40	<25	

다. 미국의 상토품질 추천 예

Interpretation	Concentration in extract solution(ppm)				
	Nitrates	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium
Michigan State University					
Low	0 to 39	0 to 2	0 to 59	0 to 79	0 to 29
Acceptable	40 to 99	3 to 5	60 to 149	80 to 199	30 to 69
Optimum	100 to 199	6 to 10	150 to 249	200+	70+
High	200 to 299	11 to 18	250 to 349	—	—
Very high	300+	19+	350+	—	—
The Ohio State University					
Extremely low	0 to 29	0 to 3.9	0 to 74	0 to 99	0 to 29
Very low	30 to 39	4.0 to 4.9	75 to 99	100 to 149	30 to 49
Low	40 to 59	5.0 to 5.9	100 to 149	150 to 199	50 to 69
Slightly low	60 to 99	6.0 to 7.9	150 to 174	200 to 249	70 to 79
Optimum	100 to 174	8.0 to 13.9	175 to 224	250 to 324	80 to 124
Slightly high	175 to 199	14.0 to 15.9	225 to 249	325 to 349	—
High	200 to 249	16.0 to 19.9	250 to 299	350 to 399	125 to 134
Very high	250 to 274	20.0 to 40.0	300 to 349	400 to 499	135 to 174
Excessively high	275 to 299	40.0+	350+	500+	175+

라. 미국 Ohio 대학의 품질기준

1) Water quality for plug production

pH	5.5 - 6.5
Alkalinity	60 - 80 ppm(mg/l)CaCO ₃
Soluble Salts(EC)	< 1.0 mmhos/cm
Sodium Absorption Ratio(SAR)	< 2
Nitrates(NO ₃)	< 5 ppm(mg/l)
Phosphorus(P)	< 5 ppm(mg/l)
Potassium(K)	< 10 ppm(mg/l)
Calcium(Ca)	40 - 120 ppm(mg/l)
Magnesium(Mg)	6 - 25 ppm(mg/l)
Sodium(Na)	< 40 ppm(mg/l)
Cl, SO ₄ , B, F, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo 등	

2) Plug media nutrient levels

pH	5.5 - 5.8	for most crops
	6.0 - 6.2	for low pH-sensitive crops
EC(mmhos)	0.4- 1.0, depending on the crop	
Nitrates(NO ₃)	40 - 60 ppm	
Ammonium(NH ₄)	< 10 ppm	
Phosphorus(P)	5 - 8 ppm	
Potassium(K)	50 - 100 ppm	
Calcium(Ca)	60 - 120 ppm	
Magnesium(Mg)	30 - 60 ppm	
S, Na, Cl, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo 등		

3) Environmental and cultural factors

Factor	Promotion Shoots	Promoting Roots
Temperature	Increasing(between 50-80° F) +DIF	Increasing(50-80° F) -DIF
Light Intensity	Low(<1500 fc)	High(>1500 fc)
Moisture	High	Low
Nutrition	High NH ₄ and P	High NO ₃ and Ca
CO ₂	High(1000 ppm)	High(1000 ppm)
Humidity	High	Low

마. Missouri 대학의 기준

Analysis	Low	Acceptable	Optimum	High	Very High
Soluble salt, dS/m	0 -.75	.75-2.0	2.0-3.5	3.5-5	5.0+
Nitrate-N mg/L	0-39	40-99	100-199	200-299	300+
Phosphorus mg/L	0-2	3-5	6-10	11-18	19+
Potassium mg/L	0-59	60-149	150-249	250-349	350+
Calcium mg/L	0-79	80-199	200+	-	-
Magnesium mg/L	0-29	30-69	70+	-	-

바. 유럽의 토탄기준 상토품질

물 리 적 성 질	분 류 등 급				
	1	2	3	4	5
1단계					
신선표본의 수분함량(무게대비 %)	<80	<80	<80	<80	<80
2단계					
공기함량(%)	>25	>20	>15	>10	>5
수축량(부피대비 %) <20	<25	<30	<35	<35	
3단계					
공기함량*(%)	>50	>55	>60	>65	>65
공극량*(%)	>80	>80	>80	>75	>70
유기물함량(건물중대비 %)					
상한	>60	>50	>40	>40	>40
하한	>35	>25	>15	>15	>15

*-10cm 압력에서 측정

사. Peat texture grade and particle size (Raymond Kessler)

Grade	Particle size (mm)	All particle under	Particle greater than 1mm
Coarse	greater than 2.38	40mm	70%
Medium	2.38 to 0.84	15mm	60%
Fine	less than 0.84	6mm	30%

아. 토탄의 품질 기준

등급	1	2	3	4	5
습윤비 (g/g)	> 9.0	> 7.5	> 6.0	> 4.0	> 3.5

- The Dutch RHP Foundation : 네덜란드 50여 배양토 제조업체의 품질관리 모임재단

- 토탄 건조 후 10cm 압력하에서의 공기함량으로 6% 미만은 작물재배에 부적합

5. 농촌진흥청의 상토규격화

가. 추진 경위

1992. 7. 27 수도용상토 품질관리요령(농림수산부령)
- 제 정 : '92. 7. 27.
 - 시 행 : '93. 1. 1.
 - 폐 지 : '96. 10. 28.(법적근거가 없음을 이유로)
 - 내 용
 - 농진청장 위탁시험 후 생산 판매
 - 재배시험 : 농진청, 분석 : 국립농업자재검사소
 - 상표명, 보증특성 및 성분, 포장단위, 제조년월일, 유효기간, 사용방법, 주의사항, 생산업자 표시
 - 기타 행정지도 및 생산업의 정지 관련규정 명시
2000. 1. 29 「상토의 품질관리 기준설정 연구」 계획보고
- 상토의 사용실태 조사 연구
 - 상토 및 상토원료 분석기준 연구
 - 기관프로젝트 연구로 추진
2000. 2. 25 상토의 품질관리 기술 확립연구 연구기본계획 보고(자체)
2000. 4. 14 한국육묘산업 연합회 창립
- 57개사 참여, 회장 전민기(순천육묘장)
2000. 5. 「농어민 신문사」 주최 상토업체 대표와의 간담회
- 분석법 개발 및 통일
 - 품질규제를 위한 기초연구 필요
 - 오류가 있더라도 일단 규제안 제시 필요
2000. 10. 7 상토발전 협의회 개최(대전유성)
- 5대 상토업체 대표, 관련공무원 및 단체
 - 농과원의 연구계획에 동의
 - 잡초, 독성없음 등의 표기는 신중을 요함
 - 상토의 표준분석법 개발이 우선 필요함
2001. 5. 상토사고 빈발에 따른 대책마련 지시(청장)
2001. 6. 2 상토관련 협의회 개최(연관국 주관)

- 농진청 관련 공무원 연석회의
 - 상토 품질관리 지침(안) 협의
 - 가칭 「상토품질관리 대책위원회」를 설립하여 산학연이 공동 대처토록 함
2001. 7. 시책건의 「국내유통 원예용상토의 표준분석법(안)」
「국내유통 수도용상토의 표준분석법(안)」
2001. 8. 2 상토품질관리 대책위원회 위원 위촉
- 위원장 : 농진청 연구관리국장
 - 위 원 : 농진청 공무원, 대학교수, 산업체 등 16명
2001. 8. 10 제 1차 「상토품질관리 대책위원회」 개최
- 상토의 품질관리 기준을 비료공정규격에 삼입하거나 비료 관리법을 개정하여 추가토록 협의
 - 상토품질관리 지침(안) 검토 및 추후 의결토록 심의
2001. 8. 31 농업과학기술원 자체 기술세미나
- 농과원 표준분석법(안) 제안 및 토론
 - 수도용, 원예용 상토의 이화학성, 병충 등
 - 시험연구결과 발표 및 협의
2001. 9. 25 「상토분석법 설정을 위한 전문가 세미나」 개최
- 농진청, 생산자, 사용자, 대학교수 등 140명
 - 표준분석법 시안 발표 및 토론
2001. 9. 26 청장 기본결재
- 세미나 결과 보고
 - 상토연구 추진현황, 금후계획 등
2001. 10. 10 제 2차 「상토품질관리 대책위원회」 개최
- 상토 품질관리지침, 지도지침 심의 통과
 - 분석법, 적정범위, 상토표기 등
 - 「상토표준분석법」 심의 확정

2001. 11. 20 상토의 품질향상을 위한 간담회 개최
 - 농진청 관계관 및 상토업체 대표
 - 상토품질 관리 방안 배경 및 추진계획 통보
 - 상토지도 기준 안내
 - 2002. 1월부터 포장대 표시 권유
2002. 5. 「상토의 표준분석법」 책자 발간
 - 수도용/원예용
 - 물리성, 화학성, 중금속
2002. 5. 30 「상토 표준분석법」 워크샵 개최
 - 농업과학기술원 주관
 - 농진청, 대학, 산업체 관계자 「표준분석법」 실험실습

※ 현재 pH, EC, P₂O₅의 적정범위 설정연구 추진중
 상토원료 혼합비율별 수분특성 연구 추진중

나. 품질기준

1) 원예용 상토 품질관리 기준

- 수분함량, 보수력, 용적밀도, 유효인산, 암모니아태질소, 질산태질소, CEC(양이온치환용량) : 자율보증
- pH(1:5) : 5.5~7.0
- EC(전기전도도) : 1.2 이하(비분 상토에 한함)
- 유해성분(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리) : 현행 퇴비기준과 동일
- 역병, 시들음병, 풋마름병, 선충 등 병원균 : 불검출
- 잡초종자 및 제초제성분 : 불검출

2) 원예용 상토의 분석법

- 물리성

분석항목	분 석 방 법	비 고
수분함량	105℃, 16시간 건조 수분함량(%) = 상토중 수분/최초무게 × 100	Wet base
용적밀도	300ml 원통에 500g 추 3분간 다짐	건조시료
입자밀도	Micromertics사 모델 1305	외국표준
보 수 력	Eijketkamp사의 장치(1, 5, 10, 33, 1500kPa)	고압 및 저압

- 화학성 및 중금속

분석항목	분 석 방 법	비 고
pH, EC	1 : 5(v:v)	전극사용
유기물	회화법	전기로 회화
질소	2M KCl	NH ₄ , NO ₃ 비색법
유효인산	Lancaster법	비색법
양이온	1N-NH ₄ OAc법	K, Ca, Mg, Na
CEC	1N-NH ₄ OAc법	pH 7.0
중금속	1N-HCl	Cd, Pb, Cu 등 8종

※ 유기물을 제외한 분석항목을 부피비율로 분석 시료 조제

- 신 분석법에 의한 국내유통 원예용 상토의 주요특성

분석내용	평균치	분석내용	평균치
용적밀도 (Mg m ⁻³)	0.28	pH(1:5)	6.27
입자밀도 (Mg m ⁻³)	1.92	EC(dS m ⁻¹)	2.71
수분함량(%)	45.5	OM(%)	48.6
EAW(%)	28.4	P ₂ O ₅ (mg l ⁻¹)	2.9
WBC(%)	7.0	CEC(cmol ⁺ l ⁻¹)	12.8
최적수분함량(%)	44.4	NH ₄ -N(mg l ⁻¹)	72

- 원예용 상토의 보증범위

구 분	항 목	분석단위	보 증 범 위
물리성	수분함량	%	자율보증
	보수력	%	자율보증
	용적밀도	Mg m ⁻³	자율보증
화학적	pH(1:5v/v)	-	5.5 ~ 7.0
	EC(1:5v/v)	dS m ⁻¹	2.0 이하
	유효인산(P ₂ O ₅)	mg l ⁻¹	자율보증
	암모니아태질소(NH ₄ -N)	mg l ⁻¹	자율보증
	질산태질소(NO ₃ -N)	mg l ⁻¹	자율보증
	CEC	cmol ⁺ l ⁻¹	자율보증
유해성분	비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리	mg kg ⁻¹	비소50, 카드뮴5, 수은2, 납150, 크롬300, 구리500 이하
	제조제성분	-	불검출
생물성	병원균(역병, 시들음병, 풋마름병, 선충 등)	-	불검출
	잡초종자	-	불검출

다. 상토 품질관리 방안(2002년 현재)

1) 목 적

양질의 상토를 생산 공급하기 위한 필요사항 설정 지도

2) 품질보증은 포장대에 표기

① 상품명

② 보증 및 성분특성

- 수도용 : 수분함량, 용적밀도, 입도, pH, EC, 유효인산, 질소전량
- 원예용 : 수분함량, 보수력, 용적밀도, pH, EC, 유효인산, 암모니아태질소, 질산태질소, CEC
- 공 통 : 중금속(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리), 제조제성분, 병원균 및 잡초종자

③ 포장단위 : l (kg)

④ 제조년월일

⑤ 유효기간

⑥ 사용방법

⑦ 주의사항

⑧ 수입 또는 생산업자(제조회사명, 제조장 소재지, 성명, 연락처)

3) 상토분석의 기관간 역할 분담

- 일반 및 특수분석

분석방법	농과원	도 원	센 타	산업체	비 고
일반분석	×	○	○	○	입도, 보수력, CEC는 농과원 의뢰분석
특수분석	○	-	-	-	

- 생물시험

구분	농과원	원예연	작 시	호 시	영 시
수도용	×	×	○	○	○
원예용	×	○	△	△	△

※ ○ 시험실시, △ 단독 또는 협력, × 불가

3개 작시는 관할지역 사고의 일차 주관기관임

- 시험결과 불량시 농가에게 사용중지, 제조업체는 판매중지, 회수
토록 명령

제 2 장 상토의 표준분석법

서 언

우리나라에서 상품화된 상토를 농업에 적용한 역사는 10여년에 불과하고, 이것도 지금까지 대부분의 농가에서 육묘에 사용되는 상토를 자가 제조하여 종이컵이나 비닐컵에 넣은 후 육묘하는 형태의 것들을 Zeolite, 황토, 왕겨, 숯 등을 섞어 연탄처럼 꼭 눌러서 화분모양의 상토를 만들기 시작한 것이라고 할 수 있다.

최근에는 노동력 부족, 양질의 유기재료 수급문제, 시설원에 산업의 급격한 발전으로 인한 공적 육묘장의 증가 등 농업적 여건이 변화되어 전문생산자에 의해 생산되는 육묘용 상토의 수요와 공급이 지속적으로 증가되고 있는 추세에 있다(이지원, 2001).

