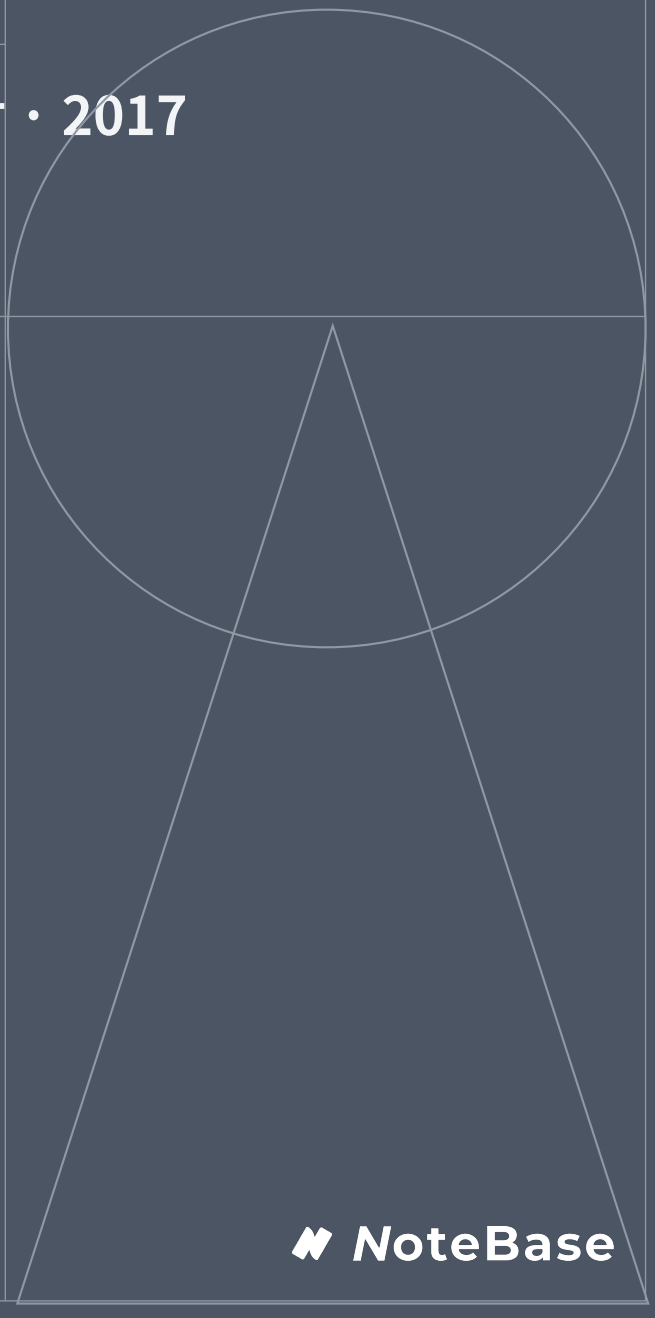
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2017

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2017

문 1. 탄질률(C/N)이 30 이상인 유기물을 토양에 가하는 경우, 일어나는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 미생물 증식이 지속적으로 증가한다.

② 질소의 부동화가 일어난다.

③ 일시적 질소기아 현상이 일어난다.

④ 유기물의 분해가 느리게 진행된다.

정답 1번

출제 포인트

탄질률(C/N율)이 높은 유기물을 토양에 넣었을 때 미생물 활동과 질소 동태가 어떻게 변하는지를 묻는다. 미생물은 유기물을 분해하며 자신의 몸체를 만드는 데 탄소뿐 아니라 질소도 함께 필요로 하므로, 유기물 속 질소량이 부족하면 미생물 자신도 증식에 제한을 받는다는 점이 이 문제의 핵심이다.

핵심 개념

탄질률(C/N율)은 유기물 속 탄소량을 질소량으로 나눈 값이다. 토양 미생물이 정상적으로 증식하려면 대체로 탄질률이 20~25 정도 이하인 유기물이 필요하다. 탄질률이 30을 넘는 유기물(볏짚, 보릿짚 등)을 토양에 넣으면 미생물은 부족한 질소를 유기물 자체의 질소만으로 충당하지 못해, 토양 속에 있던 무기태 질소(암모늄태·질산태 질소)까지 끌어다 쓰게 된다. 이렇게 미생물이 무기태 질소를 자신의 몸속 유기태 질소로 흡수해 버리는 현상을 질소의 부동화(고정화)라 한다. 그 결과 작물이 이용할 수 있는 유효 질소가 일시적으로 줄어드는 질소기아(질소 기근) 현상이 나타난다. 또한 미생물이 부족한 질소를 확보하는 데 시간이 걸리므로 유기물 분해 자체도 더디게 진행된다. 시간이 흘러 분해가 진행되면서 탄질률이 점차 낮아지면, 그제야 부동화되었던 질소가 다시 무기화되어 방출되고 미생물 증식도 안정된 수준에 이른다. 즉 탄질률이 높은 초기 단계에서는 미생물 증식이 질소 부족으로 제한되는 것이지, 계속해서 증가하는 것이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① 미생물 증식이 지속적으로 증가한다. (X) → 탄질률이 30 이상으로 높으면 미생물이 이용할 질소가 부족해져 오히려 미생물 증식이 질소 부족으로 제한된다. "지속적으로 증가한다"는 표현은 실제 현상과 반대이므로 옳지 않은 설명이다.
② 질소의 부동화가 일어난다. (O) → 미생물이 부족한 질소를 보충하기 위해 토양 속 무기태 질소를 흡수해 자신의 몸체(유기태)로 전환시키므로 질소 부동화가 일어난다.
③ 일시적 질소기아 현상이 일어난다. (O) → 무기태 질소가 미생물에 의해 부동화되면서 작물이 쓸 수 있는 유효 질소가 일시적으로 부족해지는 질소기아 현상이 나타난다.
④ 유기물의 분해가 느리게 진행된다. (O) → 질소가 부족한 상태에서는 미생물의 대사와 증식 속도가 제한되므로, 결과적으로 유기물 분해 속도도 느려진다.

오답 포인트

이 문제는 "옳지 않은 것"을 고르는 문제인데, 탄질률이 높으면 미생물 활동이 활발해질 것이라고 단순하게 생각하면 ①을 옳은 설명으로 착각하기 쉽다. 그러나 미생물 증식에는 탄소뿐 아니라 질소도 필수적이므로, 질소가 부족한 상황에서는 오히려 미생물 증식이 제한된다는 점을 놓치지 않아야 한다. 부동화·질소기아·분해 지연은 모두 하나의 흐름(질소 부족 → 미생물의 무기태 질소 흡수 → 작물의 질소 부족 → 분해 지연)으로 연결되어 있으므로 서로 별개의 현상으로 암기하기보다 인과 관계로 이해하는 것이 도움이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄질률이 높은 유기물(예: 볏짚)과 관련된 문제가 나오면 먼저 "질소가 부족한 상태"라는 점을 떠올린다. 이후 부동화(무기태→유기태로 흡수), 질소기아(작물이 쓸 질소 부족), 분해 지연(질소 부족으로 미생물 대사 제한)이 함께 나타난다는 흐름을 적용하면 대부분의 선지 판단이 가능하다. 반대로 미생물 증식이 활발해지거나 빨라진다는 선지는 탄질률이 낮은(질소가 풍부한) 유기물의 경우에 해당하므로, 탄질률이 높은 상황에서 그런 선지가 나오면 옳지 않은 설명일 가능성이 크다.

암기 포인트

탄질률 30 이상(질소 부족) → 부동화, 질소기아, 분해 지연, 미생물 증식은 오히려 제한. 탄질률이 낮아야(질소가 충분해야) 미생물 증식과 분해가 활발해진다.

NoteBase

문 2. 다음의 시설재배지 염류집적을 경감하는 관리방안에서 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 윤작
ㄴ. 심토반전
ㄷ. 심근성 작물 재배
ㄹ. 작물잔재 투입

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄴ, ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

시설재배지(비닐하우스 등)는 강우에 의한 자연 세척이 없고 관수와 시비가 반복되면서 토양 표층에 염류가 집적되기 쉽다. 이 문제는 염류집적을 경감하기 위해 실제로 사용되는 토양 관리방안 네 가지(윤작, 심토반전, 심근성 작물 재배, 작물잔재 투입)가 모두 타당한 방법인지를 판단하는 개념비교형 문항이다.

