

농업과학기술 연구조사분석기준

1. 토양 화학성

조사항목	조사 기준	방 법	단위
1. 토양시료의 채취 및 조제	한 개의 시험구내에서 20~30개소의 토양을 채취한다. 표토 토양은 작토층의 깊이에서 채취한다. 심토 토양은 작토층 아래에서 30cm 깊이까지로 한다. 토양 시료는 온도(20~25℃)와 습도(20~60%)가 유지되는 실내에서 건조한다. 풍건한 시료는 전량을 분쇄한다. 분쇄과정은 모래나 자갈이 깨어지지 않도록 고무 롤러(Roller)나 나무방망이 또는 토양분쇄기를 사용한다. 분쇄된 시료는 2mm 체를 통과시킨다. 유기물, T-N 분석 등의 시료는 2mm 체를 통과한 토양을 유발로 갈아서 0.5mm 체를 전량 통과시켜 사용한다. 체질한 시료는 균일치 않으므로 잘 혼합한다. ※ 비옥도가 균일한 토양의 경우는 5~10개소도 가능하다.	토양화학성 분석용 토양시료 조제	
2. 분석과정	한 차례의 실험에서 분석할 수 있는 점수는 20점을 넘지 않도록 한다. 한 차례의 실험에는 참조물질(분석 평균값과 불확도 값이 측정된 토양)과 Blank가 포함되어야 한다.		
3. 분석결과 확정	참조물질의 분석값이 인증범위 이내일 때 같이 실험된 토양의 분석 결과를 확정한다. (단, 2차례 이상의 실험에서는 참조물질의 분석값이 2회 연속 인증범위를 벗어나지 않으면 같이 실험된 토양의 분석결과를 확정한다.) 참조물질의 분석값이 인증범위를 벗어나면 원인을 규명한 뒤 다시 토양을 분석한다.		
4. 분석방법			
① pH	토양시료 5 g에 증류수 25 ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 pH meter로 측정한다.	초자전극법	pH
② 전기전도도 (EC)	토양시료 5 g에 증류수 25 ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 전기전도도 측정기(Electrical conductivity meter)로 측정하고 측정치에 5배하여 EC값으로 한다. pH 와 동시에 측정할 때는 pH 측정 전에 실시한다.	전극법	dS m ⁻¹
③ 산화환원 전위(Eh)	담수토양에 산화환원전위전극(복합전극 권장)을 꽂고 30분 이상 방치하여 평형에 도달하면 전위 E _{calomel} 을 측정한다. 담수토양의 pH를 같이 측정하고 측정시의 온도를 기록한다. 측정된 전위 E _{calomel} 에 온도에 따른 표준전극의 전위 E ⁰ _{calomel} 값을 더하여 Eh값으로 한다.	백금전극법	mV

조사항목	조사 기준	방 법	단위
<p>④ 유기물</p> <p>가. 습식산화법</p> <p>나. 건식연소법</p> <p>다. 중적외선 분광분석법</p>	<p>2 mm체를 통과시킨 시료를 유발에서 마쇄하여 0.5 mm 체눈을 모두 통과되도록 한다. 토양 0.1~1.0 g에 0.068 M (0.4 N) 증크롬산칼리 황산혼합 용액 10 ml를 가하여 200℃ 정도의 전열판에서 기포발생 후 정확히 5분간 반응시킨 후 식힌다. 분해액에 약 150 ml의 증류수와 5 ml의 85% H₃PO₄ 및 5~6방울의 지시약을 넣고, 0.2 M (0.2N) FeSO₄(NH₄)₂ SO₄ 용액으로 분해액을 적정한다. 분해 시 소요된 K₂Cr₂O₇의 양에 탄소의 원자량과 유기물 변환인자(1.724)를 감안한 값으로 계산한다.</p> <p>2 mm체를 통과시킨 시료를 유발에서 마쇄하여 0.5 mm 체눈을 모두 통과되도록 한다. 이미 알고 있는 표준물질을 이용하여 표준곡선을 2 point를 작성한다. 공시토양을 분석기기에 적절한 시료량을 용기에 칭량하여 자동 시료 주입기에 장착하여 총탄소 함량을 측정한다. 측정값(X, %)을 회귀식 (Y=0.8592X, X는 CN분석기 활용한 측정값, Y: 튜린법으로 환산한 값)에 대입하면 튜린법(기존 표준법, g kg⁻¹)으로 변환되므로 그대로 사용한다. 단, 화산회토양은 회귀식 (Y=0.8039X, X는 CN분석기 활용한 측정값, Y: 튜린법으로 환산한 값)에 대입하고, 석회암 토양을 분석하는 것은 제외한다.</p> <p>※ 석회암 토양은 탄산암 중 탄산칼슘을 50% 이상 함유하는 퇴적암의 총칭으로, 토양통은 구곡(KJB, KJC) , 옥계(OeB, OeC), 울곡(YLB, YLC), 문경(MIB), 평창(PbC, PbD, PbE, PcD, PcE, PbC2, PbD2), 우지(UJB,UJC), 평안(PaC, PaD, PaE), 평전(PJB, PJC, PJD, PjB, PjC, PjD) , 미탄(MtB, MtC, MtD, MtE), 마지(Mj, MjB, MjC, MjD),, 안미(Am, AmB, AmC), 영월(YKB, YKC) , 도전(DUC, DUD), 장성(JsE, JsE2, JsF, JsF2, JSE), 과림(KIE2, KIF2, KzD2, KzD3, KzE2, KzE3, KzF2)으로 흙토람에서 구분이 가능함</p> <p>* 동일필지 내에 석회암토양통과 다른 토양통이 혼재할 경우에 튜린법으로 토양유기물을 분석해야 함</p> <p>① 2mm체를 통과시킨 시료를 분쇄기(볼밀, <80mesh)을 사용하여분쇄한다. 중적외선(MIR, mid-infrared) 분광계를 활용하여 스펙트럼(2500-25000 nm)을 측정한다.</p> <p>② 측정된 스펙트럼은 모델개발 전에 전처리(Savitzky-Goly smoothing, Standard Normal Variate 등)를 수행한다.</p> <p>③ 구축된 자료를 종속변수(토양특성)과 독립변수(스펙트럼)으로 분리하고, 모델 개발과 검증을 데이터로 구분한다(예: Cross validation: 75% calibration, 25% Validation ; K-fold validation(K=10)).</p> <p>④ 모델구축을 위한 자료는 머신러닝(Cubist, PLSR, SVM,</p>	<p>Tyurin법</p> <p>CN원소분석법</p> <p>MIR soil spectroscopy법</p>	<p>g kg⁻¹</p>