상토의 품질문제는 생산역사가 짧고, 수요가 폭발적으로 늘어가면서 특별한 기술이 없는 자들이 몇가지 상토원료를 섞어서 팔면 된다는 안이한 생각을 가지고 생산하게 된 것이 출발이며 아직도 물리적으로는 어느 것이 적절한지 화학성과 기타 특성은 어떠한 범위가 안전한지를 모르는 형편이다.

2000년부터 상토사고가 빈발하여 농민과 생산자간의 분쟁이 격화되자 농진청은 일정한 규정을 갖도록 하고 상토품질을 향상시키기 위하여 일차적으로는 「우리나라 상토의 표준분석법」을 만들고, 둘째는 이를 중심으로 요인별 적정범위를 완성해 나간다는 계획으로 2005년까지 사업을 추진한 바 그 1차결과인 상토의 표준분석법을 제안하는 것이다(농진청, 2001).

상토에 표준분석법을 보면 국가에서 관장하는 나라는 없는 것 같고 일본의 농경, 유럽의 켄트대학의 European Standard Methods, 미국 캐나다의 각 대학과 단위 회사별 분석기준 등 다양하다.

상토는 몇가지 원료를 용도에 따라 임의 조제하여 한정된 조건에서 사용하게 됨에 따라 상토의 물리성은 원료 자체의 특성에 따라 보수력, 배수성 등에서 차이를 나타내게 된다.

현재 통용되는 상토의 물리성은 낮은 장력하에서의 보수력이 중요하게 취급되고 있는데(de Boodt et al., 1972) 보수력 차이가 재배작물의 생명을 직접적으로 좌우하는 것은 아니면서도 보수력의 차이는 관개작업의 수월성과 적정관개 간격설정 및 1회 관개량에 영향을 주므로써 결국 육묘의 경제성과 작물의 건전성에 영향을 미친다(Karlovich et al., 1986).

우리나라 상토의 표준분석법을 별도로 만들어야 하는 이유는, 각 나라마다 상토의 주목적, 사용원료 등이 달라 분석법의 일방적인 적용이 어렵기 때문에 유럽, 일본 및 미국에서 현재 사용하는 방법을 인용하여 우리나라에 통용되는 분석장치 및 분석방법을 최대한 개발 활용코자 하는데 그 목적을 두고 있는 것이다.

따라서 상토의 물리성 화학성 분석방법은 수집된 국내 유통상토를 모두 수용할 수 있는 분석법이 되도록 하였고 그렇지 않은 경우는 또다른 방법을 적용하여 표준분석법을 재설정하였다.

재료 및 방법

본 실험에 공시되는 상토의 물리성 표준분석 방법은 우리나라 유통 상토에 알맞은 물리성 분석방법을 설정하기 위하여 국내외 실험분석법을 비교하거나 새로 고안한 다음 예비시험을 거쳐 확정된 분석방법 들이다.

1. 공시재료

현재 국내에서 유통 시판되고 있는 상토는 생산업체, 판매상, 수입선 등이 다양하여 가능한 한 최대한으로 수집코자 노력한 결과 53개 품목의 원예용 상토를 수집하게 되었는데 이중에는 국내산이 36개, 해외 수입산이 17개 품목이었으며 이들을 모두 통괄할 수 있는 분석법을 개발하고자 노력하였다.

2. 물리성 분석법 실험

가. 입자밀도(Particle density)

볼 밀(Ball mill)로 시료를 분쇄하여 건조기에 넣어 105℃에서 16시간 건조한 후, 헬륨가스를 사용하는 Pycnometer(Micromeritics Co, Model 1305)를 사용하여 측정하였다. 또한, 이 결과를 European standard(R. Hartmann, 2001) 및 일부 연구에 소개되고 있는 입자밀도의 경험적인 계산식인 다음식(ESprEN, 1999; Yossi 등, 1993)과 비교해 보았다.

$$PD = \frac{1}{[Com/(100 \times 1.55)] + [Cas/(100 \times 2.65)]} \text{-----(1)}$$

PD : 입자밀도(Mg/m³)

Com : 유기물(organic matter) 함량(% , w/w)

Cas : 무기물(ash) 함량(% , w/w)

1.55 : 유기물의 입자밀도(Mg/m³)

2.65 : 무기물의 입자밀도(Mg/m³)

나. 용적밀도(Bulk density)

상토의 용적밀도 측정은 상토재료의 물리적 특성상 여러 가지 로 어려운 점이 많고, 그 방법이 확립되어 있지 않기 때문에 다음과 같은 5가지 방법을 적용하였다. 여기서, 각 방법의 명칭은 기존에 다른 연구에서 사용된 방법과 새로이 활용한 방법을 보다 명확하게 구분 하기 위해 명명한 것이다.

1) 샌드박스법(Sand box method : SBM)

상토를 거름천(filter cloth)으로 하단을 막은 시료관(sampletube, 직경 5.08cm, 용적 100cm³)에 3회 가볍게 두드려 채우고 샌드박스(Eijkelkamp사, 그림 1 참조)에 넣어 저수위법으로 물을 공급하여 2일간 포화시킨 후, 수분장력 10kPa에서 물을 배수시킨다. 시료의 용적을 안정화시키기 위하여 물로 포화시키고 배수시키는 과정을 2회 반복한 후 3회째에는 수분장력 1kPa에서 시료관 위로 팽창한

시료를 시료관의 표면에 수직으로 밀어 제거한 후 105℃에서 24시간 건조하여 그 무게와 부피로 측정하였다.

2) 자유낙하법(Free fall method : FFM)

상토를 1ℓ의 낙하용 실린더에 채우고 20cm 높이에서 시료 용기(sample vessel, 직경: 7.6cm, 부피: 300cm³)에 자유낙하시켜 채운 후, 용기의 상부표면을 수직으로 밀어내고 그 무게와 부피로 측정하였다(그림 2 참조).

3) 추다짐법(Plunger compaction method : PCM)

보조관(collar tube, 직경: 7.62cm, 높이: 2.5cm)이 연결된 시료용기(sample vessel, 직경: 7.62cm, 부피: 300cm³)에 상토를 압력이 가해지지 않도록 자연스럽게 채우고 500g 추를 사용하여 11.6g/cm³의 압력을 3분간 가한 후, 보조관을 분리해 내고 다시 시료용기에 수직으로 밀어 그 부피와 질량으로 측정하였다 (그림 3 참조).

4) 자유낙하후추다짐법(Free fall and plunger compaction method: FFPCM)

상토를 1ℓ의 낙하용 실린더에 채우고 15cm 높이에서 보조관(collar tube, 직경: 7.62cm, 높이: 2.5cm)이 연결된 시료용기(sample vessel, 직경: 7.62cm, 부피: 300cm³)에 자유낙하 시킨 후, 보조관의 면에 수직으로 밀어내고 다짐추 300g을 사용하여 7g/cm³의 압력을 3분간 가한다. 보조관을 분리해 내고 다시 시료용기의 표면을 수직으로 밀어내고 그 무게와 부피로써 측정하였다(그림 2, 그림 3 참조).

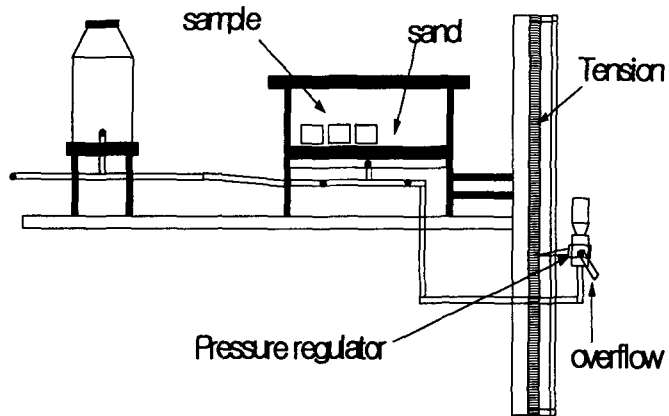


Fig. 1. Sand box for measurement of bulk density and water retention.

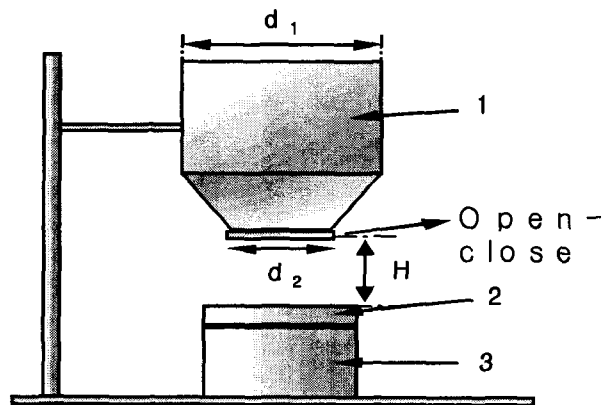


Fig. 2. Apparatus for measurement of bulk density by Free fall method and Free fall and plunger compaction method.

1: Free falling cylinder(d_1 :14cm, d_2 :4cm)

2: Collar tube(diameter:7.6cm h:2.5cm)

3: Sampling vessel(d_1 :7.6cm, h_1 :6.62cm, volume:300cm³)

H: 20cm in Free fall method.

15cm in Free fall and plunger compaction method.

5) 시료중량다짐법(Sample weight compaction method : SWCM)

보조관(collar tube: 직경 : 6.0cm, 높이 : 2cm)이 결합된 100cm³시료 용기(sample vessel: 직경: 6.0cm, 용적: 100cm³)에 상토를 채우고 낙하 충격 다짐장치에 고정하여 3.5cm의 높이에서 5회 떨어뜨려 충격을 가하여 내부 시료의 중량으로 다진다. 그리고 보조관을 분리한 후 시료용기의 상단을 용기면에 수직으로 잘라내고 그 부피와 무게로써 측정하였다(그림 4 참조).

다. 유기물 함량(Organic matter content)

풍건상토 일부를 건조기에 넣어 105℃에서 16시간 건조하고 건조된 상토 100g을 전기로에 넣어 600℃에서 17시간 회화시켜 변화된 무게를 측정하였다.

라. 수분함량(Water content)

상토의 수분흡수 물성을 측정하기 위한 한가지 방법으로 토양의 포장용수량 측정법을 응용하였다. 시료를 거름천(filter cloth)으로 하단을 막은 시료관(직경 5.08cm, 용적 100cm³)에 채우고 수조에서 저수위 법으로 물을 공급하여 1일간 포화시킨다. 그리고 수조에서 옮겨 중력수를 제거한 후 건조온도와 건조시간을 조사하기 위하여 105℃와 70℃의 건조기에 넣어 함량이 될 때까지 건조하였으며, 함량점을 확인하기 위해 시간 간격을 두어 무게를 측정하였다. 중량수분함량의 계산은 건물을 기준(dry base)으로 한 수분중량/건조상토중량과 함수물을 기준(wet base)으로 한 수분중량/ 수분상토중량의 두가지 방법으로 하였다.

마. 보수력(Water retention)

시료를 거름천(filter cloth)으로 하단을 막은 시료관(sample tube, 2inch core (직경 5.08cm, 용적 100cm³))에 채우고 샌드박스(Eijkelkamp사)에 올려놓고 하단으로부터 물을 공급하여 2일간 포화시키고, 수분장력 1 kPa에서 시료관 위로 팽창한 시료를 절단판으로

시료관면에 수직으로 밀어 제거하여 시료를 안정화시켰다. 그리고 일정한 장력에서 수분함량을 측정하기 위하여 다시 물로 1일간 포화시킨 후, 물을 배수시켜가면서 수분장력 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 kPa에서 각각 48시간의 평형을 유지시킨 후 무게를 측정하였고, 105℃에서 24시간 건조 후의 무게로 각 장력에 대하여 중량수분 함량(%), w/w)을 계산하였다. 용적수분함량(%), v/v)은 중량수분함량×용적밀도에 의하여 산출하였다.

마. 포화수리전도도(Saturated hydraulic conductivity : K_{sat})

투명한 아크릴컬럼(Ø: 5.0cm, h:20cm)에 거름천(filter cloth)을 부착하고 14cm의 높이로 상토를 채웠다. 시료는 용적밀도를 고려하여 가능한 균일하게 충전하였다. 충전된 컬럼은 저수위법으로 물을 공급하여 24시간 포화시킨 후, 포화수리전도도 측정장치에 설치하고 사이펀(siphon)을 연결하여 수두차(h)를 15.5cm로 유지하면서 포화수리전도도를 측정하였다. 측정전에 수두차 15.5cm로 30분간 물을 흘려 토주를 안정시켰으며, 200cm³가 통과하는 시간을 측정하였다. 포화 수리전도도는 Darcy의 이론에 따른 정수위법(constant head)에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

$$K_{sat} = \frac{Q}{A} \times \frac{1}{h}$$

K_{sat} : 포화수리전도도(Saturated hydraulic conductivity(cm/min))

Q : 단위 시간당 매체를 통과한 물의 유출량(cm/min)

A : 물이 통과하는 매체의 단면적(cm²)

l : 물이 통과하는 토양의 두께(cm)

h : 수두차(cm)

3. 화학성 분석법 실험

원예용 상토 분석 방법은 먼저 pH는 상토와 증류수의 비율을 1:5(v:v)로 하여 pH meter(Orion 811)로 측정하였고, EC는 상토와 증류수의 비율을 1:5(v:v)로 하여 EC meter로 측정하였고, 유기물은 회화법으로, 유효인산은 Lancaster 법으로, CEC는 1N 초산암모니움 침

출법으로 분석하였고, 치환성칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등의 양이온은 1N Ammonium acetate(pH 7.0)으로 침출하여 ICP (Inductively Coupled Plasma, Labtam-8440)로, 질산태 질소는 2M-KCl로 침출하여 Auto analyzer(RFA)를 이용하여 분석하였으며, 암모니아태 질소 (Indophenol blue법)는 2M-KCl로 침출하여 665nm로 비색 측정하였다.

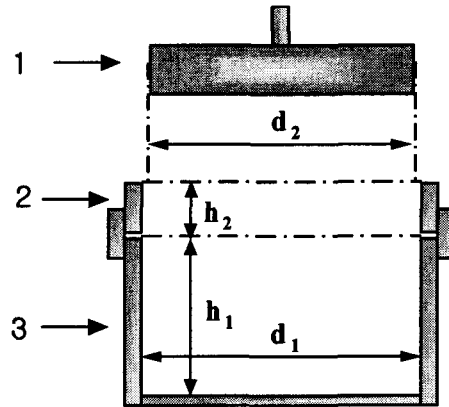


Fig. 3. Apparatus for measurement of bulk density by Plunger compaction method and Free fall and plunger compaction method.