핵심 개념

시설재배지 염류집적 경감 방안은 크게 두 가지 방향으로 나뉜다. 하나는 염류가 쌓인 토양을 물리적으로 바꾸어 희석·이동시키는 방법이고, 다른 하나는 작물이나 유기물의 힘을 빌려 염류를 흡수·완화시키는 방법이다. 윤작=작물을 바꾸어 재배함으로써 특정 양분·염류의 편중된 집적과 특정 병해충·염류장해의 누적을 줄이는 방법이다. 심토반전=표층의 염류가 집적된 흙과 하층의 염류가 적은 흙을 뒤바꾸어 표층 염농도를 낮추는 방법이다. 심근성 작물 재배=뿌리가 깊게 뻗는 작물을 심어 하층에 남아 있는 양분과 염류까지 흡수하게 함으로써 표층 집적을 완화하는 방법이다. 작물잔재 투입=유기물(작물잔재)을 넣어 토양의 입단화와 완충능·투수성을 높여 염류가 하층으로 씻겨 내려가기 쉬운 물리성으로 개선하는 방법이다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. 윤작 → O. 작물을 돌려짓기하면 양분·염류 흡수 패턴이 달라져 특정 성분의 편중된 집적을 줄일 수 있어 염류집적 경감 방안으로 타당하다.
ㄴ. 심토반전 → O. 염류가 적은 하층 토양을 표층으로 뒤집어 올리면 표층의 염류 농도가 낮아지므로 타당한 방법이다.
ㄷ. 심근성 작물 재배 → O. 뿌리가 깊은 작물은 하층에 남은 염류와 양분까지 흡수하여 표층에 염류가 쌓이는 것을 완화하므로 타당한 방법이다.
ㄹ. 작물잔재 투입 → O. 유기물을 투입하면 토양 물리성이 개선되어 관수 시 염류가 하층으로 용탈되기 쉬워지므로 타당한 방법이다.
네 가지 모두 실제 염류집적 경감에 활용되는 방안이므로 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ이 모두 옳다.

오답 포인트

①·②·③처럼 일부만 고르는 오답은 심토반전이나 작물잔재 투입을 '염류집적과 무관한 방법'으로 잘못 판단하거나, 심근성 작물 재배를 단순한 재배기술로만 보고 염류 관리와 연결짓지 못할 때 나온다. 네 항목 모두 표층 염류를 낮추거나 재분배·용탈시키는 공통된 목적을 가진다는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

시설재배지 염류집적 방안 문제는 각 항목이 '표층 염류 농도를 낮추는 데 기여하는가'라는 한 가지 기준으로 통일해서 판단한다. 물리적으로 흙을 뒤섞거나(심토반전) 물리성을 개선하는 방법(작물잔재 투입)과, 작물의 흡수 특성을 이용하는 방법(윤작, 심근성 작물 재배)을 함께 묶어 이해하면 헷갈리지 않는다.

암기 포인트

염류집적 경감 4대 방안: 윤작·심토반전·심근성 작물 재배·작물잔재 투입 — 네 가지 모두 옳은 방안으로 통째로 기억해 둔다.

NoteBase

문 3. 토양 중 미량원소의 가용성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 염기성 토양에서 철, 망간, 붕소의 결핍이 발생한다.

② 철, 망간, 구리는 환원형보다 산화형일 때 용해도가 낮다.

③ 미량원소의 불용성 킬레이트 형성은 식물 유효도를 높인다.

④ 담수 토양에서 철, 망간, 구리의 식물 유효도가 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문항은 토양 미량원소(철, 망간, 구리, 붕소 등)의 가용성이 토양의 산화환원 상태, 산도(pH), 그리고 킬레이트 형성 여부에 따라 어떻게 달라지는지를 묻는다. 미량원소는 대부분 양이온 형태로 존재하며, 산화형과 환원형 사이의 전환, 그리고 유기물·금속이온과 결합한 킬레이트 상태가 용해도와 식물 유효도를 좌우한다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

철, 망간, 구리, 아연 등 양이온성 미량원소는 산화형(고원자가)일 때 불용성 산화물·수산화물을 형성해 용해도가 낮아지고, 환원형(저원자가)일 때 용해도가 높아진다. 담수(물에 잠긴, 환원) 상태의 토양에서는 산소가 부족해 철·망간·구리 등이 환원되어 용해도와 식물 유효도가 오히려 증가한다. 반대로 염기성(알칼리성) 토양에서는 철, 망간, 아연, 구리, 붕소 등 대부분의 미량원소가 불용성 화합물로 침전되어 결핍이 발생하기 쉽다. 킬레이트는 금속이온이 유기 리간드와 결합한 형태로, 수용성 킬레이트는 금속이온을 토양 용액에 붙잡아 두어 식물이 흡수할 수 있는 형태로 유지시켜 유효도를 높이지만, 불용성 킬레이트는 금속이온을 침전시켜 식물이 이용할 수 없게 만들므로 오히려 유효도를 낮춘다.

선지별 해설

① O - 염기성(알칼리성) 토양에서는 pH가 높아짐에 따라 철, 망간, 붕소를 비롯한 미량원소들이 불용성 수산화물이나 탄산염 형태로 침전되기 쉬워 결핍이 흔히 발생한다.
② O - 철, 망간, 구리는 산화형(고원자가 상태)일 때 불용성 산화물을 형성해 환원형(저원자가 상태)보다 용해도가 낮다. 즉 환원 조건에서 용해도가 높아진다.
③ X - 불용성 킬레이트가 형성되면 미량원소 양이온이 침전되어 토양 용액 중 유효 농도가 낮아지므로 식물 유효도는 오히려 감소한다. '불용성 킬레이트 형성이 유효도를 높인다'는 설명은 틀린 표현이며, 옳은 표현은 '불용성 킬레이트 형성은 식물 유효도를 낮춘다(반대로 수용성 킬레이트 형성이 유효도를 높인다)'이다.
④ O - 담수(물에 잠긴) 토양은 산소 공급이 차단되어 환원 조건이 형성되고, 이에 따라 철, 망간, 구리가 환원형으로 전환되어 용해도와 식물 유효도가 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

②와 ④를 헷갈리기 쉬운데, 두 선지 모두 '환원 조건에서 미량원소 용해도가 높아진다'는 동일한 원리를 서로 다른 방식으로 옳게 설명하고 있어 정답이 될 수 없다. 함정은 ③으로, '킬레이트 형성'이라는 단어만 보고 무조건 유효도를 높인다고 판단하기 쉬우나, 킬레이트의 용해성(수용성인지 불용성인지)에 따라 결과가 반대로 나타난다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

미량원소 관련 문항에서는 먼저 '산화형 vs 환원형'과 '수용성 vs 불용성'이라는 두 축을 구분해서 접근한다. 산화형·불용성 쪽은 용해도와 유효도가 낮아지는 방향, 환원형·수용성 쪽은 용해도와 유효도가 높아지는 방향으로 정리하면 선지 판단이 쉬워진다. '킬레이트 형성'이라는 표현이 나오면 반드시 그 킬레이트가 수용성인지 불용성인지를 확인한 뒤 유효도 증가·감소를 판단한다.

암기 포인트

염기성 토양 → 미량원소(철, 망간, 붕소 등) 결핍. 산화형 → 용해도 낮음, 환원형 → 용해도 높음. 담수(환원) 토양 → 철, 망간, 구리 유효도 증가. 수용성 킬레이트 → 유효도 증가, 불용성 킬레이트 → 유효도 감소.

NoteBase

문 4. 우리나라 토양 생성의 특징으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 강원도와 충북의 일부 지역에는 석회암지대가 분포한다.
ㄴ. 산림지 잔적토와 하천변 충적토는 토양생성연대가 짧다.
ㄷ. 국토의 $\frac{2}{3}$가 화강암, 화강편마암을 모재로 하는 산성 토양이다.
ㄹ. 강우로 인한 침식작용으로 구릉지 토양이 많고 염기가 용탈된 토양이다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄴ, ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

우리나라 토양이 어떤 모재와 지형·기후 조건 아래에서 생성되었는지를 지역 분포, 생성연대, 모재 비율, 침식·용탈 특성 네 측면에서 종합적으로 알고 있는지를 묻는다. ㄱ~ㄹ 네 진술이 모두 옳은지를 각각 따져 조합을 고르는 형태이다.