조사항목	조사 기준	방 법	단위
	<p>MLB 등의 모델개발 및 검증자료를 활용하여 검증을 진행한다.</p> <p>⑤ 모델의 정확도는 R2, RMSE, Bias, Concordance 등으로 평가한다. 구축된의 정확도가 일정 수준 이상(예: R2, Concordance > 0.8)인 경우 토양분석에 활용한다.</p> <p>② ~ ⑤ 사항은 국립농업과학원에서 구축된 모델을 활용하여 분석이 가능하며, 모델 구축에 활용된 장비(Bruker MIR 장비)가 다를 시 자체 모델개발 이 필요하다. 또한 본 분석법은 비료사용 처방서 발급에 한정하여 사용 한다.</p>		
⑤ 전질소	<p>토양시료 5 g에 농황산 25 ml을 가한 후 분해촉진제 혼합분말(K₂SO₄:CuSO₄=9:1) 5 g을 가하여 400±20℃에서 4시간 분해한다.</p>		mg kg ⁻¹
가. 증류법	Zn분말 소량과 50% NaOH용액 50 ml을 가한 후 증류하여 2% Boric acid 50 ml에 포집된 NH ₄ -N을 0.005 M (0.01 N) H ₂ SO ₄ 용액으로 적정한다.	Kjeldahl법	
나. 비색법	분해된 시료를 증류수로 녹여 100 ml로 맞춘다. (pH 11 이하에서는 발색에 영향을 받기 때문에 분해액을 다시 2배 이상 희석하는 게 좋다.) 분해액 1 ml를 시험관에 취하고, phenol-sodium nitroprusside + EDTA 혼합용액 3 ml를 넣고 37℃에서 5분간 둔 뒤 phosphate + sodium hypochlorite 혼합액 5 ml를 넣고 잘 흔들어 준다. 20분간 30℃에서 항온시켜 665 nm에서 비색 정량한다.		
⑥ 암모니아성 질소	<p>현장 토양시료(습토) 10 g에 2M KCl 50 ml을 가하여 30분간 진탕한 뒤 No. 2 여지를 사용하여 여과한다.</p>		mg kg ⁻¹
가. 증류법	여과액을 MgO로 알칼리화시키고 증류한 후 2% Boric acid 50 ml에 포집된 NH ₄ -N을 0.01N H ₂ SO ₄ 용액으로 적정한다.	Kjeldahl법	
나. 비색법	전질소와 동일	Indophenol blue법	
⑦ 질 산 성 질소	<p>침출과정은 암모니아성 질소와 동일</p>		mg kg ⁻¹
가. 증류법	암모니아성 질소의 증류가 끝난 kjeldahl flask에 devar-da-alloy를 넣어 NH ₄ -N으로 전환시킨 다음 다시 증류하면서 2% boric acid 50mL에 포집된 NH ₄ -N을 0.005M(0.01N) H ₂ SO ₄ 용액으로 적정한다.	Kjeldahl 법	

조사항목	조사 기준	방 법	단위
나. 지동원소 분석법	여과액의 질산성질소를 Cd를 이용하여 아질산성질소로 환원한 뒤 sulfanil amide에 의한 diazotization 반응과 N-(1-naphthyl)-ethyl inediamine에 의한 coupling 반응을 이용하여 비색 정량한다.	Auto Analyzer 법	
⑧ 유효인산			mg kg ⁻¹
가. 비색법	토양시료 5 g에 pH 4.25의 Lancaster 침출액 20 ml을 가한 후 10분간 진탕 침출하여 No. 2번 여과지를 이용하여 여과한다. Ammonium molybdate의 청색으로 발색시켜 비색 정량한다.	Lancaster 법	
나. ICP	토양시료 5 g에 pH 4.25의 Lancaster 침출액 20 ml을 가한 후 10분간 진탕 침출하여 No. 2번 여과지를 이용하여 여과한다. 여액을 ICP로 측정한다. 이 값에 9.16을 곱한 값(X, mg kg ⁻¹)을 회귀식(Y=0.9489X는 ICP 활용한 측정값, Y: Lancaster 발색법으로 환산한 값)에 대입하면 Lancaster법 (기준 표준 분석법, mg kg ⁻¹)으로 변환되므로 그대로 사용한다.	ICP	
⑨ 인산흡수 계수	토양시료 50 g에 2.5% (NH ₄) ₂ HPO ₄ 100 ml을 가하여 24 시간 방치 후 여과한다. 여과액에 남아있는 인산을 Ammonium molybdate로 발색한 후 비색 정량한다.	인산암모늄 포화법	mg kg ⁻¹
⑩ 치환성 K, Na	토양시료 5 g에 1M CH ₃ COONH ₄ (pH 7.0) 50 ml을 가해 30분간 진탕한 후 침출한다. 염광분석기나 원자흡광분석기 또는 ICP를 사용하여 측정한다.	초산암모늄 침출법	cmol _c kg ⁻¹
⑪ 치환성 Ca, Mg	침출과정은 치환성 K, Na와 같은 방법 원자흡광분석기나 ICP를 사용하여 분석하거나 0.005 M EDTA 용액으로 적정한다.	초산암모늄 침출법	cmol _c kg ⁻¹
⑫ 양이온 치환용량 (CEC)	토양시료 5 g을 1M CH ₃ COONH ₄ (pH 7.0) 50 ml로 12시간 동안 포화시키면서 토양 교질에 NH ₄ ⁺ 을 흡착시킨다. 80~95% ethyl alcohol 50 ml로 세척하여 과잉의 NH ₄ ⁺ 을 제거한다. 토양에 흡착된 NH ₄ ⁺ 을 직접 증류하는 암모니아태 질소법으로 정량한다.	치환침출법	cmol _c kg ⁻¹
⑬ 유효유황	토양시료 5 g에 50 ml의 500 ppm P 함유 Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O 침출액으로 30분간 진탕한 후 침출한다. 침출액을 ICP로 정량하거나, 침출액에 BaCl ₂ 0.5 g을 가하여 BaSO ₄ 를	ICP법 원소분석기 BaSO ₄	mg kg ⁻¹