- 1 : Plunger(d_2 :7.5cm, weight:500g in PCM and 300g in FFPCM)
- 2 : Collar tube(diameter : 7.6cm, h_2 : 2,5cm)
- 3 : Sampling vessel(d_1 :7.6cm, h_1 :6.62cm, volume:300cm³)

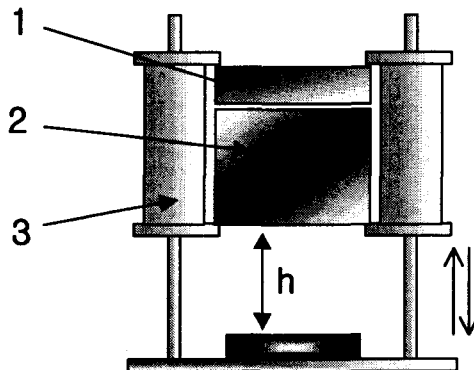


Fig. 4. Apparatus for measurement of bulk density by Sample weight compaction method.

결과 및 고찰

1. 입자밀도

토양학에서 입자밀도는 초자 피크노메타(Pycnometer)를 사용하여 분석할 수 있으나 원예용상토의 경우 제조원료가 되는 유기물이나 소성시킨 무기자재 등은 비중이 낮기 때문에 물을 이용하는 초자 피크노메타를 사용하는 것은 불가능하였다. 또한 지금까지 토양분석 위주로 사용해 온 초자형 피크노메타는 실험자별 오차가 크고 시간이 많이 걸리는 단점이 있어왔다(농업과학기술원, 2000).

따라서, 헬륨(He)가스를 사용하여 압력과 부피사이에 관계(보일의 법칙)를 원리로 하여 측정하는 가스형 피크노메타를 사용하여 분석하였다. 최근에 개발된 헬륨가스용 피크노메타는 반복간 오차가 적고 사용도 간편해서 1점당 분석시간이 5분 이내 일 뿐 아니라 재현성이 월등하여 토양의 입자밀도 측정에도 매우 유용한 기기로 생각된다.

본 실험에서 상토를 볼 밀(Ball mill)로 분쇄하여 건조기에 넣어 105°C에서 16시간 건조한 후, 헬륨가스를 사용하는 Pycnometer (Micromeritics Co, Model 1305)를 사용하여 측정하였다(Micromeritics Co. 1999).

Table 1. Particle density of bedsoil by the method of electrical pycnometer with gas.

	Bedsoil for rice	Bedsoil for horticultural crop		
		Domestic	Imported	Mean
Average(Mg m ⁻³)	2.43	2.02	1.73	1.93
Range	2.33~2.67	1.79~2.35	1.48~2.10	1.48~2.02
SD	0.11	0.13	0.16	0.13
No. of samples	9	36	17	53

표1의 가스형 피크노메타에 의해 측정된 입자밀도에서 수도용상토는 2.33~2.67 Mg m⁻³ 범위에 있고 평균 2.43 Mg m⁻³이었다. 원예용 국산상토(36점)경우 입자밀도는 범위가 1.79~2.35 Mg m⁻³이고 평균은

2.02 Mg m⁻³였으며, 수입상토(17점)의 경우 입자밀도는 범위가 1.48~2.10 Mg m⁻³이고 평균은 1.73 Mg m⁻³로 다양한 분포를 보였으며 평균값에서 국산과 수입산 사이에 큰 차이를 보였다.

Table 2. Average particle and bulk density of major materials for bedsoil .

materials	Particle density	Bulk density
	-----Mg m ⁻³ -----	
Cocopeat	1.47	0.17
Peatmoss	1.49	0.16
Diatomite	2.52	0.76
Calcined perlite	2.23	0.18
Calcined vermiculite	2.56	0.12
Zeolite (hard powder)	2.41	1.06
Zeolite (hard granular)	2.41	1.01
Zeolite (soft powder)	2.38	0.66
Zeolite (soft granular)	2.38	0.93

상토원료별 가스형 피크노메타법에 의한 입자밀도 및 추다짐법에 의한 용적밀도를 보면 표2와 같다. 유기자재인 코코피트나 피트모스는 입자밀도가 1.47 Mg m⁻³ 및 1.49 Mg m⁻³ 으로 낮았으나, 무기자재들은 2.4~2.6 Mg m⁻³범위를 이루고 있었다. 그러나 용적밀도에 있어서 유기자재는 역시 낮았으나 무기자재 중 소성 vermiculite나 소성 perlite, 연질 zeolite는 낮게 나타났다.

2. 용적밀도

토양에서와 마찬가지로 상토의 용적밀도는 수분을 포함하는 포트에서 물의 흐름에 의해 형성되는 조건이 고려되어야 한다. 그러나 수분의 영향을 고려한 포트상태의 용적밀도를 측정하는 것은 장시간의 안정화가 요구되며 실제로 상단에 관수할 경우 유기물의 부상으로 측정이 어려웠다.

따라서, 본 연구에서는 하단 관수를 통해 낮은 수분장력(10kPa)을 사용하여 물의 흐름을 다소 빠르게 조절하고, 수분장력 1kPa에서의 수

분이 함유된 상태에서 안정화된 용적밀도를 측정하는 방법을 고려하였다(Drozon 등, 1990, European standard method, 1999). 처음 관수시에 대부분의 시료가 물을 흡수하면서 팽창하는 현상을 보였으며, 과도하게 측정용기 밖으로 흘러넘치는 시료도 다수 존재하였다. 이런 현상은 유기재료로 Cocopeat가 사용된 국산상토에서 두드러졌다. 그리고 다시 물을 배수할 때는 약간 수축하는 경향을 보였으며 관수와 배수과정을 반복하면서 이러한 현상은 점차 감소되어 안정화되었다.

샌드박스를 사용하여 용적밀도를 측정하는 방법은 포트 상태의 용적밀도를 측정한다는 점에서 장점이 있으나, 샌드박스의 구비여건이 어렵고 설치조작이 매우 번거로우며 시간도 많이 소요되는 단점이 있다. 따라서, 쉽게 용적밀도를 측정할 수 있으면서 그 측정치가 샌드박스법(SBM)과 유사한 방법이 요구된다.

그림 5는 용적밀도 측정방법에 있어 샌드박스에 의해 측정된 방법과 다른 방법들과의 상관관계를 보여준다. 그림 5에서 추다짐법(PCM)의 결정계수(R^2)가 0.954**로 다른 방법들에 비해 가장 높게 평가되었으며, 상관 관계식에서도 추다짐법의 기울기가 0.993**으로 기울기 1에 가장 근접하였다.

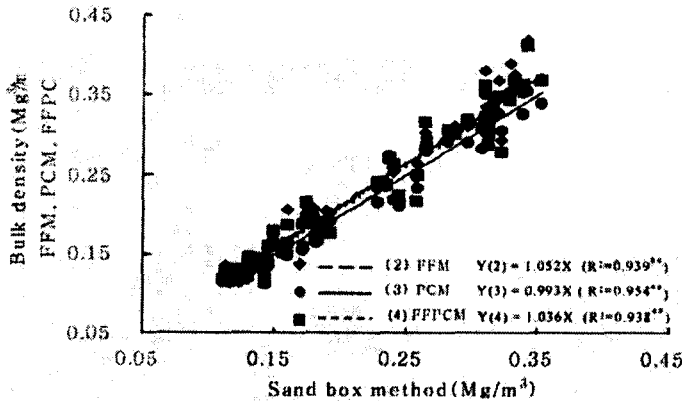


Fig. 5. Correlation between bulk density measured by Sand box method and that by other methods(FFM: Free fall method, PCM: Plunger compaction method, FFPCM: Free fall method and Plunger compaction method)

반면, 자유낙하법(FFM)이나 자유낙하후다짐법(FFPCM)은 용적밀도가 낮은 시료에 대해서는 샌드박스법과 유사한 경향을 보였으나 시료의 용적밀도가 증가할 수록 그 편차가 점차 커지는 것으로 조사되었다. 이는 용적밀도가 큰 시료가 낙하에 의해 시료용기에 채워질 경우 누적되는 압력에 의한 영향으로 생각된다. 추 다짐법은 다른 방법들에 비해 샌드박스법과의 편차범위가 -0.05 에서 $+0.05$ 사이 에 고르게 분포되었다.

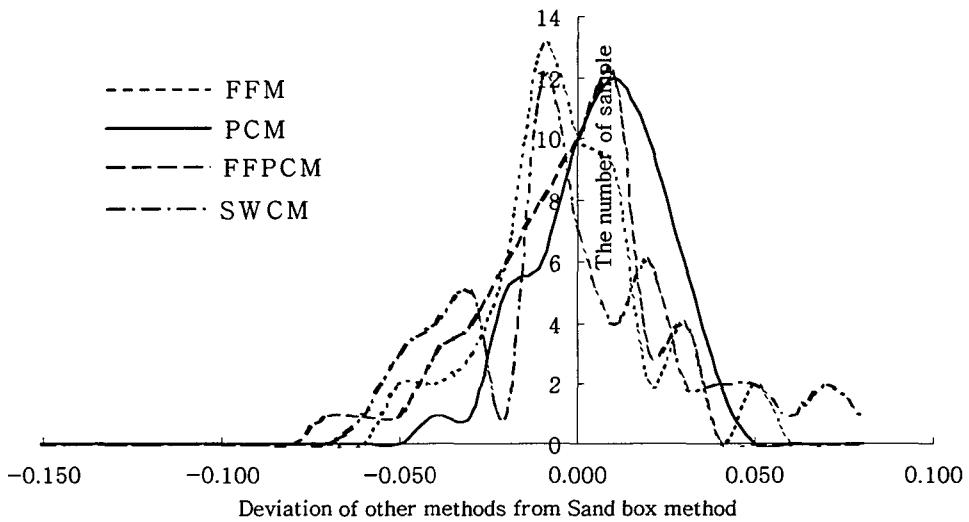


Fig. 6. Distribution of deviation for all samples between bulk density measured by Sand box method and that by other methods.

(FFM : Free fall method, PCM : Plunger compaction method, FFPCM : Free fall and plunger compaction method, SWCM : Sample weight compaction method)

그림 5에서와 마찬가지로 그림 6에서도 추다짐법을 제외한 모든 용적밀도 측정방법은 높게 측정되는 경향이었으며 용적밀도가 비교적 큰 시료에 대하여 샌드박스법과의 편차와 그 범위가 커지는 경향을 보였다.

시료에 대한 각 방법의 반복에 대한 표준편차 평균값은 자유낙하법이 0.010, 자유낙하후 다짐법 0.010, 추다짐법이 0.005, 충격다짐 5회

0.006, 그리고 샌드박스법이 0.006으로 조사되어 추다짐법이 반복간에 재현성이 가장 높게 평가되었다. 따라서 용적밀도를 측정하는데 가장 적절한 방법은 모든 시료에 대하여 보편적이면서 재현성이 높은 추다짐법으로 판단된다.

앞의 그림 3에서 추다짐법을 자세히 보면 보조관(collar tube, 직경:7.62cm, 높이:2.5cm)이 연결된 시료용기(sample vessel, 직경:7.62cm, 부피: 300cm³)에 상토를 압력이 가해지지 않도록 자연스럽게 채우고 500g추를 사용하여 11.6gcm⁻²의 압력을 3분간 가한 후, 보조관을 분리해내고 다시 시료용기에 수직으로 밀어 그 부피와 질량으로 측정하였다 (European standard method 13040. 1999).

Table 3. Bulk density of bedsoil by the plunger compactron method.

	Bedsoil for rice	Bedsoil for horticultural crop		
		Demestic	Imported	Mean
Average(Mg m ⁻³)	1.01	0.25	0.14	0.22
Range	0.84~1.26	0.13~0.40	0.11~0.21	0.11~0.40
SD	0.14	0.67	0.03	0.08
No. of samples	9	36	17	53

표3에서 추다짐법에 의해 측정된 상토의 용적밀도는 수도용상토의 경우 평균 1.01 Mg m⁻³ 원예용상토는 국산이 0.13~0.40 Mg m⁻³으로 외산의 0.11-0.21 Mg m⁻³보다 그 값이나 범위가 높게 조사되었다. 이는 국산상토가 수입산 상토보다 비분관리와 배지의 안정화를 위해 용적밀도가 비교적 높은 무기재료를 많이 사용하였기 때문으로 생각된다.

3. 수분함량

그림 7은 토양의 포장용수량측정법을 고려하여(Puustjarvie 등.1969) 전체 시료 중 수분함량이 가장 낮게 측정된 시료(A)와 가장 높은 시료(B)의 시간에 따른 수분변화 양상을 조사한 것이며, I는 건

조온도 70℃의 결과이고 II는 건조온도 105℃의 결과이다.

초기 수분함량은 105℃와 70℃에서 유사하였으나 시간이 경과함에 따라 105℃에서의 건물기준(dry base)으로 계산된 수분함량은 급격하게 감소하는 경향을 보였고 함수물기준(wet base)으로 계산된 수분함량의 경우에는 다소 직선적으로 일정하게 감소하는 경향을 보였다. 함량에 이르는 시간은 70℃의 경우 72시간이었고 105℃의 경우 16에서 24시간 사이에 존재하였다. 또한 건조 온도를 105℃로 할 경우 24시간 이내에서는 함량에 도달한 후 값이 일정하게 유지되는 것으로 관찰되어 유기물의 회화가 발생하지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 수분함량은 분석 시간이 적게 소요되는 105℃에서 24시간 이내에 조사하는 것이 적절한 것으로 생각된다.

원예용 상토는 용적밀도가 낮기 때문에 중량수분함량을 건물기준으로 계산할 경우 100 %가 넘는 경우가 빈번하다. 이러한 경향은 이화학적 변화를 막고 배지의 안정을 위해 수분이 첨가되어 생산되는 제품상태에서도 일부 발견되었다. 이는 분석결과를 이해하는데 비합리적이며 생산자와 소비자 사이에 논란의 대상이 될 수 있다(European standard method, 1999). 따라서, 상토의 중량수분함량은 함수물기준으로 사용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

따라서 무기재료인 수도용상토의 경우에는 토양과 같이 건물기준(수분중량/건조상토중량 × 100)이 합리적이며, 유기재료인 원예용상토는 식물체 수분함량 측정법인 함수물 기준(수분중량/습윤상토중량 × 100)이 적절하였다. 또한 수분함량을 조사하기 위한 건조기 건조시간은 수도 및 원예용상토 모두 105℃에서 16시간 정도로 통일하는 것이 적절한 것으로 보인다.