핵심 개념

우리나라는 국토의 약 3분의 2가 화강암·화강편마암을 모재로 하며, 이 암석들은 규산 성분이 많고 염기 성분(Ca, Mg, K 등)이 적어 여기서 유래한 토양은 대체로 산성을 띤다. 국토가 대부분 구릉지·산지로 이루어져 있고 여름철에 강우가 집중되므로 침식이 활발하며, 이 과정에서 염기가 씻겨 내려가는 용탈 작용이 강하게 일어난다. 지형에 따라 산림지의 잔적토(모암 자리에서 그대로 풍화된 토양)와 하천변의 충적토(하천 퇴적물로 이루어진 토양)는 형성된 지 오래되지 않아 토양생성연대가 짧고 토양 단면 분화도 미숙하다. 한편 강원도 및 충청북도 일부(단양, 영월, 삼척 등)에는 고생대 조선누층군에 속하는 석회암층이 넓게 분포하여 석회암지대를 이룬다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. 강원도와 충북의 일부 지역(단양·영월·삼척 등)에는 고생대 석회암층이 넓게 분포해 석회암지대를 이룬다. O
ㄴ. 산림지 잔적토와 하천변 충적토는 모재가 제자리에서 풍화되거나 최근에 퇴적된 지 오래되지 않은 토양이어서 토양생성연대가 짧고 층위 분화가 뚜렷하지 않다. O
ㄷ. 국토의 약 3분의 2가 화강암·화강편마암을 모재로 하며, 이 모재는 염기 함량이 낮아 여기서 생성된 토양은 대체로 산성을 띤다. O
ㄹ. 국토 대부분이 구릉지·산지이고 여름철 집중호우로 침식작용이 활발하여 구릉지 토양이 많으며, 이 과정에서 염기가 용탈되어 산성화가 진행된 토양이 많다. O
네 진술이 모두 옳으므로 정답은 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ을 모두 고른 ④번이다.

오답 포인트

①, ②, ③번은 옳은 진술 중 일부를 제외해 만든 오답으로, ㄱ~ㄹ 중 하나라도 틀렸다고 잘못 판단하면 고르게 되는 조합이다. 특히 ㄷ의 '국토의 2/3가 화강암·화강편마암 모재'라는 수치와 ㄱ의 석회암지대 분포 지역(강원·충북)을 낯설게 느껴 소거하기 쉬운데, 이는 우리나라 토양생성론에서 반복 출제되는 기본 사실이므로 정확히 기억해 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

우리나라 토양 특징을 묻는 ㄱㄴㄷㄹ형 문제는 모재(화강암·화강편마암 비율과 산성 경향), 지역별 특수 암석대(강원·충북의 석회암지대), 지형·기후에 따른 침식·용탈 경향, 잔적토·충적토의 생성연대라는 네 축으로 정리해 두면 어떤 조합으로 나와도 빠르게 옳고 그름을 판별할 수 있다.

암기 포인트

화강암·화강편마암 모재 약 2/3 → 산성 토양, 강원·충북 일부 → 석회암지대, 구릉지·집중호우 → 침식·염기 용탈, 잔적토·충적토 → 생성연대 짧음.

NoteBase

문 5. 안정적인 토양 입단 형성이 가장 불리한 경우는?

① 부식 함량이 높고, 토양 용액 중 Ca^{2+} 농도가 높다.

② 부식 함량이 낮고, 토양 용액 중 Ca^{2+} 농도가 높다.

③ 부식 함량이 높고, 토양 용액 중 Na^{+} 농도가 높다.

④ 부식 함량이 낮고, 토양 용액 중 Na^{+} 농도가 높다.

정답 4번

출제 포인트

토양 입단(단립) 형성에 유리한 조건과 불리한 조건을 구분할 수 있는지를 묻는다. 입단 형성은 부식(유기물)과 다가양이온이 점토 입자를 서로 결합시키는 작용이 핵심이며, 반대로 1가 양이온인 나트륨(Na+)이 많으면 입단이 파괴되고 분산된다는 점을 이해해야 한다.

핵심 개념

부식(유기물)은 점토 입자 표면과 결합해 접착제 역할을 하여 입단 형성을 촉진한다. 칼슘(Ca2+)과 같은 2가 양이온은 점토 입자 사이에 양이온 다리(cation bridge)를 형성해 입자들을 서로 뭉치게(응집) 만들어 입단 형성에 유리하다. 반면 나트륨(Na+)과 같은 1가 양이온은 점토 입자 표면의 확산이중층을 두껍게 만들어 입자 사이의 반발력을 키우고 점토를 분산시키므로, 나트륨 농도가 높은 토양(나트륨성 토양)은 입단이 잘 형성되지 않고 오히려 파괴된다. 따라서 안정적인 입단 형성에 가장 불리한 조건은 응집을 돕는 부식이 적고 분산을 일으키는 나트륨 농도가 높은 경우이다.

선지별 해설

① 부식 함량이 높고 Ca2+ 농도가 높다 → X. 부식과 칼슘 모두 입단 형성을 촉진하는 조건이므로 입단 형성에 가장 유리한 경우이다.
② 부식 함량이 낮고 Ca2+ 농도가 높다 → X. 부식은 적어 접착 작용이 약하지만 칼슘에 의한 응집 작용은 여전히 작동하므로 ④보다는 유리하다.
③ 부식 함량이 높고 Na+ 농도가 높다 → X. 부식에 의한 응집 작용이 있어 나트륨의 분산 작용을 어느 정도 상쇄하므로 ④보다는 상대적으로 유리하다.
④ 부식 함량이 낮고 Na+ 농도가 높다 → O. 입단을 응집시키는 부식은 적고, 점토를 분산시키는 나트륨은 많아 입단이 파괴되기 가장 쉬운 조건이다.

오답 포인트

칼슘(Ca2+)과 나트륨(Na+)의 역할을 반대로 착각하면 오답을 고르기 쉽다. 2가 양이온인 칼슘은 입단을 응집시키고, 1가 양이온인 나트륨은 입단을 분산시킨다는 방향을 정확히 기억해야 한다. 또한 부식 함량이 높으면 어떤 양이온 조건이든 입단 형성에 유리하게 작용한다는 점도 함께 고려해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선지에서 부식 함량의 고저와 함께 제시되는 양이온의 종류(Ca2+ 계열인지 Na+ 계열인지)를 먼저 확인한다. 부식이 낮고 나트륨이 높은 조합이 입단 형성에 가장 불리하며, 부식이 높고 칼슘이 높은 조합이 가장 유리하다는 두 극단을 기준으로 나머지 선지의 상대적 유불리를 판단한다.

암기 포인트

부식·칼슘(2가 양이온)은 입단을 뭉치게 하고, 나트륨(1가 양이온)은 입단을 흩어지게 한다. '부식·Ca 응집, Na 분산'으로 기억해 둔다.

NoteBase

문 6. 산성조건에서 표토의 토양교질이 순양전하(Net positive charge)를 나타낼 수 있는 토양 목(Order)에 가장 부합하는 것은?

① Mollisols
② Oxisols
③ Vertisols
④ Alfisols

정답 2번

출제 포인트

토양교질의 전하 성질은 영구전하(permanent charge)와 가변전하(variable charge)로 나뉜다. 2:1형 점토광물(운모류, 스멕타이트 등)에서 유래하는 영구전하는 동형치환에 의해 pH와 무관하게 항상 음전하를 띠지만, Fe·Al 산화물·수산화물(가변전하 교질)의 표면전하는 pH에 따라 부호가 바뀐다. 이 문제는 산성(낮은 pH) 조건에서 표토가 순양전하를 나타낼 수 있는 토양 목을 고르는 것으로, 어떤 토양 목이 가변전하 교질(Fe·Al 산화물)을 주된 점토 구성으로 가지는지를 아는 것이 핵심이다.