조사항목	조사 기준	방 법	단위
	형성시킨 후 ICP 또는 원소분석기로 측정하거나 비색 정량한다.	비탁법	
⑭ 유효규산	토양시료 5 g에 1M-CH ₃ COONa(pH 4.0) 완충 용액 50 ml을 가한 후 60℃에서 1.5시간 진탕하여 No. 6 여과지로 여과한다. 여과액 중 10 ml를 청색의 Molybdo-silicate로 발색한 후 비색 측정한다.	NaOAc 침출법	mg kg ⁻¹
⑮ 활성철	토양시료 2 g에 3 g의 Na ₂ S ₂ O ₄ 를 가하고 0.02M EDTA (pH 5.5) 100 ml을 가한 다음 70℃에서 15분간 침출하여 여과한다. 원자흡광분석기 또는 ICP를 사용하여 정량한다.	EDTA 침출법	g kg ⁻¹
⑯ 담수토양 수용성철	담수토양을 공기와 접촉하지 않은 조건하에서 누수를 채 취한다. 활성철과 동일방법으로 측정한다.		g kg ⁻¹
⑰ 유효망간	토양시료 10 g에 3 M NH ₄ H ₂ PO ₄ 100 ml을 가하여 1시간 진탕 침출한 후 여과한다. 원자흡광분석기 또는 ICP를 사용하여 측정하거나 (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ 로 발색시켜 비색 측정한다.	인산암모늄 침출법	mg kg ⁻¹
⑱ 이환원성 망간	토양시료 5 g에 50 ml의 Hydroquinone-NH ₄ OAc 용액을 넣은 후 30분간 진탕 침출하여 여과한다. 유효망간과 같은 방법으로 정량한다.	Hydroquinone 환원침출법	mg kg ⁻¹
⑲ 치 환 성 알루미늄	토양시료 10 g에 50 ml의 1 M KCl을 가하여 30분간 진탕 침출한 후 여과한다. ICP로 측정하거나 Thioglycollic acid와 Aluminon으로 발색시켜 비색 정량한다.	1M KCl 침출법	cmol _c kg ⁻¹
⑳ 유효붕소	붕소가 없는 재질의 삼각 flask에 토양 20 g과 증류수 40 ml를 가하여 전열판에서 5분간 끓인 후 원심분리하거나 여과한다. ICP를 사용하여 분석하거나 Curcumin으로 발색하여 비색 측정한다. B-free 초자기구를 사용해야 한다.	ICP법 비색법	mg kg ⁻¹
㉑ 유효아연 및 구리	토양시료 10 g에 0.1 M HCl 20 ml를 가하여 1분간 진탕 침출한 후 여과한다. 원자흡광분석기와 ICP를 사용하여 측정하거나 Dithizone 용액으로 발색시켜 비색 정량한다.	0.1M HCl 침출법	mg kg ⁻¹
㉒ 석회소요량			
가. ORD법	토양시료 1.5 g에 5 ml의 침출액(NaCl · KCl)으로 1분간 진탕 후 지시약 1~3방울을 넣은 후 석회포화액 Ca(OH) ₂ 을 0.25 ml씩 넣어가면서 반응시켜 푸른색이 될 때 까지 적정한다.	ORD	kg ha ⁻¹
나. pH 완충	토양시료 5 g에 pH 완충용액 25 ml을 넣고 30분간 진탕한 후	pH	kg ha ⁻¹

조사항목	조사 기준	방 법	단위
용액법	완충용액의 pH 변화로 계산한다.	완충용액법	

2. 토양 물리성

조사항목	조사 기준	방법	단위
1. 토양시료 채취	<p>기계 등에 의해 다져지거나 물 대진 곳을 피하여 교란의 영향이 최소인 곳을 중심으로 지점을 선정하며, 토층구분(표토, 심토)은 토양색, 경도, 토양구조 및 토성 등이 달라지는 것을 기준으로 지표면으로부터 깊이 15~30 cm에서 채취한다.</p> <p>core 시료는 core 를 토양표면에 놓고 수직방향을 유지하며 토양이 압밀되지 않게 코어의 끝부분까지 망치로 박아 채취하여 분석할 때까지 토양수분이 마르지 않도록 잘 밀봉한다.</p>		
2. 입도분석	<p>모래, 미사, 점토의 함유비율을 백분율로 나타낸 후 삼각도표법을 이용하여 토성을 구분한다.</p>	USDA법	%
가. Pipette법	<p>풍건토양 10 g을 30% H₂O₂로 유기물을 분해한 뒤 분산제를 가하여 교반기로 진탕한 다음 1 L 실린더에 넣고 눈금을 맞추고 정치시킨다. stokes법칙에 따라 깊이 10 cm에서 0.002 mm의 입자가 침강할 시간에 일정부피를 뽑아 점토함량을 정량한다.</p>	Pipette법	
나. Hydrometer법	<p>풍건토양 50 g을 분산 및 1 L 실린더 정치 후 시간별로 비중을 측정하여 비중이 측정되는 깊이에서 침강하는 최대입자의 지름과 토양함량의 그래프를 그려 점토함량을 구한다. Pipette법, Hydrometer법 모두 모래는 0.05 mm체로 습식 사별하여 분리한다. 모래의 분획은 No. 18, 35, 60, 70, 270 체 set로 건식 사별하여 분리한다.</p>	Hydrometer법	
3. 입자밀도	<p>풍건토양 20 g을 Pycnometer에 넣고 증류수를 반정도 채우고 약 5분간 끓여 공기를 뺀다. 탈기가 끝나면 실온으로 냉각시켜 증류수로 완전히 채우고 칭량하여 다음 식과 같이 계산한다. 계산시 무게는 105℃ 에서 건조한 무게로 한다.</p> $D_p = \frac{d_w(W_s - W_a)}{\{(W_s - W_a) - (W_{sw} - W_w)\}}$ <p>Dp : 입자밀도 Wa : Pycnometer 무게 Ws : Pycnometer+시료무게 Wsw : Pycnometer+시료+증류수 무게 Ww : Pycnometer+증류수 무게 dw : 측정온도에서의 물의 밀도</p>	Pycnometer법	Mg m ³

조사항목	조사기준	방법	단위
4. 용적밀도	<p>자연토양에 시료채취기로 Core시료를 채취한 후 Tape로 밀봉하여 실험실 내로 운반한다. 토양과 Core의 전중량과 105°C 에서 건조한 무게를 칭량하여 다음 식으로 계산한다.</p> <p>용적밀도 = (W-M)/V W : 시료의 전중량 V : Core용적 M : 시료 중 수분량</p>	2 또는 3 inch Core로 3반복 이상 시료 채취	Mg m ³
5. 삼상	<p>고상·액상·기상의 비율을 백분율로 나타낸다.</p> <p>고상(%) = (용적밀도/입자밀도)×100 액상(%) = 중량수분함량(%) × 용적밀도 기상(%) = 100 - (고상 + 액상) 공극률(%) = 액상(%) + 기상(%)</p>	건조법, Core법	%
6. 입단분석	<p>8 mm이상의 토괴(흙덩어리, clod)와 4 mm 이상의 자갈을 제거하고, 40~60 g을 Yoder형 진탕기의 체 한세트 (2, 1, 0.5, 0.25, 0.10 mm)위에 골고루 편다. 20-40°C 의 증류수를 넣은 진탕기 수조에서 5~10분간 침적시킨 후, 30분간 상하로 진탕시킨 다음 체 한 세트를 수조에서 끌어올려 각 체 위에 남은 토양을 105°C 에서 건조시켜 무게를 칭량한다. 각 칭량 병에 분산제를 가해 완전히 분산시켜 단립으로 만든 다음 해당 체로 다시 체별하여 단립의 무게를 구한 후 다음 식으로 계산한다.</p> <p>내수성입단(%) = $\frac{\text{입단의무게} - \text{단립의무게}}{\text{건토무게}} \times 100$</p>	습식사별법	%
7. 경도	<p>Yamanaka(山中) 경도계는 토양을 평탄하게 절단한 단면에 수직으로 원추부를 눌러 원추부의 침입깊이와 이에 대응하는 토양의 반발력이 상호변수로 측정되어 경도를 산정한다.</p> <p>관입식경도계는 원추부를 토양 중에 관입하여 깊이에 대한 관입저항을 연속으로 측정한다.</p>	Yamanaka 법 Penetro-graph법	mm kPa
8. 액성한계	<p>시료를 넣은 접시를 1 cm 높이에서 1초간 2회 비율로 25회 낙하할 때 이분한 부분의 흙이 구의 양쪽에서 약 1.5 cm 길이에 걸쳐 합류할 때의 토양수분으로 액성한계 측정기를 이용하여 측정한다.</p>	Atterberg 법	%