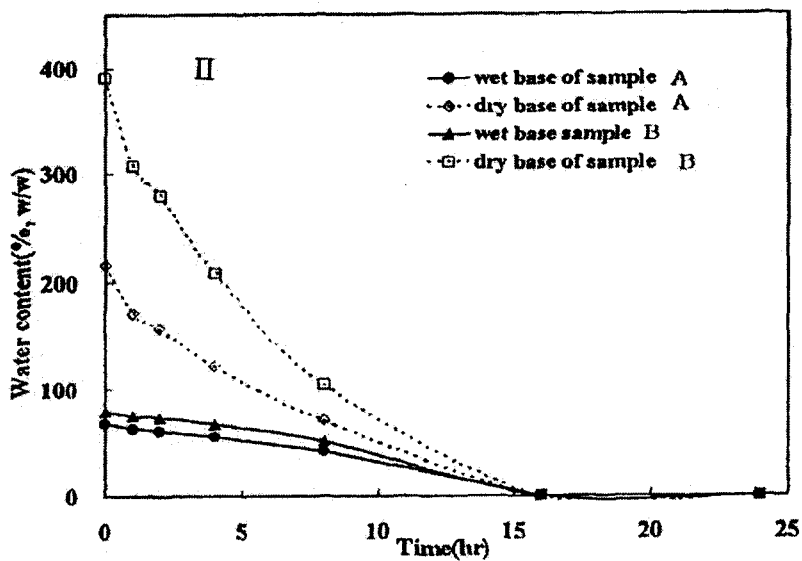
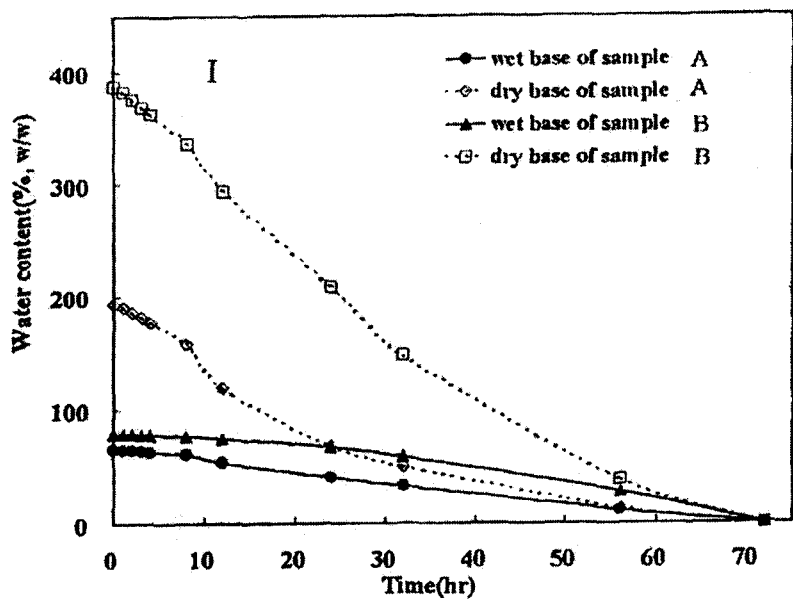


Fig. 7. Changes in water content according to lapse time of sample drying(hour) at 70°C (I) and 105°C (II)

Table 4. Water content in wet base of bedsoil by the new Korean standard method.

	Bedsoil	Bedsoil for horticulture		
	for rice	mean	domestic	imported
Average(%)	16.89	46.34	44.32	53.11
Range	8.25~25.17	14.82~70.72	14.82~70.72	30.45~69.91
SD	5.27	12.12	11.38	12.46
No. of samples	7	61	47	14

표 4에서 상토 출하시 수분함량을 보면 수도용상토는 평균이 16.89%로 나타난 반면 원예용상토의 경우에는 매우 다양하여 평균이 46.34%이고 그 범위가 14.82%에서 70.72%까지 나타나서 제품별 수분 범위가 매우 넓고, 따라서 실제 상토의 건물무게는 큰 차이를 나타내며, 출하시 상토의 수분상태가 제품의 특성을 나타내는 기준이 될 것으로 생각되었다.

4. 보수력

원예용 상토의 보수력은 수분장력 1, 5, 10 kPa을 기준으로 하여 조사되고 있다(de Boodt 등. 1972, Wilson 등. 1983, Verdonck. 1983, Verdonck 등. 1983, de Boodt et al., 1974). 그러나 본 연구에서는 상토의 수분특성곡선을 보다 정확하게 도시하기 위해 샌드박스를 사용하여 수분포텐셜 -0.5, -1, -3, -5, -7, -10 kPa에서의 수분함량변화양상을 조사하였다. 그림 5는 상토의 보수력 및 보수력에 관한 용어를 설명하기 위해 수분장력에 따라 시료 A의 수분함량 변화양상을 3차식을 사용하여 도시한 것이다. 여기서, 시료 A를 사용한 이유는 AV 21.8%, EAW 33.6%, WBC 6.5%이며 OMP가 2.7kPa로 de Boodt와 Verdonck등에 의한 이상적인 상토 조건과 일치하는 경향을 보였기 때문이다(de Boodt et al., 1974). 시료 B는 포화상태(수분장력 0kPa)의 수분함량이 3차식의 y절편인 90.6%로 추정되었으며, 수분장력 10 kPa에서의 수분함량은 30.8%로 포화시(0 kPa로 추정)의 1/3로 감소되는

것으로 조사되었다.

이러한 특성을 가지는 상토에 대하여 유묘가 수분장력 10 kPa에서의 수분상태에서 재배된다고 가정하면 뿌리의 과도한 공기노출로 유묘에 수분장해를 초래할 것으로 기대된다. 실제로, o e Boodt 등은 유묘 재배 시험을 통해 수분장력 10 kPa에서 작물의 수분장해가 시작된다고 보고한 바 있다(de Boodt et al., 1972). 본 연구에서 분석에 사용된 모든 상토의 OMP는 -10 kPa 이내에 존재하였으며 따라서, 원예용 상토의 보수력은 -10 kPa이내에서 잡아주는 것이 바람직하다고 생각된다.

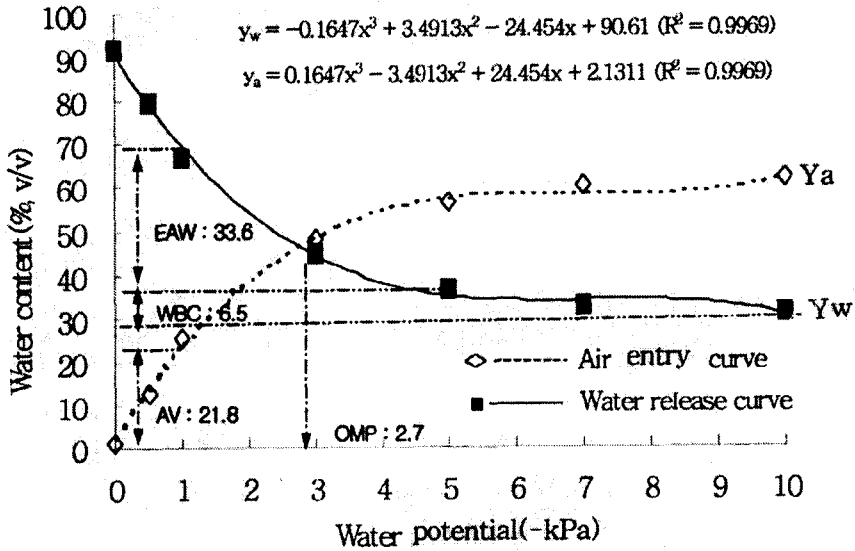


Fig. 8. Moisture characteristics curve for one of horticulture bedsoil.

AV : Air volume, EAW : Easily available water,
 WBC : Water buffering capacity,
 OMP : Optimal matric potential

그림 8에서 AV(Air volume)은 수분장력 1 kPa에서의 공기함량이고, EAW(Easily available water)는 수분장력 1~5 kPa 사이에 잡히는 수분함량으로 고상 입자와 결합력이 약한 수분이므로 작물이 이용하기 쉬운 상태의

수분함량을 말하며, WBC(Water buffering capacity)는 수분장력 5~10 kPa 사이에 잡히는 수분함량으로 상토의 입자 사이에 존재하면서 양분의 용해와 배지의 급격한 이화학적 변화를 막는 완충 역할을 한다(de Boodt et al., 1972). 또한 OMP(Optimum matric potential)는 수분감소곡선과 공기증가곡선이 교차하는 즉 고상을 제외한 수분함량과 공기함량의 비율이 1:1이 되는 수분장력을 말한다(Michiels et al., 1993; de Boodt et al., 1974).

수분함량 변화양상과 정확한 OMP를 구하기 위해서는 적절한 회귀식을 적용해야 한다. Karlovich와 Fonteno등(Karlovich 등. 1986, Robert et al., 1989)은 수분장력에 따른 수분변화양상을 도시하기 위해 3차식 모델을 사용하였는데, 그 방법은 수분장력(X)을 $\log\{(water\ tension(kPa)\times 9.8)+1\}$ 로 변형하고 $y = a + bx + cx^2 + dx^3$ 에 의해 각 시료에 대해 parameter a, b, c, d를 구함으로써 수행되었다. 그러나 본 연구에서는 수분장력별 수분함량의 관계에서 수분장력의 변형없이 3차식을 적용하였다.

본 연구에 적용된 방법은 Karlovich 등에 의한 방법과 모든 시료의 수분특성 곡선이 대부분의 수분장력에서 중복되는 유사한 경향을 보였으며 회귀식에 의해 얻어진 OMP에 대해서도 절대값으로서 편차 평균이 0.2로 유사했다. 3차식에 의한 전체 시료의 회귀식에서 결정계수(R^2)는 0.9731~0.999의 범위에 있었으며 그 평균은 0.9956으로 다양한 상토의 수분변화 특성을 나타내는데 적합하였다.

그림 9는 시료의 보수력 특성의 차이를 EAW에 의해 구분하여 나타낸 것이다. 국산상토에서 시료 C사 제품은 EAW가 가장 낮았으며 시료 D사 제품은 가장 높았고 외산상토에서는 시료 E사 제품이 가장 낮았으며 B사 제품이 가장 높게 조사되었다

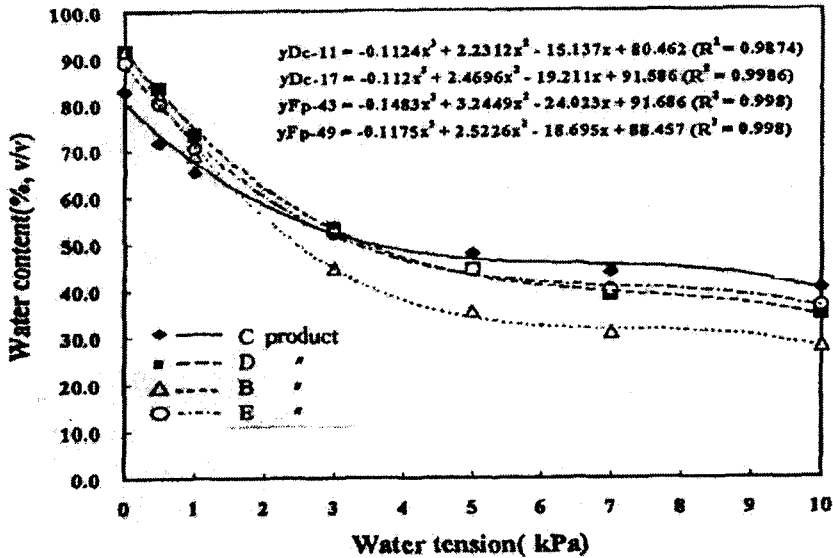


Fig. 9. Moisture characteristics curves for several horticultural bedsoils of which EAWs are lowest and highest.

시료 C는 AV 16.8%, EAW 20.0%, WBC 6.5%, OMP가 9.4kPa로 조사되었으며 시료 D는 AV 15.4%, EAW 34.5%, WBC 7.9%, OMP가 4.1kPa로 조사되었고 시료 B는 AV 19.1%, EAW 38.1%, WBC 7.4%, OMP가 2.8kPa로 조사되었으며 시료 E는 AV 17.1%, EAW 28.4%, WBC 7.8%, OMP가 4.4kPa로 조사되었다.

4종류의 시료 모두 AV와 WBC에는 큰 차이가 없었으나, EAW와 OMP에 대해서는 큰 차이를 보였다. 시료 C와 시료 B의 보수력 특성을 비교해보면, 시료 C는 초기 수분 포화시 보수력이 떨어지지만 수분장력에 의해 수분을 유출시키는 과정에서는 수분과 강한 결합력을 형성함으로써 수분장력 -1.7kPa부터 시료 B 보다 높은 수분함량을 보였으며, 수분장력 10kPa에서는 그 차이가 12.7%로 큰 차이를 보였다. 이러한 시료의 보수력 특성차이는 수분과 공기조건을 함께 고려할 수 있는 OMP에 의해 해석하는 것이 적절하였다. 즉 OMP가 낮을수록 고상입자와 수분사이에 결합력이 낮아 작물이 물을 이용하기에 유리하며 OMP가 높을수록 고상입자와 수분사이에 결합력이 커서 많은 양의

수분을 보유하지만 쉽게 이용할 수 없는 특성을 가진다.

보수력에 대한 이러한 특성은 온실 조건하에서 매일 물이 공급되는 국내의 육묘공정을 고려한다면 작물에 유리한 특성을 쉽게 추정할 수 있다. 즉 OMP가 낮은 상토의 경우 유묘의 재배에 유리한 특성을 가지고 있으나 쉽게 건조할 수 있어 관수를 자주해 주어야 하며, OMP가 큰 상토는 유묘가 수분을 이용하는데 다소 어려움이 있으나, 쉽게 건조되지 않아 배지의 물관리가 유리할 것으로 생각된다. 따라서 작물 종자의 발아 초기에는 OMP가 낮은 상토가 유리하고, 유묘가 어느 정도 성장하여 뿌리의 발달에 의한 수분의 이용이 많아질 경우 OMP가 다소 높은 상토가 유리할 것으로 판단된다.