핵심 개념

가변전하 교질의 표면(주로 Fe·Al 산화물의 하이드록실기)은 용액의 pH가 영전위점(PZC, point of zero charge)보다 낮으면 수소이온을 흡착하여 양전하(-M-OH2+)를 띠고, PZC보다 높으면 수소이온을 잃어 음전하(-M-O−)를 띤다. Fe·Al 산화물의 PZC는 대체로 pH 7~9 부근으로 비교적 높기 때문에, 토양이 산성(pH가 PZC보다 낮음)이면 순양전하를 나타낼 수 있다. 반면 2:1형 점토광물이 우세한 토양은 동형치환에 의한 영구 음전하가 지배적이어서 pH가 낮아져도 순양전하로 바뀌지 않는다. Oxisols는 고도의 풍화를 거쳐 규산염 점토가 대부분 소실되고 침철석·적철석·깁사이트 등 Fe·Al 산화물이 점토 구성의 대부분을 차지하는 토양 목으로, 열대·아열대의 강한 탈규산화(desilication) 과정을 거쳐 형성된다. 따라서 Oxisols의 표토는 산성 조건에서 순양전하를 나타낼 수 있는 대표적인 토양 목이다.

선지별 해설

① Mollisols: 유기물이 풍부하고 2:1형 점토광물(스멕타이트, 운모류)이 우세한 비옥한 토양으로, 영구 음전하가 지배적이어서 산성이 되어도 순양전하를 나타내지 않는다. X
② Oxisols: Fe·Al 산화물(가변전하 교질)이 점토의 대부분을 차지하는 고도 풍화토로, PZC가 높은 산화물 표면 특성상 산성 조건에서 순양전하를 나타낼 수 있다. O
③ Vertisols: 팽창성이 큰 2:1형 스멕타이트 점토가 우세하여 영구 음전하가 지배적이므로 산성에서도 순양전하로 전환되지 않는다. X
④ Alfisols: 규산염 점토(주로 일라이트·버미큘라이트 등 2:1형)가 B층에 집적된 토양으로 영구 음전하가 우세해 순양전하를 나타내지 않는다. X

NoteBase

오답 포인트

①③④는 모두 규산염 점토광물(2:1형 또는 그와 유사한 층상규산염)이 우세한 토양 목으로, 동형치환에 의한 영구 음전하가 지배적이어서 pH가 낮아져도 순양전하로 바뀌지 않는다는 공통점을 놓치기 쉽다. 순양전하는 규산염 점토가 거의 없고 Fe·Al 산화물만 남은 극도로 풍화된 토양에서만 가능하다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

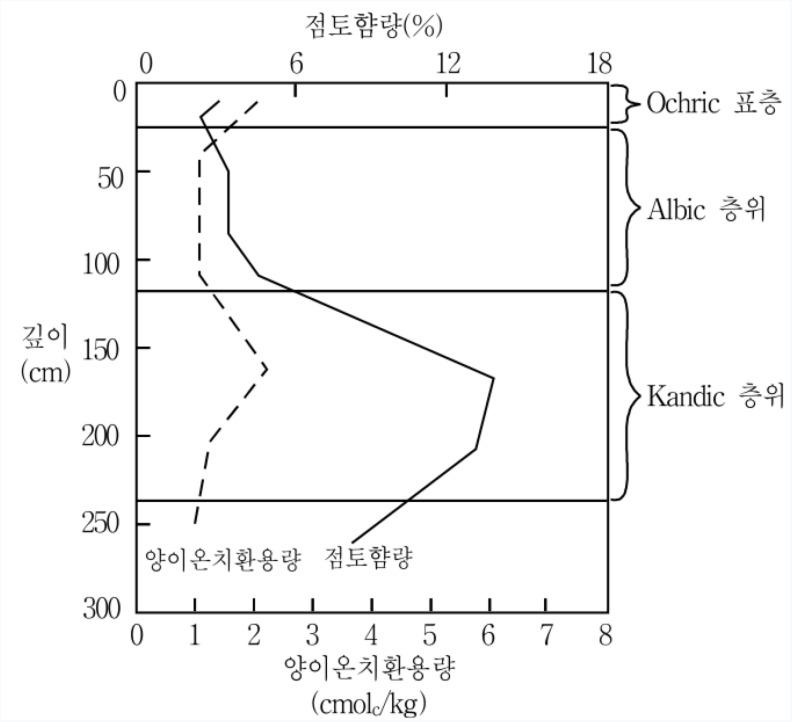
'산성 조건에서 순양전하(또는 음이온교환능력 우세)'라는 조건이 나오면 곧바로 Fe·Al 산화물이 우세한 고풍화토, 즉 Oxisols(또는 Ultisols의 심토와 같이 산화물이 우세한 층)를 떠올린다. 반대로 2:1형 점토광물이 우세한 토양 목(Mollisols, Vertisols, Alfisols, Mollisols 등)이 선지에 나오면 영구 음전하가 지배적이라는 점에서 바로 제외한다.

암기 포인트

영구전하=2:1형 점토(동형치환, pH 무관, 항상 음전하) / 가변전하=Fe·Al 산화물(pH 의존, 산성이면 양전하 가능). Oxisols=산화물 우세=산성에서 순양전하 가능한 대표 토양 목으로 정리해 둔다.

NoteBase

문 7. 그림은 토양단면에서 나타나는 감식층위의 사례이다. 이에 대한 다음 설명 중 옳은 것만을 모두 고른 것은?



ㄱ. Ochric 표층은 두께가 얇고, Mollic 또는 Umbric 층위보다 유기물 함량이 낮은 표층이다.

ㄴ. Kandic 층위는 점토피막(clay skin)이 있고, Fe, Al 산화물이 집적되어 양이온치환용량이 높은 층위이다.

ㄷ. Kandic 층위에서 양이온치환용량이 증가한 이유는 상부 층위에서 용탈된 점토의 집적에서 기인한다.

ㄹ. Ochric 표층의 양이온치환용량이 Albic 층위보다 큰 이유는 Albic 층위보다 유기물 함량이 많기 때문이다.

① ㄴ, ㄷ

② ㄷ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄹ

④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

토양단면의 깊이별 점토함량과 양이온치환용량(CEC) 곡선을 Ochric·Albic·Kandic 세 감식층위와 연결지어 각 층위의 생성 원인과 특징을 옳게 짚어내는지 묻는 문항이다. 특히 Kandic 층위가 '점토는 많지만 활성이 낮은 점토(저활성 점토)로 이루어져 있다'는 점을 정확히 아는지가 ㄴ과 ㄷ을 가르는 핵심이다.

NoteBase

자료 읽는 순서

먼저 깊이축을 기준으로 Ochric 표층(0~약25cm), Albic 층위(약25~110cm), Kandic 층위(약110~250cm) 구간을 구분한다. 다음으로 각 구간에서 점토함량(실선)과 양이온치환용량(점선)이 어떻게 변하는지를 본다. Ochric 표층에서는 두 값 모두 비교적 높게 시작하고, Albic 층위에서는 두 값 모두 뚜렷이 낮아지며, Kandic 층위에서는 점토함량이 크게 늘고 양이온치환용량도 함께 완만히 늘어나는 흐름을 확인한다.

선지별 해설

ㄱ. O — Ochric 표층은 층 두께가 얇고 색이 옅으며 유기물 함량이 낮아, Mollic이나 Umbric 표층이 되기 위한 유기물·두께 기준을 충족하지 못하는 표층이다. 그래프에서도 Ochric 구간의 두께가 세 층위 중 가장 얇게 나타난다.

ㄴ. X — Kandic 층위에 점토피막이 있고 Fe, Al 산화물이 집적된다는 서술 자체는 맞지만, 이 층위가 '양이온치환용량이 높은 층위'라는 결론은 틀렸다. Kandic 층위는 카올린광물·산화물 위주의 저활성 점토(점토 단위당 CEC가 낮은 점토)로 이루어져 있어, 점토함량은 많아도 점토 대비 양이온치환용량은 낮게 유지되는 것이 이 층위의 진단 특징이다. 틀린 표현 → 올바른 표현: '양이온치환용량이 높은 층위이다' → '점토 활성이 낮아 점토량에 비해 양이온치환용량은 낮게 유지되는 층위이다'.