조사항목	조사 기준	방법	단위
9. 소성한계	<p>토괴(흙덩이, clod)를 굴려서 직경 3 mm의 가는 줄기모양으로 만들고, 이 토양이 조각조각 되는 때의 토양수분 함량으로 소성한계 측정기로 측정한다.</p> <p>소성지수 = 액성한계 - 소성한계</p>	Atterberg 법	%
10. 통기성	<p>통기성측정기(DIK-5001)를 이용하여 토양에서 공기의 이동 속도를 측정하며 다음 식과 같이 계산된다.</p> <p>$Ka = Q \cdot L / \Delta P \cdot A \cdot t$</p> <p>Ka : 통기계수</p> <p>Q : t초간 통과한 공기유량 (cm³)</p> <p>L : 토양시료길이 (cm)</p> <p>ΔP : 시료양단의 압력차 (수주 cm)</p> <p>A : 토양시료의 단면적(cm²)</p> <p>t : 측정시간(s)</p>	통기성 측정기	cm s ⁻¹

3. 토양 미생물

조사항목	조사 기준	방법	단위
1. 시료채취 및 전처리	<p>시료채취는 토양화학성 분석용 방법에 준하며 작토층의 토양을 사용한다. 채취한 토양은 2 mm 체로 선별한 후, 22℃로 조절된 배양기에서 7일간 전배양을 수행한다. 분자 미생물체량과 염기서열분석 등 DNA 기반 분석용 시료는 -80℃의 초저온냉동고에 보존하면서 실험에 사용한다.. 탈수소효소활성 분석용 시료는 음건한 후 사용한다.</p>		
2. 분자 미생물체량	<p>균질화된 토양시료 0.5g으로부터 토양미생물 용해, DNA 회수, 정제 등을 통해 토양 DNA를 추출한다. 반복으로 추출한 DNA를 혼합하여 형광분석기반으로 DNA를 정량하여 $\mu\text{g g}^{-1}$ soil으로 환산한다.</p> $\text{분자미생물체량} = \frac{\text{추출한 DNA 용액}(\mu\text{l}) \times \text{DNA 정량값}(\text{ng}/\mu\text{l})}{\text{토양무게}}$	DNA 정량법	$\mu\text{g g}^{-1}$
3. 토양탈수소 효소	<p>풍건 토양시료 6 g을 시험관에 취하고 각 시험관에 60 mg의 CaCO_3 와 3% 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride 용액 1 ml, 과 증류수 2.5 ml를 넣고 혼합한다. 37℃에서 24시간 반응시킨 후 메탄올 10 ml을 넣고 잘 혼합한 다음 100 ml volumetric flask에 탈지면으로 막은 유리깔대기를 놓고 토양현탁액을 여과한다. 솜마개로부터 적색이 없어질 때까지 10 ml씩 메탄올을 가하여 100 ml 표선에 맞춘다. 메탄올을 blank로 하여 485 nm에서 비색 정량한다.</p>	Casida 방법	$\mu\text{g} \cdot \text{TPFg}^{-1} \cdot 24\text{h}^{-1}$
4. 토양미생물 다양성 분석	<p>토양 0.5 g의 3반복으로 각각 DNA를 추출하고 혼합한 후 16S rRNA 유전자부위를 증폭한다. 증폭한 유전자의 염기서열을 분석하고 생물정보 분석을 통해 종풍부도, 다양성지수, 분류군별 비율을 계산한다.</p>	염기서열분석	

4. 토양 중금속 및 농약

조사항목	조사 기준	방 법	단위
1. Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, As	토양시료 3 g을 취하여 염산과 질산 혼합액(HCl:HNO ₃ = 3:1)으로 분해하되, 환류냉각과 흡수용기를 이용하여 가열한다. 냉각 후 침출액을 여과하여 원자흡광분석기(AA), 유도결합플라즈마발광광도계(ICP) 및 유도결합플라즈마 질량분석법(ICP/MS)로 정량한다.	왕수분해법	mg kg ⁻¹
	건토 0.5 g을 진한 질산(또는 진한 염산과 진한 질산 혼합액)으로 분해하되 마이크로파를 이용하여 밀폐된 용기에서 가열하여 용해시킨다. 냉각 후 분해액을 여과하여 원자흡광분석기(AA), 유도결합플라즈마발광광도계(ICP) 및 유도결합플라즈마 질량분석법(ICP/MS)로 정량한다.	마이크로 웨이브분해법	mg kg ⁻¹
	토양시료 10 g을 취하여 염산용액 (0.1N) 50 ml(As 1N-HCl)를 넣고 30℃를 유지하면서 1시간 진탕한 후 여과하여 원자흡광분석기(AA), 유도결합플라즈마발광광도계(ICP) 및 유도결합플라즈마 질량분석법(ICP/MS)로 정량한다.	가용성침출법	mg kg ⁻¹
2. Hg	토양시료 3 g을 취하여 염산과 질산 혼합액(HCl:HNO ₃ = 3:1)으로 분해하되, 환류냉각과 흡수용기를 이용하여 가열한다. 냉각 후 침출액을 여과하여 원자흡광분석기(AA), 유도결합플라즈마발광광도계(ICP)의 환원기화법)으로 측정하거나 수은분석기(Mercury Atomizer)로 정량한다.	왕수환류냉각 분해법 (환원기화법)	mg kg ⁻¹
3. Cr ⁶⁺ (6가 크롬)	토양시료 2.5 g을 취하여 pH 11.5 이상인 알카리 분해 용액[수산화나트륨(NaOH) + 탄산나트륨(Na ₂ CO ₃)]으로 분해 한 후 으로 시료 중에 6가 크롬을 디페닐 카바지드와 반응시켜 생성하는 적자색 착화합물의 흡광도를 540 nm에서 지외선/가시선 분광법으로 6가 크롬을 정량한다.	디페닐카바 지드법 (비색법)	mg kg ⁻¹
4. 농약	여과한 물 10~50 mL에 유기용매를 가한 후 진탕하여 추출한다. 농약이 추출된 용매를 정제용 시약으로 정제한 후 분석기기 (LC, GC 등)를 이용하여 분석한다.	LC법 GC법	mg/kg