Table 5. Hydraulic characteristics of horticultural bedsoil by new Korean standard method in bedsoil analysis.

	No. of samples	EAW (% , v/v)	WBC (% , v/v)	OMP (kPa)	Optimum moisture content (%)	Ksat (cm min ⁻¹)
Domestics	47	27.00	6.45	6.15	43.75	1.6
Imported	14	31.6	8.31	4.30	45.79	3.6
Mean	61	28.4 ± 4.33	7.01 ± 2.11	5.60 ± 1.84	44.41 ± 1.64	1.71

Notes : EAW = Easily Available Water

WBC = Water Buffering Capacity

OMP = Optimal Matric Potential

Ksat = Saturated Hydraulic Conductivity

국산상토의 경우 EAW는 범위가 20.0~34.5 %이고 평균이 27.9 %였으며 OMP는 범위가 2.7~10.0 kPa이고 평균이 5.6 kPa이었다. 외산상토의 경우 EAW는 범위가 26.0~38.1 %이고 평균이 32.3 %이었으며 OMP는 범위가 2.7 ~5.5 kPa이고 평균이 3.9 kPa로 국산상토에 비해 EAW는 높았으며 OMP는 낮게 조사되었다. 그림 10은 용적밀도와 EAW사이의 상관관계를 보여준다. 용적밀도와 EAW사이에는 P<0.001의 수준에서 결정계수(R²)가 0.686으로 부의 상관을 보였다. 이것은 용

적밀도가 높은 시료에 대하여 상대적으로 EAW는 감소하는 것을 의

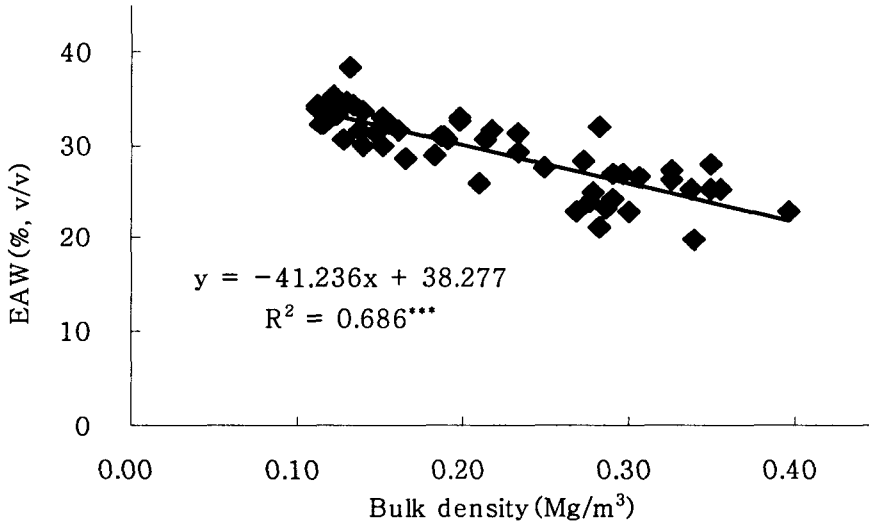


Fig. 10. Relationship between bulk density and easily available water(EAW)

미하는데, 이러한 경향은 Bunt(1983)의 연구에서도 보고된 바 있다. 이는 용적밀도를 증가시키는 가장 큰 요인인 무기물함량에 의한 영향으로 보여진다. 즉 원예용상토의 제조에 사용되는 무기물은 공극율을 감소시킬 뿐만 아니라, 입도가 큰 유기물 입자사이에 형성되는 대공극(Macropore)사이에 분포하면서 공극의 크기를 감소시키기 때문으로 생각된다.

5. 포화수리전도도

포화수리전도도 측정을 위해 컬럼을 충전할 경우 용적밀도를 고려하였으며, 24시간 수분포화시 대부분의 시료가 팽창하여 고정된 높이에서 안정화 되었으나, 일부 시료는 그 양이 다소 부족하여 더 첨가하고 다시 24시간 포화시킨후 측정하였다.

그림 11은 상토의 용적밀도에 대한 포화수리전도도의 관계를 보여준다. 즉 용적밀도와 포화수리전도도 사이에는 $P < 0.001$ 수준에서 결정계수(R^2)가 0.780으로 부의 상관관계를 보였다.

반면, 용적밀도와 부의 관계에 있는 유기물함량과 포화수리전도도와 상관성을 보여주는 그림 6에서 유기물함량과 포화수리전도도 사이에는 $P < 0.001$ 에서 결정계수(R^2)가 0.7005로 정의 상관을 보였다.

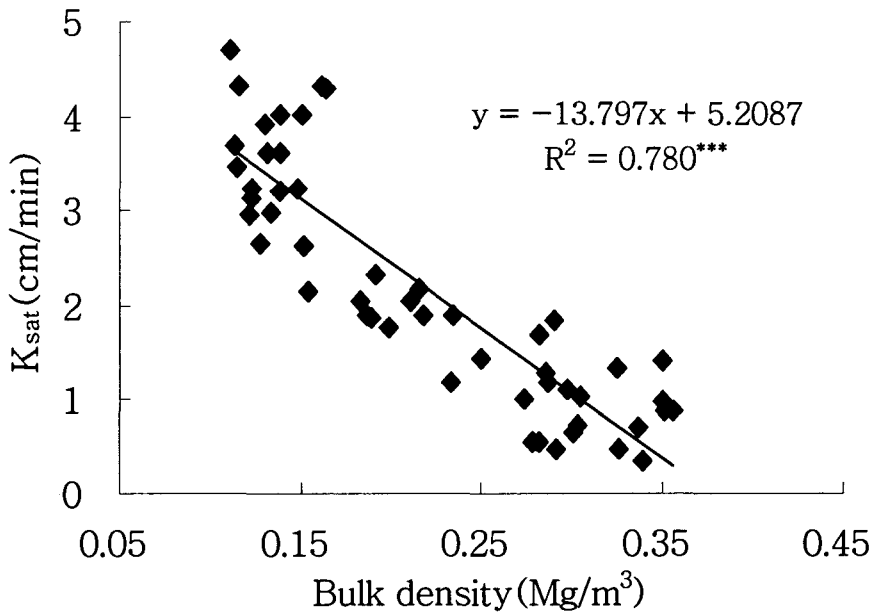


Fig. 11. Relationship between bulk density and saturated hydraulic conductivity(K_{sat})

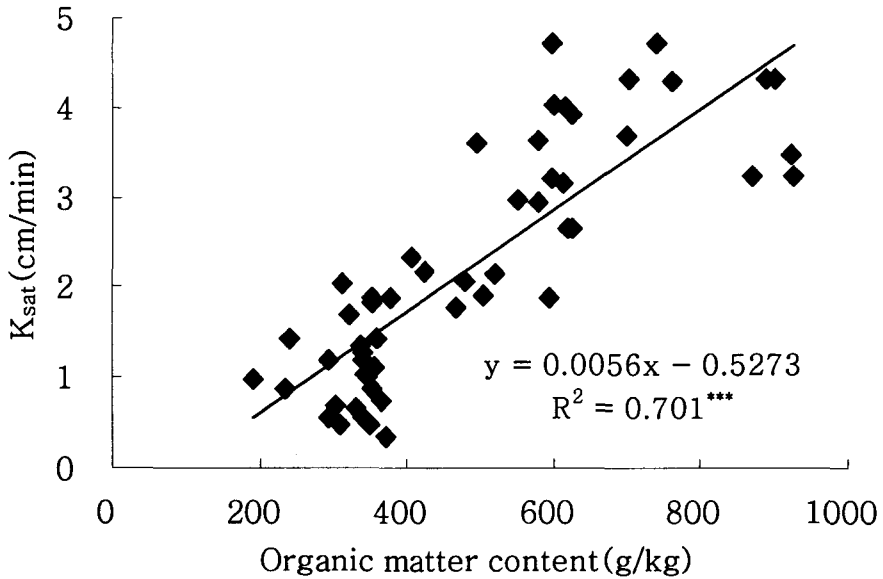


Fig. 12. Relationship between organic matter content(OM) and saturated hydraulic conductivity(K_{sat})

포화수리전도도의 측정 방법은 투명한 아크릴컬럼(Ø: 5.0cm, h: 20cm)에 거름천(filter cloth)를 부착하고 14cm의 높이로 상토를 채운다. 시료는 용적밀도를 고려하여 가능한 균일하게 충전하였다. 충전된 컬럼은 저수위법으로 물을 공급하여 24시간 포화시킨 후, 포화수리전도도 측정장치에 설치하고 사이펀(siphon)을 연결하여 수두차(h)를 15.5cm로 유지하면서 포화수리전도도를 측정하였다. 측정전, 수두차 15.5cm로 30분간 물을 흘려 토주를 안정시켰으며, 200cm³가 통과하는 시간을 측정하였다. 포화 수리전도도는 Darcy의 이론에 의하여 다음과 같이 계산하였다(Rural Development Administration, 2001; Cho Baek-Hyun et al., 1996; Wallach et al., 1992).

조사된 포화수리전도도는 국산의 경우 그 범위가 0.4~4.0 cm/min 이고 평균이 1.6 cm/min이었으며, 외산의 경우는 그 범위가 2.0~4.7cm/min이고 평균이 3.6 cm/min으로 전반적으로 높게 조사되었다.

$$K_{\text{sat}} = \frac{Q}{A} \times \frac{l}{h}$$

K_{sat} : 포화수리전도도(Saturated hydraulic conductivity(cm/min))

Q : 단위 시간당 매체를 통과한 물의 유출량(cm^3/min)

A : 물이 통과하는 매체의 단면적(cm^2)

l : 물이 통과하는 토양의 두께(cm)

h : 수두차(cm)

포화수리전도도에 있어 외산상토는 국산상토에 비해 평균 2배이상 높게 조사되었는데, 그것은 국산상토에 포함되는 무기물(제올라이트, 황사, 규조토 등)이 물의 흐름에 부의작용(Bunt. 1983; Pertuit. 1981)을 하는 반면, 외국산상토에는 비교적 입도가 큰 성분(4mm이상)이 존재하여 공극이 많기 때문(Noguera et al., 2000)으로 생각된다.

6. 화학분석 시료중량

외국(일본, 2000; 캐나다 1999; 미국, 1998; 유럽, 1999)의 원예용 상토 분석법은 주로 부피비로 분석하고 있으나, 우리나라에서는 중량비로 하여 분석하고 있는 실정이다. 그래서 상토의 부피에서 무게로 전환이 가능한가를 알기 위하여 상토의 부피와 무게를 비교한 결과는 표 6과 같다.

표 6. 상토의 부피와 무게비교

상 토 부 피	관 계 식	상 관 계 수
상토 40cc : 20cc무게×2	$y=0.9411x-0.3764$	0.945**
상토 50cc : 20cc무게×2.5	$y=0.933x+0.0022$	0.959**
상토 60cc : 20cc무게×3	$y=0.9683x-0.0186$	0.954**
상토 100cc : 20cc무게×5	$y=1.0068x-1.0531$	0.955**

표 6에서와 같이 원예용 상토 40, 50, 60, 100cc의 각각의 무게와 상토 20cc무게에 해당 부피의 배수를 곱한 무게를 비교하여 보면, 모두 정의 상관관계가 있고, 상관계수(0.945**~0.959**)가 매우 높아 상토 분석시 상토 부피를 달리하여 분석하여도 오차 없는 것으로 나타났다.

표 7. 상토 부피에 대한 평균 무게

(단위 : g)

구 분	상 토 의 부 피					
	20cc	30cc	40cc	50cc	60cc	100cc
평 균	4.915	6.171	11.014	13.237	14.976	24.090
범 위	2.078~ 8.829	2.724~ 13.240	5.012~ 20.822	5.935~ 23.75	7.111~ 27.523	11.190~ 45.910

7. EC

상토 부피에 대한 평균 무게를 표 2에서 살펴보면 상토 20cc의 평균 무게는 4.915g(2.078~8.829g)으로 우리나라 토양 일반 화학성 분석(농촌진흥청, 1988)시 평량되는 무게 5g과 비슷하므로 상토 분석법 설정시 이에 접근하려고 시도하여 보았다.