ㄷ. O — 그래프에서 Kandic 층위의 양이온치환용량(점선)이 완만히 늘어나는 구간은 실선(점토함량)이 크게 늘어나는 구간과 겹친다. 이는 상부 Ochric·Albic 층위에서 씻겨 내려온(용탈된) 점토가 Kandic 층위에 집적되면서, 점토 자체가 지닌 만큼의 양이온치환용량이 더해져 해당 층위 전체의 양이온치환용량이 함께 늘어난 것으로 해석된다.

ㄹ. O — Albic 층위는 최대 용탈대로 점토와 유기물이 모두 씻겨 내려가 양이온치환용량이 가장 낮게 나타나는 반면, Ochric 표층은 비록 Mollic·Umbric보다는 유기물 함량이 낮지만 지표에 가까워 Albic 층위보다는 유기물이 더 남아 있다. 유기물은 단위 무게당 양이온치환용량이 커서, 이 차이가 Ochric 표층의 양이온치환용량이 Albic 층위보다 높게 나타나는 이유가 된다.

오답 포인트

①(ㄴ,ㄷ)과 ③(ㄱ,ㄴ,ㄹ)은 모두 ㄴ을 옳다고 판단한 경우로, '점토피막·Fe·Al 산화물 집적 = 높은 CEC'라는 직관적이지만 잘못된 연결에서 비롯된다. Kandic 층위는 오히려 저활성 점토가 특징이므로 점토가 많다고 CEC가 높다고 단정하면 안 된다. ②(ㄷ,ㄹ)는 ㄱ을 놓친 경우로, Ochric 표층이 얇고 유기물 함량이 낮다는 정의 자체를 옳지 않다고 오판하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

감식층위(진단층위) 문제에서 '점토가 많다 = CEC가 높다'는 등식은 항상 성립하지 않는다는 점을 먼저 떠올린다. 점토의 종류(활성 점토인지 저활성 점토인지)에 따라 같은 점토함량이라도 CEC가 크게 달라지므로, Kandic 층위처럼 저활성 점토가 진단 기준인 층위는 '점토 많음'과 'CEC 높음'을 분리해서 판단한다. 반대로 Ochric·Albic처럼 유기물 함량 차이가 CEC 차이를 설명하는 경우에는 유기물의 CEC 기여를 근거로 삼는다.

NoteBase

암기 포인트

Ochric 표층: 얇고 색 옅음, Mollic·Umbric보다 유기물 적음. Albic 층위: 점토·유기물 모두 최대 용탈, CEC 최저. Kandic 층위: 점토피막·Fe·Al 산화물 집적, 점토함량은 높지만 저활성 점토라 점토 단위당 CEC는 낮음. 표층 CEC 차이의 주된 원인은 유기물 함량, 심토(Kandic) CEC 증가의 주된 원인은 집적된 점토의 양 자체이다.

NoteBase

문 8. 다음 수분 특성의 토양에서 중력수, 모세관수, 유효수분 함량을 순서대로 바르게 나열한 것은?

수분 특성 인자	용적수분함량(%, v/v)
포화상태	50
포장용수량	40
위조점	10
흡습계수	5

① 5%, 35%, 30%

② 10%, 35%, 30%

③ 5%, 30%, 35%

④ 10%, 30%, 35%

정답 2번

출제 포인트

토양 수분 상수(포화상태, 포장용수량, 위조점, 흡습계수)의 용적수분함량 값을 이용해 중력수·모세관수·유효수분 함량을 각각 계산할 수 있는지 묻는 문제이다. 각 수분 형태가 어느 두 수분 상수 사이의 차이로 정의되는지를 정확히 구분해야 한다.

조건 정리

포화상태(포화용수량) = 50%, 포장용수량 = 40%, 위조점 = 10%, 흡습계수 = 5%. 중력수는 포화상태에서 포장용수량을 뺀 부분, 모세관수는 포장용수량에서 흡습계수를 뺀 부분, 유효수분은 포장용수량에서 위조점을 뺀 부분으로 정의된다.

사용할 공식

중력수(%) = 포화상태 − 포장용수량

모세관수(%) = 포장용수량 − 흡습계수

유효수분(%) = 포장용수량 − 위조점

NoteBase

계산 과정

중력수 = 50% − 40% = 10%
중력수는 포화 상태의 토양에서 중력에 의해 대공극으로부터 빠져나가는 물로, 포장용수량에 도달하면 배수가 멈춘다. 따라서 포화상태와 포장용수량의 차이가 중력수량이 된다.

모세관수 = 40% − 5% = 35%
모세관수는 토양 입자 사이의 모세관력에 의해 유지되는 물 전체를 가리키며, 포장용수량 이하의 물 중 흡습계수보다 강하게 결합된 흡습수를 제외한 나머지가 모두 모세관수에 해당한다. 즉 포장용수량에서 흡습계수를 뺀 값이다.

유효수분 = 40% − 10% = 30%
유효수분은 식물이 실제로 흡수하여 이용할 수 있는 물로, 포장용수량과 위조점 사이의 물이다. 위조점보다 적은 물은 식물이 흡수하지 못하므로 유효수분에서 제외된다.

따라서 순서대로 나열하면 중력수 10%, 모세관수 35%, 유효수분 30%이다.

선지 판단

① 5%, 35%, 30% → X: 중력수를 5%로 계산했는데, 이는 위조점과 흡습계수의 차이(10%−5%)를 잘못 대입한 값이다. 중력수는 포화상태−포장용수량인 10%가 되어야 한다.
② 10%, 35%, 30% → O: 중력수 10%(=50%−40%), 모세관수 35%(=40%−5%), 유효수분 30%(=40%−10%)로 세 값 모두 정확히 계산된다.
③ 5%, 30%, 35% → X: 중력수를 잘못된 차이값 5%로 계산했고, 모세관수와 유효수분의 값도 서로 뒤바뀌어 있다.
④ 10%, 30%, 35% → X: 중력수 10%는 맞지만, 모세관수와 유효수분의 값이 서로 뒤바뀌었다. 모세관수는 35%(포장용수량−흡습계수), 유효수분은 30%(포장용수량−위조점)이어야 한다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 모세관수와 유효수분을 혼동하는 것이다. 유효수분은 포장용수량에서 위조점을 뺀 값(식물이 실제로 쓸 수 있는 물)이고, 모세관수는 포장용수량에서 흡습계수를 뺀 값(모세관력으로 붙잡힌 물 전체, 식물이 못 쓰는 부분까지 포함)이다. 두 값을 서로 바꿔 계산하면 ④번처럼 30%와 35%가 뒤바뀐 오답이 나온다. 또한 중력수를 계산할 때 포화상태가 아닌 다른 값에서 포장용수량을 빼면 ①·③번과 같이 잘못된 5%가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

표에 포화상태·포장용수량·위조점·흡습계수 네 값이 주어지면, 인접한 두 값의 차이로 각 수분 형태를 구하는 문제임을 먼저 파악한다. 큰 값에서 작은 값을 빼되, 어느 두 항목의 차이인지(포화−포장, 포장−흡습, 포장−위조)를 헷갈리지 않도록 정의를 먼저 적어 놓고 대입한다.

NoteBase

암기 포인트

중력수 = 포화상태 − 포장용수량(중력으로 빠지는 물).
모세관수 = 포장용수량 − 흡습계수(모세관력 전체가 붙잡은 물).
유효수분 = 포장용수량 − 위조점(식물이 실제로 쓰는 물).
크기 순서는 통상 모세관수 > 유효수분 > 중력수이며, 모세관수는 유효수분보다 항상 크다(흡습계수가 위조점보다 작기 때문).

NoteBase

문 9. 토양침식(수식)의 발생 및 영향에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 토양침식은 입단의 안정성이 클수록 감소한다.

② 협곡침식보다 면상침식과 세류침식에 의해 일어난다.

③ 토양침식은 강우의 토양침투율이 클수록 증가한다.

④ 초생대 설치는 유거수 속도를 줄여 토양침식을 저감한다.

정답 3번

출제 포인트

수식 토양침식(물에 의한 침식)이 언제 심해지고 언제 줄어드는지, 그 발생 원인과 저감 방법을 얼마나 정확히 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 특히 강우의 토양침투율과 침식량의 관계를 반대로 알고 있으면 틀리기 쉽다.