5. 토양 수분

조사항목	조사 기준	방 법	단위
1. 토양수분 장력	토양 입자가 물을 끌어당기는 힘으로 tensiometer 또는 석고저항괴(gypsum block)를 이용하여 측정한다. Tensiometer 설치방법은 먼저 tensiometer와 같은 지름의 오거를 사용하여 측정하고자 하는 깊이까지 구멍을 판 다음, 물 약 50ml와 같은 양의 토양을 구멍에 넣어 슬러리를 만든다. 그런 다음 tensiometer를 넣고 약간 비틀어 고정시킨 후 토양과 tensiometer의 틈을 메운다. 탈기된 증류수를 tensiometer 관에 채우고 3~6시간 후 안정화되었을 때 측정한다.	텐시오미터법 석고저항괴법	kPa
2. 토양수분 함량			
가. 중량수분 함량	건조한 토양의 무게에 대한 물 무게의 비를 백분율로 나타낸 것으로 채취한 토양의 무게를 측정하고 105℃에서 18시간 이상 건조시킨 후 desicator에서 상온으로 냉각시켜서 무게를 측정하여 계산한다. $\text{중량수분함량(\%)} = \frac{(\text{습토중량} - \text{건토중량})}{\text{건토중량}} \times 100$	건조중량법	% (w/w)
나. 용적수분 함량	토양의 부피에 대한 물 부피의 비를 백분율로 나타낸 것으로 중성자 수분측정기나 고주파측정기 등으로 포장에서 직접 측정하거나 중량수분함량을 구한 후 용적밀도를 곱하여 계산한다. $\text{용적수분함량(\%)} = \frac{\text{토양수분용적}}{\text{토양총용적}} \times 100$ $= \text{중량수분함량} \times \text{용적밀도}$	중성자산란법 고주파측정법 (시간영역반사사계법, 주파수영역 계법)	% (v/v)
3. 수 분 보 유 량	일정 토양 깊이까지 보유한 물의 총량으로 일정 깊이와 그 깊이까지의 용적수분함량을 곱하여 계산한다. $\text{수분보유량} = \text{근권깊이(cm)} \times (\text{용적수분함량}/100) \times 10$		mm
4. 보수력			
가. 저(低) 장력 보 수력	수분장력 0~10 kPa 범위에서의 토양수분함량을 나타낸 것으로 토양을 물로 포화시킨 후 Sandbox를 사용하여 각 장력에 해당하는 압력으로 맞춘상태에서 초과된 수분이 모두 제거되어 평형상태에 도달하면 중량수분함량을 측정	Sandbox법 (음압평형법)	%
나. 고(高) 장력 보 수력	수분장력 10~1500 kPa 범위에서의 토양수분함량으로 토양과 압력판을 물로 포화시킨 후 pressure chamber에 각 장력에 해당하는 압력까지 서서히 증가시키면서 초과된 수분이 모두 제거되어 측정하고자 하는 수분장력과	Pressure chamber법 (가압평형법)	%

조사항목	조사 기준	방법	단위
	<p>평형상태에 도달하면 중량수분함량을 측정한다.</p> <p>※ 포장용수량 중력에 의해 자유수가 근권 밖으로 투수된 후의 토양수분 함량으로 토양에 따라 10-33 kPa의 수분장력에서 중량수분함량을 측정한다.</p> <p>※ 위조계수 작물이 시들고 말라서 회복될 수 없는 상태의 토양 내 수분함량으로 약 1500 kPa의 수분장력에서 중량수분함량을 측정한다.</p> <p>※ 유효수분율 총 유효수분량(포장용수량과 위조계수 사이의 수분량)에 대한 현재 상태에서 토양이 보유한 유효수분량의 백분율</p> $\text{유효수분율} = \frac{(\text{토양수분함량}) - (\text{위조계수})}{(\text{포장용수량}) - (\text{위조계수})} \times 100$		
5. 포화수리 전도도	<p>토양공극이 물로 포화된 상태에서의 투수속도로 4.0 mm hr⁻¹ 이상으로 물 흐름이 클 때는 수두(水頭)를 고정하고, 단위 단면적을 통과하는 물량을 측정하는 정수위법으로 평가한다. 4.0 mm hr⁻¹ 미만으로 물 흐름이 느릴 때는 수두의 수위 변화를 측정하는 변수위법으로 평가한다.</p>	정수위법, 변수위법	mm hr ⁻¹
6. 감수심	<p>논이 담수상태일 때 하루 동안에 변화하는 물의 깊이를 나타낸 것으로 측정지점과 주위로부터 물 흐름을 차단한 상태에서 측정단위 0.5 mm의 hookgauge를 무저 원통 내에 부착하여 물 깊이 변화를 측정한다.</p> <p>감수심 = 지하침투량 + 증발산량 + 측면이동량</p>	원통수위법	mm day ⁻¹
7. 침투속도	<p>일정한 시간동안 지표면을 통해 토양으로 물이 흡수되는 속도로 이단원통 침투수계나 원판형 침투수계를 이용하여 측정한다.</p>	이단원통 · 원판형 침투수계	mm hr ⁻¹
8. 관개속도	<p>단위면적에 단위시간당 공급되는 물량으로 일반적인 단위는 mmhr⁻¹이며 점적관개의 경우 점적기당 관개속도를 Lhr⁻¹의 단위로 나타낸다.</p> $\text{관개속도} = \frac{\text{관개량}(m^3)}{\text{관개면적}(m^2)} \times \frac{1}{\text{관개시간}(hr)}$	유량계법	mm hr ⁻¹
9. 관개효율	<p>공급된 물량에 대한 근권에서 실제 이용할 수 있는 증가된 물량의 비율</p> $= \frac{\text{관개량} - (\text{지표유거량} + \text{지하침투량} + \text{공중휘산량})}{\text{관개량}}$ $= \frac{\text{근권 토양수분 증가량}(mm)}{\text{관개량}(mm)} \times 100$		%