상토의 EC 측정시 희석배수를 달리하여 측정한 결과는 그림 13 및 표 8과 같이 상토 : 증류수의 비율을 1:2(v:v)와 1:5(v:v) × 2.5 측정치 사이에는 모두 정의 상관관계가 있고, 절편도 1:1선과 비슷하였고, 상

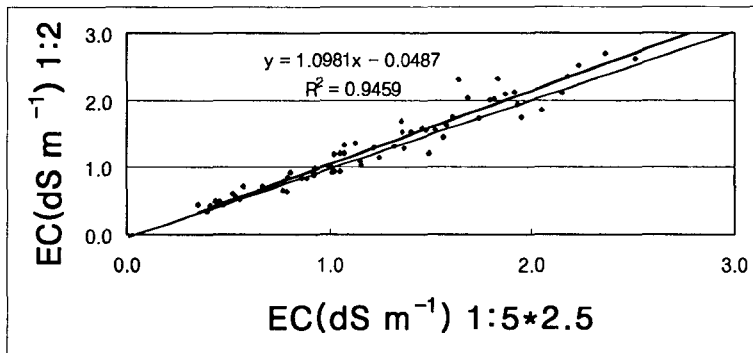


그림 13. 상토 EC측정시 1:2(v:v)와 1:5(v:v)×2.5와의 관계(상토 20cc)

표 8. 상토 EC측정시 부피에 따른 1:2(v:v)와 1:5(v:v)×2.5와의 관계

상 토 부 피	관 계 식	상 관 계 수
상토 20cc	$y=1.0981x-0.0487$	0.946**
상토 30cc	$y=0.7383x+0.2333$	0.715**
상토 40cc	$y=0.9047x-0.1072$	0.943**
상토 50cc	$y=1.1053x-0.0655$	0.946**
상토 100cc	$y=0.8289x-0.2347$	0.961**

관계수(0.946**)가 매우 높아 만약 1:2(v:v, 캐나다, 1999; 미국, 1999)로 분석하여도 1:5(v:v, 일본, 2000; 유럽, 1999b)분석한 값으로 환산이 가능하다는 것을 알 수 있었고, 상토의 부피를 달리하여도 상토 30cc를 제외하고 비슷한 결과를 얻을 수 있었다

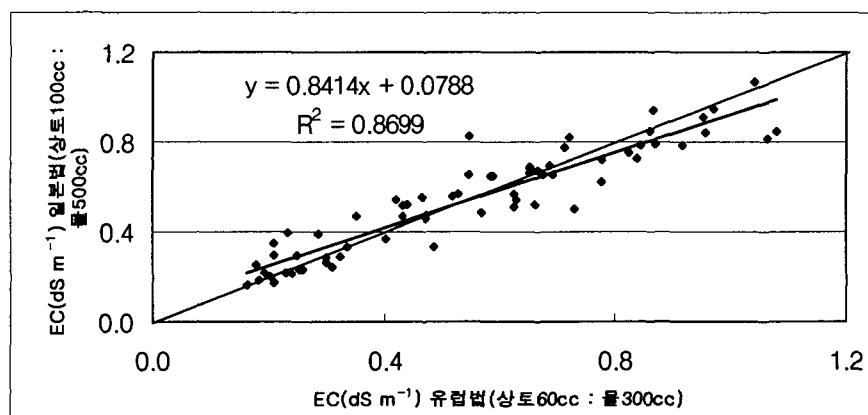


그림 14. EC 측정시 유럽법과 일본법(전농)과의 관계(v:v 1:5)

EC 분석시 유럽법(CEN, 1999b) 상토 60cc에 물 300cc를 가하고 1시간 진탕 후 분석(v:v 1:5)하는 방법과 일본법(전농, 2000)법은 상토 100cc에 물 500cc를 가하고 1시간 진탕 후 분석하는 방법인데 이들의 관계를 그림 14에서 살펴보면 정의 상관관계가 있고, 결정계수(0.870**)가 매우 높은 것으로 나타났다(여기에서 EC 측정값은 희석배수를 곱하지 않은 숫자임). 이는 EC 분석을 위하여 평량시 상토의 양에 따라 EC 측정값이 크게 달라지지 않음을 알 수 있다.

우리 나라 토양 EC 분석법(농촌진흥청, 1988)시 토양 5g을 평량하여 측정하기 때문에 표 2에서 우리나라에서 유통중인 상토 20cc의 평균 무게의 값이 4.915g 이므로, 이를 상토의 EC 분석법에 접근하기 위하여 상토 평량시 상토의 부피를 달리하여 EC 분석시 일본법(전농, 2000) 및 유럽법(CEN, 1999b)과의 관계를 살펴보면 표 9, 10에서와 같다.

표 9. EC 측정시 일본법(전농)과 상토 20, 30, 40, 50cc와의 관계(v:v 1:5)

상토무게	관계식	상관계수
상토 20cc	$y=1.0085x-0.017$	0.795**
상토 30cc	$y=0.8608x-8E-05$	0.825**
상토 40cc	$y=0.8693x+0.0281$	0.823**
상토 50cc	$y=1.1554x-0.0105$	0.829**

표 10. EC 측정시 유럽법과 상토 20, 30, 40, 50cc와의 관계(v:v 1:5)

상토무게	관계식	상관계수
상토 20cc	$y=0.9189x-0.0242$	0.811**
상토 30cc	$y=1.0785x-0.0227$	0.888**
상토 40cc	$y=0.8276x+0.0443$	0.917**
상토 50cc	$y=0.8102x-0.0211$	0.898**

EC 측정시 일본법(상토 100cc : 물 500ml, 전농, 2000) 및 유럽법(상토 60cc : 물 300ml, CEN, 1999b)과 우리나라 실정에 알맞는 새로운 분석법을 설정하기 위하여, 상토 20, 30, 40, 50cc에 물 100, 150, 200, 250ml를 각각 넣고, EC의 측정 방법을 검토한 결과 상토의 부피를 달리하여도 기울기는 1:1선과 비슷하고, 상관계수도 모두 높은 것으로 나타났으며, 특히 상토 20cc를 평량하여 EC 측정한 기울기는 거의 직선과 가까웠고, 상관계수가 약간 떨어졌지만 큰 차이가 없기 때문에 원예용 상토의 새로운 EC 측정법은 상토 20cc에 물 100ml를 넣고, 1시간 진탕 후 No. 2 여과지로 여과하여 EC meter로 측정하여, 회석배수를 곱하지 않고, 온도 보정계수만 보정하는 방법으로 설정하였다.

신분석법에 의한 우리나라 유통 상토의 EC 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 살펴보면 그림 15과 같다.

국내산은 EC 0.61~0.80 dS m⁻¹ 범위에서 52.8%, 수입산은 EC 0.21~0.40 dS m⁻¹ 범위에서 52.9%로 대부분이 분포하고 있었는데, 수입산은 대체적으로 무비분 상토가 많기 때문에 EC가 낮은 쪽으로 분포비율이 많은 것으로 사료된다.

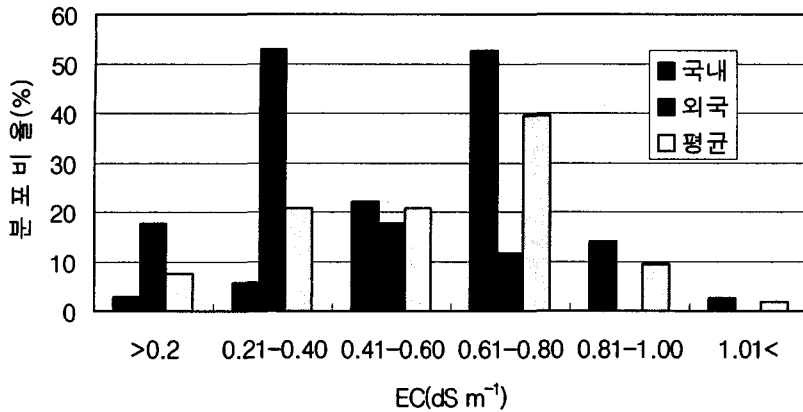


그림 15. 신 분석법에 의한 상토의 EC(dS m⁻¹) 분포비율

8. pH

상토의 pH 측정시 희석배수를 달리하여 측정한 결과는 그림 16에 서와 같이 상토 20cc를 평량하여 상토 : 증류수의 비율을 1:2(v:v)와 1:5(v:v)와의 측정치 사이에는 모두 정의 상관관계가 있고, 절편도 거의 직선과 비슷하였고, 결정계수(0.816**)가 매우 높아 만약 1:2(v:v, 캐

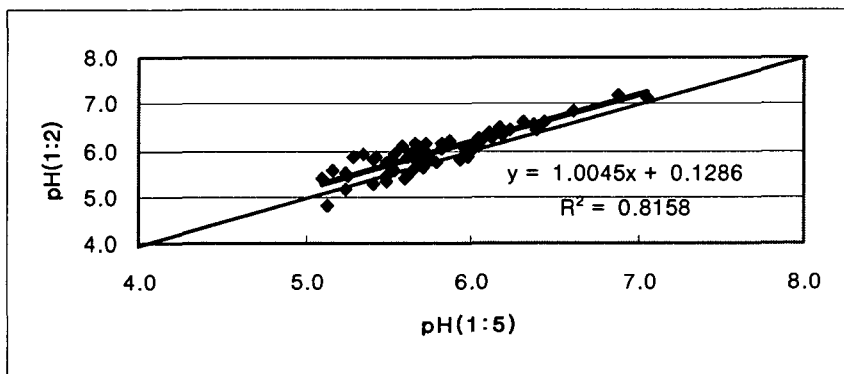


그림 16. 상토 pH 측정시 1:2(v:v)와 1:5(v:v)와의 관계(상토 20cc)

나다, 1999; 미국, 1999)로 분석하여도 1:5(v:v, 일본, 2000; 유럽, 1999a)분석한 값으로 환산이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

원예용 상토 pH 분석시 유럽법(CEN, 1999a)은 상토 60cc에 물

300cc를 가하고 1시간 진탕 후 분석(v:v 1:5)하는 방법과 일본법(전농, 2000)법은 상토 100cc에 물 500cc를 가하고 1시간 진탕 후 분석하는 방법인데 이들의 관계를 그림 5에서 살펴보면 EC 분석시와 마찬가지로 정의 상관관계가 있고, 기울기도 거의 직선에 가까우며, 결정계수(0.966**)가 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 pH 분석을 위하여 평량시 상토의 양에 따라 pH 측정값이 크게 달라지지 않음을 알 수 있다.

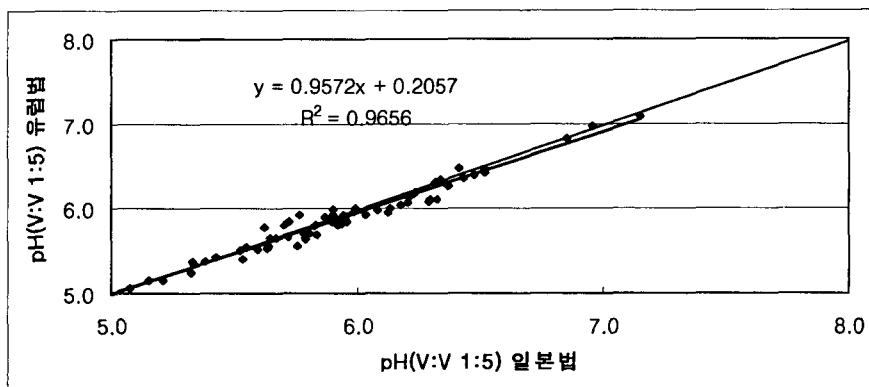


그림 17. pH 측정시 유럽법과 일본법(전농)과의 관계(v:v 1:5)

우리나라 토양 pH 분석법(농촌진흥청, 1988)은 토양 5g을 평량하여 측정하기 때문에, 표 7에서 우리나라에서 유통중인 상토 20cc의 평균 무게의 값이 4.915g 이므로, 이를 상토의 pH 분석법에 접근하기 위하여 상토 평량시 상토의 부피를 달리하여 pH 분석시 일본법(전농, 2000) 및 유럽법(CEN, 1999a)과의 관계를 살펴보면 표 11, 12에서와 같다.

원예용 상토 pH 측정시 일본법(상토 100cc : 물 500ml) 및 유럽법(상토 60cc : 물 300ml)과 우리나라 실정에 알맞는 새로운 분석법을

표 11. pH 측정시 유럽법과 상토 20, 30, 40, 50cc와의 관계(v:v 1:5)

상토무게	관계식	상관계수
상토 20cc	$y=0.952x+0.3216$	0.876**
상토 30cc	$y=0.9104x+0.5465$	0.954**
상토 40cc	$y=1.0144x-0.1109$	0.958**
상토 50cc	$y=0.9304x-0.4141$	0.965**

표 12. pH 측정시 일본법(전농)과 상토 20, 30, 40, 50cc와의 관계(v:v 1:5)

상토무게	관계식	상관계수
상토 20cc	$y=0.9189x-0.0242$	0.811**
상토 30cc	$y=1.0785x-0.0227$	0.888**
상토 40cc	$y=0.8276x+0.0443$	0.917**
상토 50cc	$y=0.8102x-0.0211$	0.898**

설정하기 위하여, 상토 20, 30, 40, 50cc에 물 100, 150, 200, 250ml를 각각 넣고, pH 측정방법을 검토한 결과 상토의 부피를 달리하여도 기울기는 1:1선과 비슷하고, 상관계수도 모두 높은 것으로 나타났으며, 특히 상토 20cc를 평량하여 pH 측정한 기울기는 거의 직선과 가까웠고, 상관계수가 약간 떨어졌지만 큰 차이가 없기 때문에, 원예용 상토의 새로운 pH 측정법은 상토 20cc에 물 100ml를 넣고, 1시간 진탕 후 No. 2 여과지로 여과하여 pH meter로 측정하는 방법으로 설정하였다.

신분석법에 의한 우리 나라 유통 상토의 pH 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 살펴보면 그림 18과 같다.

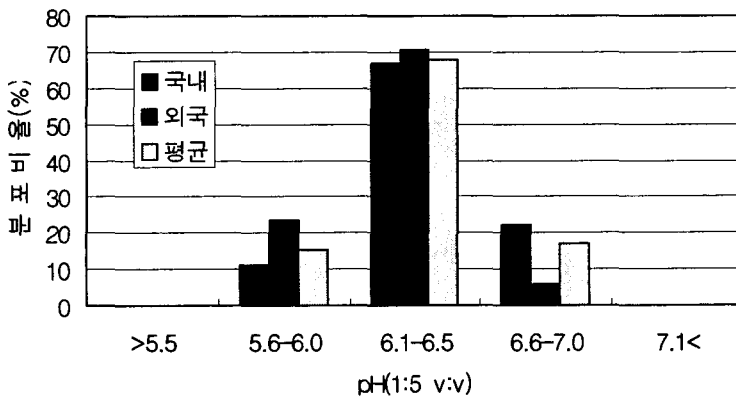


그림 18. 신 분석법에 의한 상토의 pH(V:V 1:5) 분포비율

국내산과 수입산 모두 pH 6.1~6.5 범위가 가장 많았고, 다음은 pH 6.6~7.0 범위, pH 5.6~6.0 순으로 나타났는데, 이는 포장에서 원예작물 재배시 적정 pH 6.1~6.5(농촌진흥청, 1999)인데, 원예용 상토 대부분이 이 범위에서 분포하고 있는 것으로 나타났다.