핵심 개념

토양침식은 빗물이 토양 표면을 따라 흘러내리는 유거수(runoff)가 흙 입자를 떼어내고 이동시키면서 발생한다. 따라서 빗물이 토양 속으로 잘 스며들수록(침투율이 클수록) 지표를 흐르는 유거수의 양이 줄어들어 침식은 오히려 감소한다. 반대로 침투율이 낮으면 빗물이 땅속으로 들어가지 못하고 지표면 위로 흘러 유거수량이 늘어나므로 침식이 심해진다. 즉 토양침투율과 토양침식량은 반비례 관계에 있다. 침식의 형태는 발생 순서와 규모에 따라 면상침식(전면이 얇게 깎이는 침식) → 세류침식(작은 물길이 생기는 침식) → 협곡침식(깊고 큰 도랑이 생기는 침식)으로 진행되는데, 실제 농경지에서 일어나는 수식의 대부분은 초기 단계인 면상침식과 세류침식이며 협곡침식은 상대적으로 드물게 나타난다. 또한 토양 입단(떼알)의 안정성이 클수록 빗방울 충격이나 물의 흐름에 흙 알갱이가 쉽게 분산·이탈되지 않으므로 침식이 줄어들고, 풀을 심어 만든 초생대는 지표를 흐르는 유거수의 속도를 늦춰 흙을 붙잡아 두는 효과가 있어 침식 저감에 이용된다.

선지별 해설

① 옳은 설명이다. 입단의 안정성이 클수록 흙 입자가 물의 힘에 의해 잘 떨어져 나가지 않으므로 토양침식은 감소한다.

② 옳은 설명이다. 실제 발생하는 수식의 대부분은 협곡침식보다 초기 단계인 면상침식과 세류침식에 의해 일어난다.

③ 옳지 않은 설명이다. → 토양의 침투율이 클수록 빗물이 땅속으로 스며들어 지표를 흐르는 유거수량이 줄어들므로 토양침식은 오히려 감소한다. '침투율이 클수록 증가한다'는 진술은 침투율과 유거수·침식의 관계를 반대로 서술한 것이다.

④ 옳은 설명이다. 초생대는 지표면 유거수의 흐름 속도를 줄여 흙 입자의 이탈과 이동을 막아 침식을 저감시킨다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제는 '침투율이 클수록 침식이 증가한다'는 얼핏 그럴듯해 보이는 문장에 속기 쉽다. 침투율과 유거수량은 반비례, 유거수량과 침식량은 비례 관계라는 두 단계 관계를 한 번에 연결하지 못하면 방향을 거꾸로 판단하게 된다. 또한 '침식 종류별 발생 빈도'(면상·세류침식이 협곡침식보다 흔함)와 '침식을 줄이는 요인'(입단 안정성, 초생대)을 침식을 늘리는 요인과 혼동하지 않도록 각 선지의 인과 방향을 하나씩 짚어 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '침투율이 클수록 침식이 증가/감소한다'는 형태가 나오면, 먼저 침투율↑ → 유거수량↓ 관계를 떠올리고, 이어서 유거수량↓ → 침식↓ 관계로 연결해 최종적으로 '침투율이 클수록 침식은 감소한다'는 결론을 확인한다. 침식 저감 요인(입단 안정성, 초생대, 피복작물 등)과 침식 촉진 요인(나지, 급경사, 강한 강우강도, 낮은 침투율)을 짝지어 정리해 두면 유사 문제에서 방향을 헷갈리지 않는다.

암기 포인트

침투율↑ → 유거수↓ → 침식↓ (반비례)로 기억해 둔다. 수식의 진행 순서는 면상침식 → 세류침식 → 협곡침식이며, 실제 발생 빈도는 면상·세류침식이 협곡침식보다 훨씬 많다. 침식 저감 요인으로는 입단 안정성 증가, 초생대·피복작물 설치, 등고선경작 등이 있다.

NoteBase

문 10. 다음 중 유기오염물질의 지하수 오염 가능성을 증가시키는 특성만을 모두 고른 것은?

ㄱ. 물 용해도가 크다.
ㄴ. 토양 흡착계수가 크다.
ㄷ. 증기압이 크다.
ㄹ. 생분해도가 크다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

유기오염물질의 물리화학적 특성(용해도, 흡착계수, 증기압, 생분해도)이 지하수 오염 가능성에 어떤 방향으로 영향을 주는지를 구분하는 문제이다. 지하수까지 도달해 오염을 일으키려면 물에 잘 녹아 이동성이 크고, 토양에 붙잡히지 않으며, 대기 중으로 날아가지 않고, 쉽게 분해되지 않아야 한다는 조건을 함께 따져야 한다.

핵심 개념

물 용해도가 크면 오염물질이 물에 잘 녹아 지하수를 따라 이동하기 쉬워지므로 오염 가능성이 커진다. 토양 흡착계수(코크값 등)가 크면 오염물질이 토양 입자에 강하게 붙잡혀 이동성이 낮아지므로 지하수까지 도달하기 어려워져 오염 가능성이 작아진다. 증기압이 크면 오염물질이 쉽게 기체로 휘발되어 토양 공극을 통해 대기로 빠져나가므로 지하수에 남아 오염을 일으킬 가능성이 작아진다. 생분해도가 크면 미생물 등에 의해 쉽게 분해되어 없어지므로 잔류하며 지하수를 오염시킬 가능성이 작아진다.

선지별 해설

ㄱ. 물 용해도가 크다 → O. 용해도가 클수록 물에 잘 녹아 토양수와 함께 이동하므로 지하수 오염 가능성이 커진다.
ㄴ. 토양 흡착계수가 크다 → X. 흡착계수가 클수록 토양에 강하게 흡착되어 이동이 억제되므로 오히려 지하수 오염 가능성이 작아진다.
ㄷ. 증기압이 크다 → X. 증기압이 클수록 휘발되어 대기로 손실되는 비율이 커지므로 지하수 오염 가능성이 작아진다.
ㄹ. 생분해도가 크다 → X. 생분해도가 클수록 오염물질이 쉽게 분해·제거되어 잔류성이 낮아지므로 지하수 오염 가능성이 작아진다.
따라서 오염 가능성을 증가시키는 특성은 ㄱ뿐이므로 ① ㄱ이 정답이다.

NoteBase

오답 포인트

흡착계수·증기압·생분해도는 모두 값이 '크다'는 표현만 보면 언뜻 오염이 심해질 것처럼 느껴지기 쉽지만, 실제로는 오염물질을 토양에 붙잡거나(흡착) 대기로 날려 보내거나(휘발) 분해시켜(생분해) 지하수까지 도달하지 못하게 막는 방향으로 작용한다는 점을 혼동하면 ②·③·④를 고르는 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

지하수 오염 가능성을 묻는 문제는 '이동성을 높이는 성질인가, 이동을 막거나 소멸시키는 성질인가'를 기준으로 나눈다. 용해도만 이동성을 높이는 성질이고, 흡착계수·증기압·생분해도는 모두 오염물질을 제거하거나 붙잡아 지하수 도달을 어렵게 만드는 성질임을 기억한다.

암기 포인트

지하수 오염 가능성 증가 = 물 용해도↑, 흡착계수↓, 증기압↓, 생분해도↓ (용해도만 크고 나머지 셋은 작아야 오염 가능성이 커진다).

NoteBase

문 11. 토양에 부숙 퇴비를 과다하게 시용하는 경우, 결핍 가능성이 가장 큰 미량원소는?

① Cu

② Al

③ Fe

④ Cl

정답 1번

출제 포인트

부숙 퇴비(유기물)를 과다하게 시용했을 때 어떤 미량원소가 유기물과 결합해 식물이 이용하기 어려운 형태로 묶이는지를 묻는다. 유기물 시용이 항상 양분 공급을 늘리는 것은 아니며, 특정 원소는 오히려 유효도가 떨어져 결핍이 유발될 수 있다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

Cu(구리)는 토양 중 미량원소 가운데 부식산·후믹산 등 유기물과 가장 강하게 안정한 착화합물(킬레이트)을 형성하는 원소이다. 유기물 함량이 높은 토양(이탄토, 유기물 과다 시용 토양 등)에서는 Cu가 유기물에 강하게 결합·고정되어 식물 뿌리가 흡수할 수 있는 형태(이온·약한 착물)로 존재하는 비율이 크게 줄어든다. 그 결과 다른 미량원소보다 Cu 결핍이 나타날 가능성이 두드러지게 높아진다. 이는 Fe, Cl 등 다른 미량원소의 유효도 변화 폭보다 뚜렷한 현상으로 알려져 있으며, Al은 식물 필수 영양원소가 아니어서 결핍이라는 개념 자체가 적용되지 않는다.