조사항목	조사 기준	방법	단위
10. 잠재 증발산량 (ETp)	표준 잔디식생이 있는 조건에서 토양수분의 제한을 받지 않는 상태에서의 증발산량을 말하며 표준 잔디식생에서 토양의 수분보유량 변화를 측정하여 실측하거나 일사량, 기온, 상대습도, 풍속 등의 기상요인을 이용하여 추정한다.	Lysimeter법 (실측법) Penman-Monteith법 (추정법)	mm
11. 증발산량 (ETa)	토양 지표면에서 증발과 식물의 증산작용에 의한 토양 내의 수분 손실량을 말하며 근권의 토양수분 함량 변화를 측정하여 계산한다.	토양수분함량 측정	mm
12. 작물계수	잠재증발산량에 대한 작물의 최대증발산량의 비로 생육 단계에 따라 달라지기 때문에 생육단계를 고려하여 작물 계수를 평가한다. $\text{작물 계수} = \frac{\text{최대증발산량}}{\text{잠재증발산량}}$		

6. 농업용수 수질

항목	조사기준	방법	단위
1. 수소이온농도 (pH)	pH meter를 이용, 측정하고자 하는 물 중에 pH 전극을 직접 담근 상태에서 시간이 경과한 다음 수치를 읽는다.	직접 측정법	

항목	조사기준	방법	단위
2. 용존산소 (DO)	DO 전극을 이용, 측정하고자 하는 물중에 용존산소 전극을 직접 담근 상태에서 시간이 경과한 다음 수치를 읽는다.	직 접 측정법	mg L ⁻¹
3. 전기전도도 (EC)	EC 전극을 이용, 측정하고자 하는 물중에 EC 전극을 직접 담근 상태에서 시간이 경과한 다음 수치를 읽는다.	직 접 측정법	dS m ⁻¹
4. 화학적 산소요구량 (COD _{Mn})	일정 과량의 과망간산칼륨을 넣고 100℃ 수조상에서 30분간 가열반응 후 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정한다.	과망간산 칼륨법	mg L ⁻¹
5. 총 유기탄소량 (TOC)	물속에 존재하는 총 유기탄소를 측정하기 위하여 시료 적당량을 산화성 촉매로 충전된 고온의 연소기에 넣은 후에 연소를 통해서 물 중의 유기탄소를 이산화탄소 (CO ₂)로 산화시켜 정량하는 방법이다. 정량방법은 무기성 탄소를 사전에 제거하여 측정하거나, 무기성 탄소를 측정 한 후 총 탄소에서 감하여 총 유기탄소의 양을 구한다.	고온연소 산화법	mg L ⁻¹
6. 부유물질 (SS)	유리섬유여과지(GF/C)를 부착한 여과기에 시료를 여과 시킨 후 여과지를 105~110℃ 건조기에서 2시간 건조시켜 방냉한 후 여과 전후의 여과지 무게차를 부유물질의 양으로 한다.	유리섬유 여과지법	mg L ⁻¹
7. 염소 이온 (Cl ⁻)	이온크로마토그래피에 음이온 분석 컬럼을 장착하여 염 소 이온을 분리시켜 분석한다. 염소이온 농도를 함유하는 시료에 치오시안산 제2수은법을 첨가하여 비색 정량하여 구한다.	이온크로 마토그래피 치오시안산 제2수은법	mg L ⁻¹
8. 황산 이온 (SO ₄ ²⁻)	이온크로마토그래피로 분석하고자 하는 물을 이온교환 컬 럼에 고압으로 전개시켜 분리되는 황산이온을 분석한다. 황산이온 농도를 함유하는 시료에 염화바륨을 첨가하여 황산바륨에 의한 백탁액을 생성시켜 구한다.	이온크로 마토그래피 비탁법	mg L ⁻¹
9. 총 질소 (T-N)	시료에 알칼리성 과황산칼륨을 넣고 120℃의 오토클레 이브에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시 킨 다음 산성에서 비색 정량하여 구한다.	흡광광도법	mg L ⁻¹

항목	조사기준	방법	단위
10. 질산태질소 (NO ₃ -N)	이온크로마토그래피로 분석하고자 하는 물을 이온교환 컬럼에 고압으로 전개시켜 분리되는 질산성이온을 분석한다.	이온크로마토그래피	mg L ⁻¹
	지하수나 착색되지 않은 시료에 적용하는 방법으로 염산으로 산성화하여 아질산염을 은폐시키고 자외선파장에서 비색 정량하여 구한다.	자외선 흡광광도법	
11. 암모늄태 질소 (NH ₄ -N)	암모늄 이온과 치아염소산 이온의 공존 하에 페놀과 반응하여 생성하는 인도페놀의 청색을 비색 정량하여 구한다.	인도페놀법	mg L ⁻¹
12. 총인 (T-P)	시료 중에 포함되어 있는 무기 혹은 유기 인 화합물의 총량으로 분해를 통해 인산염 인(PO ₄ ³⁻) 형태로 변환시킨 다음, 인산염을 아스코르빈산환원 흡광광도법으로 정량하여 구한다.	아스코르빈산환원법	mg L ⁻¹
13. Ca, K, Mg, Na	시료를 여과(0.45 μm)한 후 유도결합플라즈마 분광광도계(ICP-OES) 및 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS)를 이용하여 분석한다.	ICP법 ICP-MS법	mg L ⁻¹
14. As, Cd, Pb	고순도 시약을 사용하여 유기물 등을 분해시킬 수 있는 전처리를 한 후 유도결합플라즈마 분광광도계(ICP-OES) 및 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS)를 이용하여 분석한다.	ICP법 ICP-MS법	mg L ⁻¹
15. 농약	여과한 물 10~50 mL에 유기용매를 가한 후 진탕하여 추출한다. 농약이 추출된 용매를 정제용 시약으로 정제한 후 분석기기 (LC, GC 등)를 이용하여 분석한다.	LC법 GC법	mg L ⁻¹