9. OM

원예용 상토 유기물 분석방법을 비교하기 위하여 일정량의 상토를 105℃에서 16시간 건조시켜 상토 중의 수분을 완전제거 한 다음 수분이 제거된 상토 2.5g과 상토 5g을 평량하여 600℃로 조절된 전기로에서 회화시켜 비교한 결과를 그림 19에서 살펴보면 이들 분석법간에는 정의 상관관계가 있고, 기울기가 거의 직선과 가까웠으며, 결정계수(0.968**)가 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 유럽(CEN, 1999c)의 유기물 분석방법은 103±2℃의 건조기에서 수분을 완전 제거한 상토 시료 5g을 450±10℃에서 회화시키는 방법인데, 이 방법과 비슷하므로 원예용 상토의 새로운 유기물 측정법은 풍건 원예용 상토 일정량을 105℃로 조절된 항온기 넣고 16시간 건조 시켜, 상토 중에 있는 수분을 완전제거 한 다음 수분이 완전 제거된 상토 상토 5g을 도가니에 평량하여, 후드 시설이 되어 있는 분해실에서 알콜을 약간 가하고 불로 탄화시킨 다음 600±5℃로 조절된 전기로에서 17시간 완전 연소시

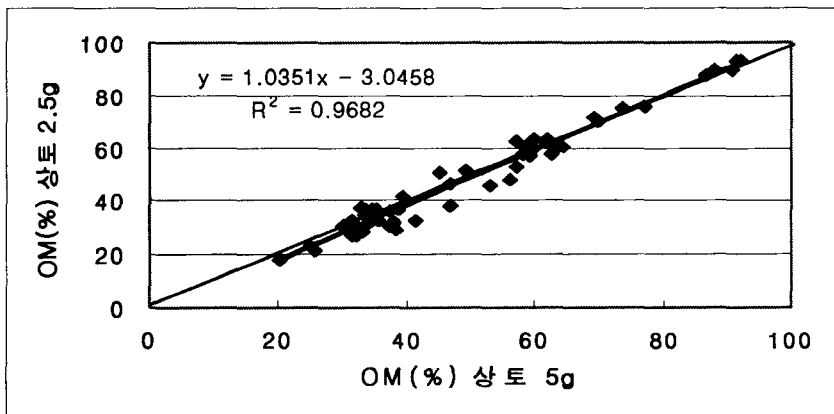


그림 19. 유기물의 측정방법 비교(회화법)

킨 다음 무게를 칭량하여 계산하면 된다.

신분석법에 의한 우리나라 유통 상토의 유기물 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 살펴보면 그림 20과 같다.

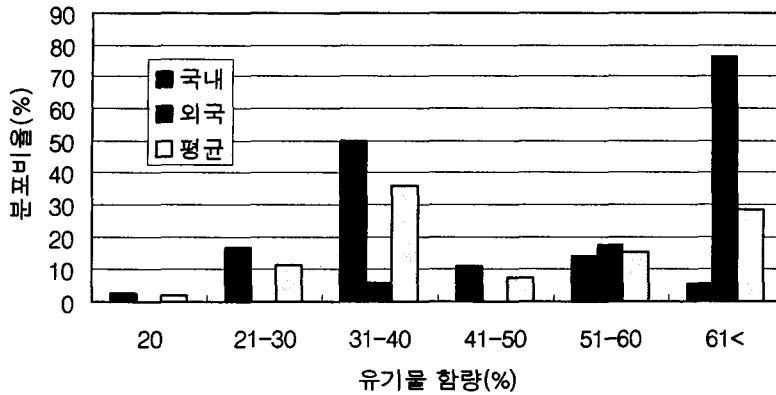


그림 20. 신 분석법에 의한 상토의 OM(%) 분포비율

국내산 원예용 상토 유기물함량의 분포비율은 31~40% > 21~30% > 1~ 60% > 41~50% > 61% 이상 > 20% 이하의 순이고, 수입산은 61% 이상 > 51~60% > 31~40% 순으로 수입산은 국내산보다 대체적으로 비분을 첨가시키지 않는 상토가 많기 때문에 유기물함량이 높은 쪽으로 분포 비율이 많은 것으로 사료된다.

10. P₂O₅

우리 나라 토양 유효인산 분석법(농촌진흥청, 1988)은 Lancaster법을 사용하고 있는데, 원예용 상토 유효인산 분석방법을 비교하기 위하여 상토 20cc에 토양분석법에 사용되는 Lancaster법 침출액(pH 4.25 ± 0.05) 40ml를 넣는 방법과 상토 20cc에 침출액(pH 4.25 ± 0.05) 80ml를 넣고 각각 10분간 진탕한 후 비색 측정된 결과를 그림 21에서 살펴보면 이들 분석방법 간에는 정의 상관관계가 있고, 기울기가 거의 직선과 가까웠으며, 결정계수(0.927**)가 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 유효인산 분석시 침출액 량이 많고, 적음에 따라 분석치 간의 값이 큰 차이가 나지 않기 때문에, 원예용 상토의 새로운 유효인산 측정법은 풍건 원예용 상토 20cc에 Lancaster법 침출액(pH 4.25 ± 0.05) 40ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No. 2 여지로 여과한후, 표준용액과 시료액을

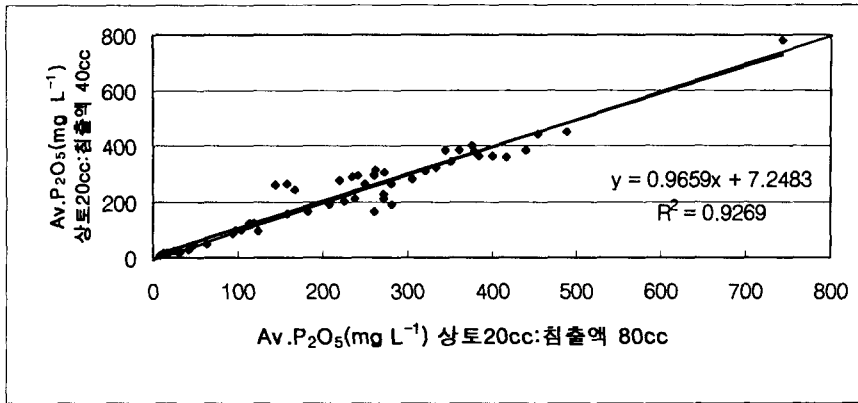


그림 21. 희석배수에 따른 유효인산 측정방법 비교(Lancaster법)

각각 3ml를 시험관에 넣고 조작액 6ml씩 넣은 다음 0.4ml의 1-2-4 용액을 가하여 잘 혼합한 후, 30°C에서 30분간 항온 후 720nm에서 비색 측정한다.

신분석법에 의한 우리 나라 유통 상토의 유효인산 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 살펴보면 그림 22와 같다.

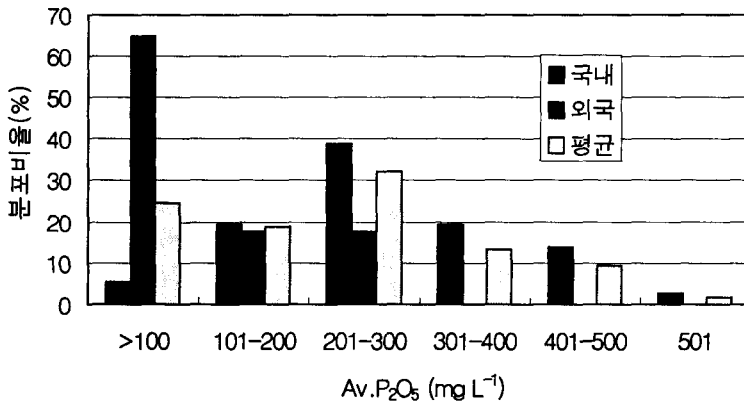


그림 22. 신 분석법에 의한 상토의 Av.P₂O₅(mg l⁻¹) 분포비율

국내산 원예용 상토 유효인산의 분포비율은 조사된 전 범위에 골고루 분포되어 있으나, 수입산은 101mg l⁻¹이하에서 대부분이 분포되어 있는 것으로 나타났는데, 국내산은 육묘 기간에 따른 유효인산함량을 다르게 조절하기 때문으로 생각되며, 외국산인 경우 비분을 첨가시키지

않는 상토가 많기 때문인 것으로 사료된다.

11. N

유럽의 질소분석방법(CEN, 1999f; CEN, 1999g)은 Kjeeldahl에 의한 분석방법을 사용하고 있으나, 우리나라의 원예용 상토 질산태 질소 분석방법을 비교하기 위하여 상토 20cc에 토양 질산태 질소 분석방법(농촌진흥청, 1988)에 사용되는 2M KCl 용액 50ml를 넣는 방법과 상토 20cc에 2M KCl 용액 100ml를 넣고 각각 30분간 진탕한 후 여과하여, 비색 측정된 결과를 그림 23에서 살펴보면 이들 분석 방법간에는 정의 상관관계가 있고, 기울기가 거의 직선과 가까웠으며, 결정계수(0.923**)가 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 질산태 질소 분석시 침출액량이 많고, 적음에 따라 분석치 간의 값이 큰 차이가 나지 않기 때문에, 원예용 상토의 새로운 질산태 질소 분석법은 풍건 원예용 상토 20cc를 100ml Δ flask에 취하고 침출액(2M-KCl) 50cc를 넣고, 30분 진탕하고 No. 2 여과지로 여과 후 여과된 여액을 희석하여 파장 540nm에서 Auto Analyzer 를 이용하여 측정한다.

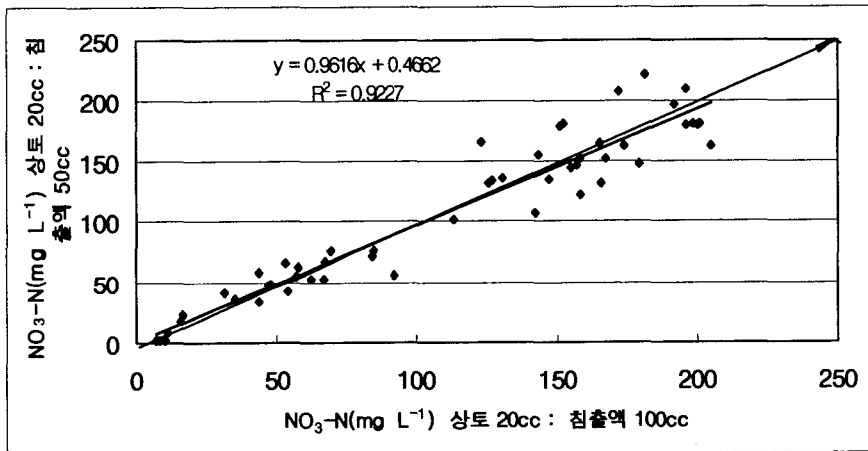


그림 23. 희석배수에 따른 NO₃-N 측정방법 비교

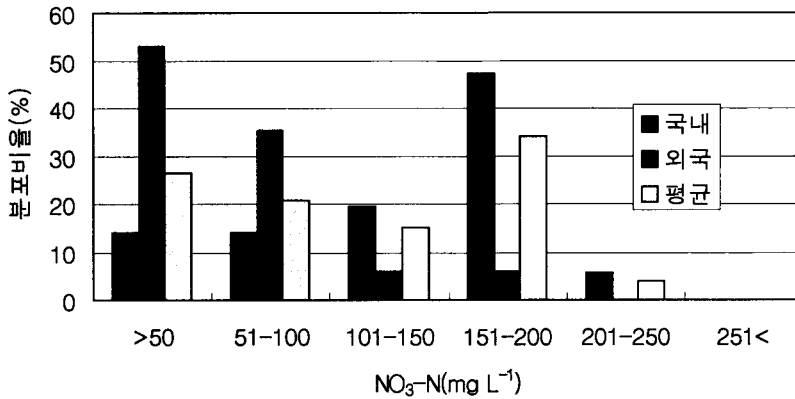


그림 24. 신 분석법에 의한 상토의 NO₃-N(mg l⁻¹) 분포비율

신분석법에 의한 우리나라 유통 상토의 질산태 질소의 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 그림 24에서 살펴보면 국내산의 질산태 질소 분포비율은 151~200mg l⁻¹>101~150>51~100=50이하>201~250mg l⁻¹ 순으로 분포되어 있고, 수입산은 50mg l⁻¹이하>51~100>101~150=151 mg l⁻¹이상 순으로 분포되어 있는 것으로 나타났다.

원예용 상토의 암모니아태 질소 분석방법을 비교하기 위하여 상토 20cc에 토양 암모니아태 질소 분석방법(농촌진흥청, 1988)중 침출액으로 사용되는 2M KCl 용액 50ml를 넣는 방법과 상토 20cc에 2M KCl 용액

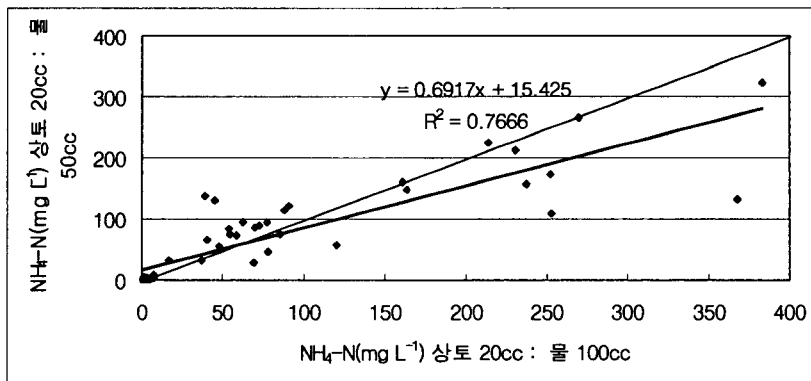


그림 25. 희석배수에 따른 NH₄-N 측정방법 비교

100ml를 넣고 각각 30분간 진탕한 후 여과하여, 비색 측정된 결과를 그림 25에서 살펴보면 이들 분석 방법간에는 정의 상관관계가 있고, 기울기는 직선과 약간 떨어졌고, 결정계수는 0.767** 으로 질산태 질소 분석법(0.923**)보다 약간 떨어졌으나, 암모니아태 질소 분석시 침출액량이 많고, 적음에 따라 분석치 간의 값이 큰 차이가 나지 않기 때문에, 원예용 상토의 새로운 암모니아태 질소 분석법(Indophenol- Blue법)은 풍건 원예용 상토 20cc를 100ml Δ flask에 취하고 2M KCl 50ml를 가하여 30분간 진탕한 후 No. 2 여과지로 여과한 후, 시험관에 표준용액과 시료액 1ml를 각각 넣고 혼합시약(I) 3ml를 넣고, 5분 후 혼합시약(II)를 5ml 가하여 잘 혼합한 후 37°C로 조절된 항온기에 넣고, 20분간 항온한 후 파장 665nm에서 비색 측정한다.