선지별 해설

① Cu — O. 유기물과 매우 안정한 킬레이트를 형성하는 특성 때문에 부숙 퇴비 과다 시용 시 토양 용액 중 유효 Cu 농도가 낮아져 결핍 가능성이 가장 크다.
② Al — X. Al은 식물의 필수 영양원소(다량원소·미량원소 어디에도 해당)가 아니므로 '결핍'이라는 개념 자체가 성립하지 않는다. → 필수 미량원소가 아니므로 결핍 논의 대상에서 제외된다.
③ Fe — X. Fe도 유기물과 결합하지만 Cu만큼 강한 안정도를 갖는 착물을 형성하지는 않으며, 오히려 유기물 시용으로 환원 조건이 형성되면 Fe 유효도가 높아지는 경우도 있어 결핍 가능성이 Cu보다 낮다. → 유기물과의 결합 안정도가 Cu보다 약함.
④ Cl — X. Cl은 토양에서 이동성이 크고 유기물에 특별히 고정되는 원소가 아니어서 결핍보다는 오히려 과잉이 문제되는 경우가 많다. → 유기물 시용과 결핍 사이의 직접적 연관성이 낮음.

NoteBase

오답 포인트

'미량원소'라는 단어만 보고 Fe나 Cl처럼 익숙한 원소를 고르지 않도록 주의한다. 이 문제의 핵심은 유기물(부숙퇴비)과 원소 사이의 착화 안정도 차이이며, Cu가 유기물에 가장 강하게 결합되어 식물이 이용할 수 있는 형태가 줄어든다는 점이 결핍 가능성을 높이는 이유이다. 또한 Al은 애초에 필수 영양원소 목록에 들지 않으므로 결핍을 논할 대상이 아니라는 점도 함께 기억한다.

다시 나오면 이렇게 판단

'유기물(퇴비) 과다 시용 시 결핍되기 쉬운 미량원소'를 물으면 우선 Cu를 떠올린다. 반대로 '유기물 시용으로 유효도가 높아지는 원소'를 물으면 환원 조건에서 유효화되는 Fe, Mn 계열을 떠올려 서로 헷갈리지 않도록 구분한다.

암기 포인트

유기물 과다 → Cu 고정(킬레이트) → Cu 결핍 위험 최대, 로 한 문장으로 정리해 기억해 둔다.

NoteBase

문 12. 토양 중 인산의 유효도를 높이는 관리방안이 아닌 것은?

① 유기물을 사용한다.

② 작물의 근권 가까이 시비한다.

③ 알칼리성 토양의 경우, 유안과 함께 시비한다.

④ 균근(mycorrhizae)의 증식을 억제한다.

정답 4번

출제 포인트

토양 중 인산은 대부분 철·알루미늄 산화물이나 칼슘과 결합하여 불용성 화합물로 고정되기 때문에 유효도(작물이 이용 가능한 형태의 비율)가 매우 낮은 양분이다. 이 문제는 인산의 유효도를 높이는 실제 토양관리 방안을 알고 있는지, 그리고 그 방안과 반대되는 조치(유효도를 높이지 않거나 오히려 낮추는 조치)를 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

인산 유효도를 높이는 대표적 관리방안은 다음과 같다. 첫째, 유기물을 시용하면 부식산 등 유기산이 철·알루미늄과 킬레이트를 형성하여 인산의 고정을 줄이고 유효태 인산을 늘린다. 둘째, 인산은 토양 내 이동성이 매우 작아 시용한 위치에서 거의 확산되지 않으므로, 작물의 근권 가까이(뿌리 부근) 시비하면 뿌리가 흡수하기 전에 고정되는 양을 줄여 이용효율을 높인다. 셋째, 알칼리성(석회질) 토양에서는 인산이 칼슘과 결합해 불용화되기 쉬우므로, 생리적 산성비료인 유안(황산암모늄)과 함께 시비하여 토양을 국소적으로 산성화시키면 인산의 용해도와 유효도가 높아진다. 반면 균근(mycorrhizae, 균근균)은 뿌리와 공생하며 균사를 통해 뿌리가 직접 닿지 못하는 토양 부위의 인산까지 흡수해 작물에 전달하는 대표적인 인산 유효도 증진 기구이다. 따라서 균근의 증식을 억제하는 것은 오히려 인산 흡수 효율을 떨어뜨리는 조치이며, 유효도를 높이는 관리방안이 될 수 없다.

선지별 해설

① 유기물을 시용한다. → O: 유기물 분해로 생성되는 유기산이 철·알루미늄과 킬레이트를 형성해 인산의 고정을 억제하므로 유효도를 높이는 방안이다.
② 작물의 근권 가까이 시비한다. → O: 인산은 토양 중 이동성이 작아 근권 부근에 시비하면 고정 전에 뿌리가 흡수할 기회가 늘어나 유효도를 높이는 방안이다.
③ 알칼리성 토양의 경우, 유안과 함께 시비한다. → O: 유안(황산암모늄)은 생리적 산성비료로 알칼리성 토양을 국소적으로 산성화시켜 인산-칼슘 화합물의 용해도를 높이므로 유효도를 높이는 방안이다.
④ 균근(mycorrhizae)의 증식을 억제한다. → X: 균근은 균사를 통해 뿌리가 닿지 않는 범위의 인산까지 흡수해 작물에 공급하는 공생체이므로, 오히려 균근의 증식을 촉진해야 인산 유효도(흡수 효율)가 높아진다. 이를 억제하는 것은 유효도를 높이는 방안이 아니라 정답이다.

NoteBase

오답 포인트

①·②·③을 인산 유효도를 높이는 정상적 방안으로 알고 있으면서도, 균근을 '억제한다'는 표현을 무심코 지나쳐 균근이 유효도와 무관하다고 생각하면 오답을 고르게 된다. 균근은 인산 흡수와 직결된 공생 미생물이라는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

발문이 '아닌 것'을 묻고 있으므로 먼저 나머지 세 선지가 왜 유효도를 높이는지 각각의 원리(유기물-킬레이트, 근권-이동성, 유안-산성화)를 확인한 뒤, 남은 한 선지가 원리상 반대 방향(억제·저해)으로 작용하는지를 확인한다. 균근·유기물 등 생물적 요인이 나오면 '촉진해야 유효도가 높아진다'는 방향으로 사고한다.

암기 포인트

인산 유효도 증진 3원칙: 유기물 시용(킬레이트로 고정 억제), 근권 부위 시비(이동성이 작으므로), 알칼리성 토양엔 유안 병용(국소 산성화). 균근은 인산 흡수를 돕는 공생균이므로 억제가 아니라 증식을 촉진해야 유효도가 높아진다.

NoteBase

문 13. 뿌리혹을 형성하지 않는 질소고정세균(nitrogen fixing bacteria)과 공생하는 식물은?

① 알팔파

② 아졸라

③ 콩

④ 오리나무

정답 2번

출제 포인트

질소고정 공생 관계를 뿌리혹(근류) 형성 여부로 구분할 수 있는지를 묻는다. 콩과식물이나 방선균 공생식물처럼 뿌리혹을 형성하는 경우와, 뿌리혹 없이 식물체 안에서 세균과 공생하며 질소를 고정하는 경우를 구분해야 한다.

핵심 개념

뿌리혹(근류)을 형성하는 공생: 콩과식물(대두, 알팔파 등)은 뿌리혹박테리아인 리조비움(Rhizobium)과 공생하여 뿌리에 혹을 만들고 그 안에서 질소를 고정한다. 오리나무 같은 방선균근 식물은 방선균인 프랑키아(Frankia)와 공생하여 역시 뿌리에 혹을 형성한다. 반면 아졸라는 물 위에 떠서 자라는 물개구리밥과 식물로, 잎 안쪽의 공동(잎공극) 속에 남조류(시아노박테리아)인 아나베나(Anabaena azollae)를 공생시켜 질소를 고정하며, 이 경우 뿌리혹 같은 특수 구조를 형성하지 않고 잎 조직 내부에서 공생이 이루어진다.