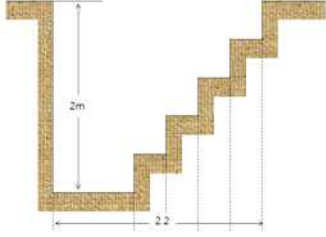
항목	조사기준	방법	단위
16. 대장균군	<p>대장균군의 집락수가 20개 ~ 80개/100mL가 되도록 희석한 농업용수 100 mL를 0.45 μm 여과막에 여과시킨 후 여과막을 m-Endo LES고체평판배지(Membrane Endo's Lawrence Experimental Station Agar)에 기포가 생기지 않도록 올려놓는다. 이후 35±0.5℃에서 24시간 배양하고 금속성 광택을 띠는 적색이나 진한적색 계통의 집락을 계수한다.</p> <p>* 대장균군/100mL = 생성된 집락수/여과한 시료량(mL)*100</p> <p>원액, 10배, 100배를 희석한 농업용수를 각 농도별로 100ml 취하여 용기에 붓고 효소발색시약을 가한다. 이후 다중웰에 넣고 37℃에서 18~24시간 배양 한 다음 노란색을 띠는 웰 수를 계수 한 후 환산표를 이용하여 균수를 환산한다.</p>	막여과법 효소이용정량법	CFU/ ml MPN /100 ml
17. 대장균	<p>농업과학기술 연구조사분석기준 대장균군-막여과법에서 금속성 적색이나 진한적색 계통의 집락이 형성된 여과막을 무균적으로 NA-MUG(Nutrient Agar with MUG) 배지에 기포가 생기지 않도록 올려놓는다. 이후 35±0.5℃에서 4시간 배양한 후 UV(366nm)상에서 형광을 나타내는 붉은색 금속성 집락을 계수한다.</p> <p>* 대장균/100mL = 양성 집락수/여과한 시료량(mL)*100</p> <p>원액, 10배, 100배를 희석한 농업용수를 각 농도별로 100ml 취하여 용기에 붓고 효소발색시약을 가한다. 이후 다중웰에 넣고 37℃에서 18~24시간 배양 한 다음 365nm 자외선에 노출시킨다. 형광을 띠는 웰 수를 계수 한 후 환산표를 이용하여 균수를 환산한다.</p> <p>* 주의 : 다중웰은 자외선 조사시 형광을 띠지 않는 것을 사용할 것</p>	막여과법 효소이용정량법	MPN /100 ml MPN /100 ml

7. 식물체 중 질소 및 인

조사항목	조사 기준	방법	단위
1. 분해방법	<p>① H₂SO₄-HClO₄법 식물체 분해방법은 40mesh 정도로 분쇄된 건조시료 0.5 g를 분해용 삼각플라스크에 칭량하여 conc. H₂SO₄ 1ml와 50% HClO₄ 용액 10ml를 가한다. 열판에 놓고 처음에는 낮은 온도에서 가열한 후 점차 온도를 높인다. (분해온도는 310~410℃가 알맞음) 분해가 끝나면 냉각시켜 No. 6 여지를 사용하여 100ml 메스플라스크에 여과하고, 그 여액으로 T-N, P 정량에 사용한다.</p> <p>② HNO₃-H₂SO₄법 식물체 분해방법은 40mesh 정도로 분쇄된 건조시료 2 g을 분해용 삼각플라스크에 20ml HNO₃-H₂SO₄(1:1) 용액을 가한 다음, 분해대에 NO₂의 붉은 가스가 모두 날아갈 때까지는 서서히 낮은 온도로 가열하다가 차츰 고온으로 약 1시간 분해를 계속하여 맑은 분해액을 얻는다. 식힌 다음 2~3ml의 conc. HCl을 가하고 물 약 50ml를 붓고 약간 가열한다. 잠시 후 식혀서 No. 6 여지를 사용하여 여과하고 여액을 250ml로 되게 맞춘다.</p>	습식분해법	
2. T-N	분해액 10~20 ml를 취하여 Kjeldahl flask에 넣고, NaOH 용액 10 ml를 가하여 액성을 알카리화하여 증류한다. 수기의 내용물을 0.01N-H ₂ SO ₄ 로 적정하며 분홍색이 나타나는 점을 종말점으로 한다.	Kjeldahl법	g kg ⁻¹
	분해된 시료를 증류수로 녹여 100 ml로 맞춘다. (pH 11 이하에서는 발색에 영향을 받기 때문에 분해액을 다시 2배 이상 희석하는 게 좋다.) 분해액 1 ml를 시험관에 취하고 phenol-sodium nitroprusside - EDTA 혼합용액 3 ml를 넣고 37℃에서 5분간 둔 뒤 phosphate - sodium hypochlorite 혼합액 5 ml를 넣고 잘 흔들어 준다. 20분간 30℃에서 항온시켜 665 nm에서 비색 정량한다.	Indophenol blue법	g kg ⁻¹
3. P	분해액 10ml를 메스플라스크에 취하고 Ammonium meta vanadate 용액을 가하여 혼합한 후 30℃ 항온기에 15분정도 반응시켜 발색시킨 후 470 nm에서 흡광도를 측정한다. $P_2O_5 = \text{측정치} \times \text{희석배수} \times 2.29$	Vanadate법	g kg ⁻¹

8. 토양 조사

조사항목	조사 기준	방법	단위
------	-------	----	----

<p>토양단면 조사 및 일반 조사</p>	<p>토양단면을 만들 때 토양생성인자를 고려하여 될 수 있는 한 대표적인 장소를 선정해야 한다. 일반적으로 깊이를 2m를 기준으로 하지만(그림) 만일 모암이 나타날 경우 모암까지의 깊이로 하며, 육안관찰에 의해 다음과 같이 조사한다.</p> 		
<p>1. 층위명</p>	<p>O층 : 토양 표토에 쌓인 유기물층 A층 : 표층 E층 : 회백색의 심한 용탈층(용탈층) B층 : 심층(집적층) C층 : 기층(모재층) R층 : 견고한 암반</p>	<p>USDA 토양조사편람</p>	
<p>2. 유효토심</p>	<p>1. 매우 얇음 : 0~25 cm 2. 얇음 : 25~50 cm 3. 보통 : 50~100 cm 4. 깊음 : 100~150 cm 5. 매우 깊음 : 150 cm 이상</p>	<p>USDA 토양조사편람</p>	
<p>3. 층위 두께</p>	<p>1. 매우 얇음 : 0~10 cm 2. 얇음 : 10~20 cm 3. 보통 : 20~30 cm 4. 두꺼움 : 30~50 cm 5. 매우 두꺼움 : 50 cm 이상</p>	<p>USDA 토양조사편람</p>	
<p>4. 층위 경계</p>	<p>1. 매우 확연 : 경계의 폭이 0.5 cm 미만 2. 확연 : 경계의 폭이 0.5~2 cm 3. 명확 : 경계의 폭이 2~5 cm 4. 점변 : 경계의 폭이 5~15 cm 5. 불명확 : 경계의 폭이 15 cm 이상</p>	<p>USDA 토양조사편람</p>	
<p>5. 토색</p>	<p>색상, 명도, 채도의 조합 1. 색상 : R, Y, G, B, P, YR, GY, BG, PB, RP 등 10개 × 4개 (2.5, 5, 7.5, 10) = 40색상 2. 명도 : 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8 3. 채도 : 1, 2, 3, 4, 6, 8</p>	<p>USDA 토양조사편람 (문셀 Color chart)</p>	