신 분석법에 의한 우리나라 유통 원예용 상토의 암모니아태 질소의 분포비율을 국내산과 수입산으로 나누어 그림 26에서 살펴보면 국내산의 분포비율은 조사된 251mg l^{-1} 이하 전 범위에서 골고루 분포되어 있거나, 수입산은 50mg l^{-1} 이하에서 대부분이 분포되어 있는 것으로 나타났는데, 이는 국내산 상토는 육묘 기간에 따른 암모니아태 질소량을 다르게 조절하기 때문으로 생각되며, 외국산인 경우 비분을 첨가

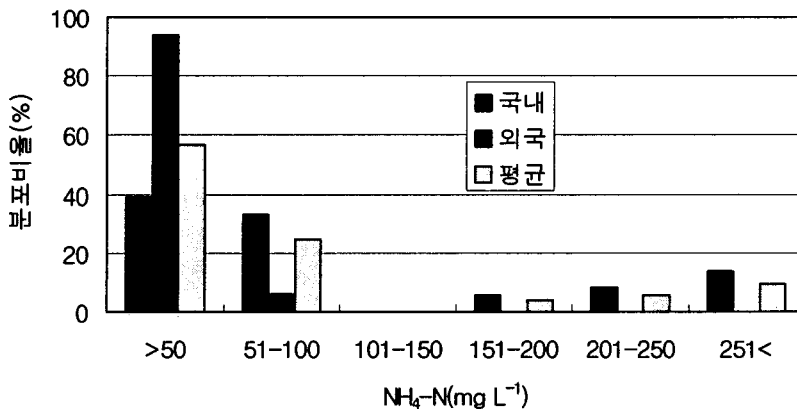


그림 26. 신 분석법에 의한 상토의 NH₄-N(mg/kg) 분포비율

시키지 않는 상토가 많기 때문인 것으로 사료된다.

신 분석법에 의한 채소 육묘용 유통 상토의 화학성분 평균함량을 살펴보면 표 13에서와 같이 pH는 6.27(5.6~6.7), EC 0.54 dS m⁻¹(0.16~1.06 dS m⁻¹), 유기물함량 48.6%(18.4~92.8%), 유효인산 219 mg l⁻¹(8~743 mg l⁻¹), 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 각각 1.67, 4.4, 1.7, 2.5 cmol⁺ l⁻¹이었고, 질산태 질소 및 암모니아태 질소함량은 각각 107, 72 mg l⁻¹인 것으로 나타났다. 또한 국내산은 수입산에 비하여 pH, EC, 유효인산, 치환성 칼륨 및 나트륨, 질산태질소, 암모니아태 질소함량은 높았으나, 유기물, 치환성 칼슘과 마그네슘함량은

표 13. 신분석법에 의한 채소 육묘용 유통 상토의 화학성분

구분	pH (1:5)	EC dS m ⁻¹	OM %	Av.P ₂ O ₅ mg l ⁻¹	K	Ca	Mg	Na	Exch.cmol ⁺ l ⁻¹	
									NO ₃ -N mg l ⁻¹	NH ₄ -N mg l ⁻¹
국내	6.31	0.64	38.0	278	2.30	4.5	1.6	3.6	134	101
수입	6.18	0.33	71.0	105	0.48	5.1	2.0	0.4	50	18
평균	6.27	0.54	48.6	219	1.67	4.4	1.7	2.5	107	72
범위	5.62~	0.16~	18.4~	8~	0.09~	1.9~	0.7~	0.1~	7~	1~
	6.73	1.06	92.8	743	4.81	9.7	3.4	8.1	205	383

낮은 것으로 나타났는데 이는 국내산은 작물의 종류나 육묘 기간에 따라서 비료분을 많이 첨가시키는 경향이고, 이에 반하여 수입산은 코코 피트나 피트모스 등의 원재료를 수입하여 육묘 공장에 판매하고 있다고 생각된다.

적 요

우리나라 유통상토에 대한 물리적 표준분석법을 설정하기 위한 연구를 실시하였다.

국내 시중에 유통되고 있는 53개 품목의 원예용 상토와 9개 품목의 수도용 상토를 대상으로 설정된 분석법을 적용하여 실험하였다.

입자밀도의 측정은 가스형 피크노메타(Micromeritics Co. Model 1305)를 사용하면 속도와 정확성 면에서 매우 유리 하였다.

용적밀도는 구미에서 Sandbox법에 의한 용적밀도를 기본으로 하기 때문에 이와 유사한 성적을 얻을 수 있는 다양한 실험을 한 결과, 추다짐법(Plunger compaction method)이 가장 유의성 있는 측정 방법으로 밝혀졌다.

한편 가스형 피크노메타법에 의한 우리나라 유통상토의 입자밀도는 원예용이 1.93, 수도용이 2.43 Mg m^{-3} 로 나타났으며, 추다짐법에 의한 용적밀도는 원예용이 0.22, 수도용이 1.01 Mg m^{-3} 로 각각 나타났다.

수분함량은 105°C 건조기에서 16시간 건조하여 수도용상토는 (최초 무게-건조 후 무게) / (건조 후 무게) × 100으로, 원예용상토는 (최초 무게 - 건조 후 무게) / (최초 무게) × 100으로 하였다.

보수력은 주로 저압용으로서 Eijkelkamp사의 Sandbox법을 사용하여 0.5, 1, 3, 5, 7, 10 kPa의 수분장력 상태의 수분함량을 조사하였다.

포화수리전도도는 직경 5cm×높이 20cm인 아크릴 원통을 이용하여 정수위별에 의한 포화수리전도도를 측정하였다.

신분석법에 의한 유통상토의 수분함량은 원예용이 평균 46.34%, 수도용이 평균 16.89%이었고 원예용 상토의 EAW는 28.4%, WBC 7.01%, OMP는 5.60 kPa로 나타났으며, 육묘를 위한 적정 수분함량은 44.41%이었고 포화수리전도도는 1.71 cm min^{-1} 이었다.

상토 평량시 무게를 비교한 결과 상토 부피를 달리하여도 고도의 유의성이 있었고, 상토 20cc의 평균무게는 4.92g(2.08~8.83g)이었다.

상토의 EC 측정시 상토:물의 비율이 1:2(v:v)와 1:5(v:v)분석치에 2.5배한 EC 값과는 고도의 정의 상관관계가 있었으며, 유럽법과 일본법(전농)과의 관계는 고도의 정의 상관관계가 있었다. 또한 새로운 분석법(v:v 1:5)으로 측정한 EC의 평균값은 국내산 0.64, 수입산 0.33 dS m^{-1} 이었다.

상토의 pH 측정시 상토:물의 비율을 1:2(v:v)와 1:5(v:v)와의 관계에서는 정의 상관관계를 보였으며, 유럽법과 일본법(전농)과의 관계도 역시 고도의 정의 상관관계가 있었고, 신 분석법에(v:v 1:5) 의한 분포비율은 국내산, 수입산모두 pH 6.1~6.5의 범위에서 가장 높았다.

유기물 분석시 상토 2.5g과 상토 5.0g관계에서도 역시 고도의 정의

상관관계가 있었으며, 신 분석법에(상토 5.0g) 의한 유기물함량은 수입산이 국내산보다 유기물함량이 높은 경향을 보였다.

유효인산 분석시 희석배수를 달리하여도 정의 상관관계가 있었으며, 신분석법(상토 20cc : 침출액 40ml)에 의한 유효인산함량의 평균값은 국내산 278, 수입산 105mg ℓ^{-1} 로 국내산이 수입산보다 유효인산 함량이 높은 경향을 보였다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 분석시 희석배수를 달리하여도 다른 화학성분과 마찬가지로 정의 상관관계를 보였으며, 신 분석법(상토 20cc:2M KCl 50ml)에 의한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 평균값은 각각 국내산 134, 101 수입산 50, 18mg/ ℓ 로 국내산이 수입산보다 모두 높은 경향을 보였다.

인 용 문 헌

- A.J. Pertuit, Jr. and A. R. Mazur. 1981. Development of growth media for poinsettias. HortScience 16(2):216~218.
- Bunt A. C. 1983. Physical properties of Mixtures of peat and minerals of different particle sizes and bulk density for potting substrates. Acta Horticulturae. 150:143~153.
- CEN(European committee for standardization). 1999a. Soil improvers and growing media-Determination of pH. CEN. prEN 13037.
- CEN(European committee for standardization). 1999b. Soil improvers and growing media-Determination of electrical conductivity. CEN. prEN 13038.
- CEN(European committee for standardization). 1999c. Soil improvers and growing media-Determination of organic matter and ash. CEN. prEN 13039.
- CEN(European committee for standardization). 1999f. Soil improvers and growing media-Determination of nitrogen. Part 1 : Modified kjeldahl method. CEN. prEN 13654-1.
- CEN(European committee for standardization). 1999g. Soil improvers and growing media-Determination of nitrogen. Part 2 : Dumas method. CEN. prEN 13654-2.
- Cho Baek-Hyun et al. 1966. Soil Science. Hyangmunsa pp 88~92.
- Crozon, J. B., and J. A. Neyroud. 1990. Etude des caracteristiques physique de quelques substrates en horticulture. Arboric Hort. 22:411~416.
- de Boodt, M. and Verdonck, O. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae. 26:37~44.
- de Boodt, M.O. Verdonck, and I. Cappaert. 1974. Method for

- measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*. 37:2054~2062. maturity. *J. Environ. Qual.* 22 : 853~857.
- European Standard prEN 13040. 1999. Soil improvers and growing media-Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density.
- European Standard prEn 13041. 1999. Soil improvers and growing media-Determination of physical properties-Dry bulk density.
- Karlovich, P. T. and W. C. Fonteno. 1986. The effect of soil moisture tension and volume moisture on the growth of *Chrysanthemum* in three container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:191~195.
- Kim Lee-Yul and Cho Hee-Kee . 2002. Development of standard analysis methods for physical properties on Korean bedsoil.
1. Particle density and Bulk density. KSSSF 35(Unpublished)
- Lee Ji-won. 2001. Improvement of horticultural bedsoil use in Korea. R.D.A..
- Michiels. P.,R. Hartmann and C. Coussens. 1993. Physical properties of peat substrates in an ebb/flood irrigation system. *Acta Horticulturae* 342:205~219.
- Micromeritics company. 1999. Model 1305 MultiVolume Pycnometer, Operator's Manual.
- National Institute of Agriculture Science & Technology. 2000. Soil and Plant Analysis Methods. R.D.A..
- Noguera, D., M. Abad and V. Noguera. 2000. Coconut coir waste, A new and viable ecologically-friendly peat substitute. *Acta Horticulturae*. 517:279~285.
- Puustjarvie, V. 1969 Peat and plant news. 1/1969. Peat Inst. Satoturfé, O. Y.

- Robert R. Milks, William C. Fonteno and Roy A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: I. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1):48~52.
- Roger Hartmann. 2001. Quality control & properties of horticultural media in Europe.
- Rural Development Administration. 2001. Analysis of Soil & Plant
- Rural Development Administration. 2001. Seminar on the establishment of bedsoil analysis method in Korea. NIAST.
- R. Wallach, F. F. da Silva and Y. Chen. 1992. Hydraulic characteristics of Tuff(Scoria) used as a container medium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(3):415-421.
- Verdonck, O. 1983. Reviewing and Evaluation of new materials used as substrates. *Acta Horticulturae* 150:467~473.
- Verdonck, O., R. Pennick and M. de Boodt. 1983. The Physical properties of different horticultural substrates. *Acta Horticulturae* 150:155~160.
- Wilson, G. C. S. 1983. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulturae* 150:19~32.
- Yossi Inbar, Yitzhak Hadar and Yona Chen 1993 Recycling of cattle manure : The composting process and characterization of maturity. *J. Environ. Qual.* 22 : 853~857.
- 米田和夫. 2000. 「農具ミックス」培養土の化学性と生育への影響. 日本大學生物 資源科学部報告書 1-13
- 農村振興廳 農業技術研究所. 土壤化学分析法. 1988.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 작물별 시비처방기준. 1999.

제 3 장 상토 품질향상을 위한 금후 추진과제

1. 원예용 상토의 품질 적정/제한 범위 연구

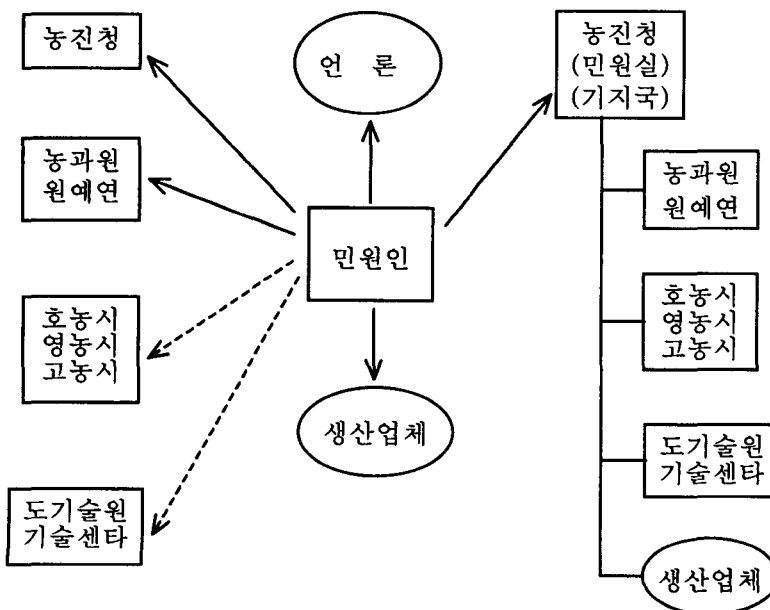
- pH, EC의 작목 및 생육단계별 적정 범위
- 재배, 보관에 따른 품질변화
- NO₃-N, NH₄-N의 환경 변이 특성과 적정비율
- 양분의 과잉/결핍 장애 유형과 특성

2. 상토의 품질 향상 연구

- 값싸고 질 좋은 원료의 지속적인 개발
- 무비상토 재배기술의 작목별 패키지화
 - 시비기술 향상 및 지도
- 각종 상토재료의 혼합비율에 따른 작물 반응
- 관개수 품질에 관한 연구
- 상토사고 발생시 민원해소 시스템의 일원화

- 현행

- 개선



3. 가칭 「상토연구회」 설치

- 구성
 - 농림부, 농협, 인삼협 등 관련기관
 - 농진청 연구원, 대학교수
 - 생산업체 대표 및 R/D 담당
- 상토품질 향상을 위한 정보 교류
- 자체 품질평가 기준 설정 및 인증
- 상토민원 중개업무 수행(생산자↔사용자)