<p>6. 반문</p>	<p>합 량 1. 적음 : 2 % 미만 2. 있음 : 2~20 % 3. 많음 : 20 % 이상</p> <p>크 기 1. 작음 : 2 mm 미만 2. 보통 : 2~5 mm 3. 큼 : 5~20 mm 4. 매우 큼 : 20~76 mm 5. 극히 큼 : 76 mm 이상</p>	<p>USDA 토양조사 편람</p>	
<p>7. 토성</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사토 : 손에 흙이 묻지 않고, 건조시 손가락 사이로 쉽게 빠짐 2. 양질사토 : 반습시 겨우 덩이지나 아주 쉽게 부서지고, 손에 미사와 세사 등이 약간 묻음 3. 사양토 : 반습때 비비면 까칠 까칠한 모래를 느낌. 뭉쳐지나 잘 부서지며, 엄지와 인지로 눌러도 지문을 볼 수 없고 둥근 구슬모양의 흙덩이가 형성이 안됨 4. 양토 : 부비면 모래끼를 느끼나 덩이가 잘 부서지지 않고 지문이 약간 생김. 토봉이 만들어지나 쉽게 파괴 됨. 누르면 용적감소가 큼 5. 미사질양토 : 모래끼 없이 밀가루나 시멘트가루 만지는 기분이며, 습할때도 점착성이 없음. 토봉은 만들어지나 양토보다 더 잘 부서짐 6. 미사토 : 모래끼 없이 밀가루나 세멘트가루 만지는 기분이며 습할 때도 점착성이 없음 7. 사질식양토 : 모래끼가 많으나 점착성도 있음. 3~5cm 정도의 토봉이 만들어짐. 지문은 볼 수 없음 8. 식양토 : 모래끼가 있고 점착성과 가소성이 있음. 확실한 지문을 볼수 있고, 3~6cm 토봉이 됨. 손가락에 많이 달라붙고 저항성이 있음 9. 미사질식양토 : 모래끼는 거의 없고 점착성이 큼. 토봉이 비교적 잘 만들어짐 	<p>촉감법</p>	
<p>7. 토성</p>	<ol style="list-style-type: none"> 10. 사질식토 : 모래끼가 약간 있고 점착성이 큼. 5~8cm의 토봉이 만들어 짐. 확실한 지문을 볼 수 있음 11. 미사질식토 : 점착성이 매우 큼. 마르면 손가락 끝에 팔고물 같은 미사를 볼 수 있음. 토봉이 잘 만들어짐 12. 식토 : 점착성이 매우 큼. 만질 때 저항성을 많이 느끼고 미끄러움. 6~10cm로 가늘고 긴 둥근 구슬모양의 흙덩이가 형성이 만들어 짐 	<p>촉감법</p>	

8. 토성속	사질 : 모래>70%, 미사+점토×2<30% 사양질 : 미사+점토×2≥30%, 점토<18%, 모래≥15% 미사사양질 : 점토<18%, 모래≥15% 식양질 : 18≤점토<35%, 모래≥15% 미사식양질 : 18≤점토<35%, 모래<15% 식질 : 점토≥35% * 단 매우 가는 모래(극세사)는 미사에 합할 때도 있음	축감법	
9. 토양구조	판상, 각주상, 원주상, 각괴상, 반각괴상, 입상, 췌기(Wedge)상 구조 등으로 구분	USDA 토양조사편람	
10. 견지성 가. 점착성 나. 가소성	모지(엄지)와 인지로 눌러 흠이 달라 붙는 정도로 결정 1. 전혀 없음 2. 약함 3. 보통 4. 강함 모지(엄지)와 인지에 흠을 넣어 흠이 봉상으로 되는 상태를 결정 1. 전혀 없음 2. 약함 3. 보통 4. 강함	USDA 토양조사 편람	
11. 토양분류	Soil Taxonomy 분류기준에 따라 토양목(Order), 아목(Suborder), 대군(Great group), 아군(Subgroup), 속(Family), 통(Series)로 분류	Soil Taxonomy 분류기준	
12. 모 압	화성암 : 용암이 식어서 굳어진 암석 퇴적암 : 암석의 풍화물이 퇴적하여 굳어진 암석 변성암 : 화성암과 퇴적암이 고온, 고압 하에서 변성 작용을 받아 새로운 암석으로 된 것	USDA 토양조사 편람	
13. 지 형	하해혼성평탄지, 하성평탄지, 홍적대지, 곡간지, 선상지, 산록경사지, 구릉지, 산악지, 용암류대지 등으로 구분	USDA 토양조사편람	
14. 경 사	A : 0-2 % (<1°9') B : 2-7 % (<1°9'~4°) C : 7-15 % (<4°~8°32') D : 15-30 % (8°32'~16°42') E : 30-60 % (16°42'~31°) F : 60-100 % (31°~45°)	USDA 토양조사 편람 경사도계 사용	
15. 토양침식	1등급 : 표토가 25 % 미만 침식 2등급 : 표토가 25~75 % 침식 3등급 : 표토가 75 % 이상 침식 4등급 : 협곡침식이 생겨 복잡한 지형을 가진 토양	USDA 토양조사 편람	

16. 배수등급	<ol style="list-style-type: none"> 1. 매우 양호 : 회색반문이 없는 토양 사토 및 산악지 토양 (유거 또는 투수가 매우 빠른 토양) 2. 양호 : 회색반문이 없는 토양. 주로 밭토양 3. 약간 양호 : 회색 반문이 약간 있음 (50%미만인 토양) 4. 약간 불량 : 주 토색은 회색이며 갈, 황 및 적색의 반문이 약간 있음 5. 불량 : 지하수위가 높은 회색토 6. 매우 불량 : 지하수위가 매우 높은 회색 및 청회색 토양 	USDA 토양조사 편람	
17. 자갈함량	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자갈이 없음 : 0~15 % 2. 자갈이 있음 : 15~35 % 3. 자갈이 많음 : 35~90 % 	USDA 토양조사 편람	
18. 식물뿌리 가. 크기 나. 뿌리 양	<ol style="list-style-type: none"> 1. 매우 가는 뿌리 : 1 mm 미만 2. 가는 뿌리 : 1~2 mm 3. 보통 : 2~5 mm 4. 굵은 뿌리 : 5~10 mm 5. 매우 굵은 뿌리 : 10 mm 이상 <ol style="list-style-type: none"> 1. 매우 적음 : 0.2 % 미만 2. 적음 : 0.2~1 % 3. 있음 : 1~5 % 4. 많음 : 5 % 이상 	USDA 토양조사 편람	
19. 공극 가. 크기 나. 공극량	<ol style="list-style-type: none"> 1. 매우 작음 : 1 mm 미만 2. 작음 : 1 mm 이상 ~ 2 mm 미만 3. 보통 : 2 mm 이상 ~ 5 mm 미만 4. 큼 : 5 mm 이상 ~ 10 mm 미만 5. 매우 큼 : 10 mm 이상 <ol style="list-style-type: none"> 1. 적음 : 1 % 미만 2. 있음 : 1~5 % 3. 많음 : 5 % 이상 	USDA 토양조사 편람	