선지별 해설

① 알팔파: 콩과식물로 리조비움과 공생하며 뿌리혹을 형성한다 → 뿌리혹을 형성하지 않는다는 조건에 맞지 않아 오답.
② 아졸라: 잎 안의 공동에서 남조류(아나베나)와 공생하며 뿌리혹을 형성하지 않는다 → 조건에 부합하는 정답.
③ 콩: 대표적인 콩과작물로 리조비움과 공생하여 뿌리혹을 형성한다 → 오답.
④ 오리나무: 방선균 프랑키아와 공생하여 뿌리혹(방선균근)을 형성한다 → 오답.

오답 포인트

콩과식물의 리조비움 공생과 오리나무 등 비콩과식물의 프랑키아 공생은 균의 종류(세균 vs 방선균)는 다르지만 둘 다 뿌리에 혹을 형성한다는 공통점이 있어 혼동하기 쉽다. 아졸라의 공생 상대는 세균이 아니라 남조류(시아노박테리아)라는 점에서 엄밀히는 세균이 아니지만, 이 문항에서는 뿌리혹 형성 여부가 판단 기준이므로 아졸라가 유일하게 뿌리혹을 형성하지 않는 사례로 분류된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

질소고정 공생 문제에서는 먼저 그 식물이 뿌리에 혹을 만드는지, 아니면 잎이나 줄기 등 다른 조직에서 공생이 일어나는지를 구분한다. 뿌리혹 형성 그룹(콩과식물-리조비움, 오리나무 등 방선균근 식물-프랑키아)과 뿌리혹 없이 공생하는 그룹(아졸라-아나베나)을 나누어 기억해 두면 헷갈리지 않는다.

암기 포인트

뿌리혹 형성: 콩과식물(콩, 알팔파)-리조비움, 오리나무-프랑키아. 뿌리혹 없이 공생:
아졸라(물개구리밥)-아나베나(남조류), 잎공극 내부 공생.

NoteBase

문 14. 토양-생물-대기 간의 질소순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유기물 시용은 NH_4^+-N의 질산화를 촉진한다.

② 탈질작용은 산소 농도가 낮은 토양조건에서 일어난다.

③ 알칼리성 토양에 요소 시비는 NH_3-N의 휘산을 촉진한다.

④ NO_3^--N는 용탈되어 지하수 오염의 원인이 된다.

정답 1번

출제 포인트

토양-생물-대기 간 질소순환 과정 중 무기화, 질산화, 탈질작용, 휘산, 용탈 각 단계가 어떤 조건에서 촉진 또는 억제되는지를 구분하는 문제이다. 특히 유기물 시용이 토양 질소 형태 변화에 미치는 영향을 정확히 아는지가 핵심이다.

핵심 개념

질산화(nitrification)는 NH4+-N이 호기성 조건에서 아질산균, 질산균에 의해 NO2--N을 거쳐 NO3--N으로 산화되는 과정이다. 유기물(특히 C/N률이 높은 유기물)을 토양에 시용하면 분해 미생물이 증식하면서 토양 중 무기태 질소(NH4+-N)를 미생물 체내로 끌어들이는 부동화(immobilization)가 강하게 일어난다. 부동화는 질산화균이 이용할 NH4+-N 기질을 미생물과 경쟁적으로 소모시키므로 질산화를 촉진하는 것이 아니라 오히려 억제하거나 지연시키는 방향으로 작용한다. 탈질작용(denitrification)은 NO3--N이 혐기성(산소가 부족한) 조건에서 탈질균에 의해 N2O, N2 등 기체로 환원되어 대기로 방출되는 과정이다. 암모니아 휘산(NH3 volatilization)은 토양 pH가 높은 알칼리성 조건일수록 NH4+가 NH3(기체)로 전환되는 평형이 오른쪽으로 이동하여 잘 일어나며, 요소 비료는 가수분해되며 국소적으로 pH를 더 높이므로 알칼리성 토양에서 휘산 손실이 커진다. NO3--N은 토양 입자에 흡착되지 않고 음이온 상태로 존재하므로 물의 이동에 따라 쉽게 용탈되어 지하수로 이동하며, 이는 지하수 질산성 질소 오염의 주요 원인이 된다.

선지별 해설

① X: 유기물(특히 C/N률이 높은 자재)을 시용하면 분해 미생물이 NH4+-N을 흡수해 자기 몸체 성분으로 만드는 부동화가 활발해져 오히려 질산화에 이용될 NH4+-N 공급이 줄어든다. 즉 유기물 시용은 질산화를 촉진하는 것이 아니라 억제 또는 지연시키는 방향으로 작용하므로 틀린 설명이다.

② O: 탈질작용은 NO3--N이 산소가 부족한(혐기적) 토양조건에서 탈질균의 호흡대사에 의해 질소가스 형태로 환원, 방출되는 과정이므로 옳은 설명이다.

③ O: 알칼리성 토양은 NH4+가 NH3로 전환되는 평형이 우세하고, 여기에 요소를 시비하면 가수분해로 국소 pH가 더 상승하여 NH3-N의 휘산이 촉진되므로 옳은 설명이다.

④ O: NO3--N은 토양 입자에 잘 흡착되지 않는 음이온이라 강우나 관개수에 의해 용탈되기 쉬우며, 이는 지하수로 유입되어 지하수 오염의 원인이 되므로 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

부동화(질소를 미생물이 흡수)와 질산화(질소가 산화되어 NO3-로 변함)를 혼동하면 안 된다. 유기물 시용은 미생물 활동을 늘려 부동화를 강화하는 것이지 질산화균의 산화 반응 자체를 촉진하는 것이 아니다. '유기물=양분 공급=좋은 반응 촉진'이라는 막연한 인상으로 접근하면 함정에 빠지기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

질소순환 문제에서 유기물 또는 탄질률(C/N률)이 언급되면 먼저 부동화와 무기화 중 어느 쪽이 우세해지는지부터 따진다. C/N률이 높은 유기물일수록 미생물이 질소를 끌어다 쓰는 부동화가 강해져 질산화에 쓰일 NH4+-N이 줄어든다는 방향으로 판단한다.

암기 포인트

유기물(고탄질률) 시용 → 부동화 강화 → 질산화 억제. 저산소(혐기) → 탈질작용. 고pH(알칼리성)+요소 시비 → NH3 휘산 촉진. NO3--N → 흡착 안 됨 → 용탈 → 지하수 오염.

NoteBase

문 15. 다음의 토양 중에서 pH를 4.5에서 6.5로 교정할 때, 석회시용이 가장 많이 필요한 토양은?

① 유기물의 함량이 2%이고, 점토의 함량이 30%인 kaolinite 토양

② 유기물의 함량이 3%이고, 점토의 함량이 25%인 kaolinite 토양

③ 유기물의 함량이 5%이고, 점토의 함량이 20%인 vermiculite 토양

④ 유기물의 함량이 5%이고, 점토의 함량이 20%인 chlorite 토양

정답 3번

출제 포인트

같은 pH 4.5를 6.5로 올리는 데 필요한 석회 시용량은 토양의 산 완충능(pH 완충용량)이 클수록 커진다. 완충능은 유기물 함량, 점토 함량, 그리고 점토광물의 종류(1:1형인지 2:1형인지)에 따라 좌우되므로, 이 세 조건을 함께 비교해 완충능이 가장 큰 토양을 찾는 문제이다.

핵심 개념

토양의 pH 완충능은 주로 양이온교환용량(CEC)에서 나오며, CEC가 클수록 흡착된 H+ 및 Al3+를 치환·중화하는 데 더 많은 석회가 필요하다. 유기물은 카르복실기·페놀기 등에 의해 단위 질량당 CEC가 매우 크므로 유기물 함량이 높을수록 완충능과 석회 요구량이 커진다. 점토광물은 구조에 따라 CEC가 크게 달라지는데, 1:1형 광물인 kaolinite는 동형치환이 거의 없어 CEC가 매우 작고(대략 3~15 cmol/kg 수준), 2:1형 광물인 vermiculite는 층 사이 동형치환이 많아 CEC가 매우 크며(대략 100~150 cmol/kg 수준), 같은 2:1형이라도 chlorite는 층간에 수산화물판이 끼어 있어 팽창이 억제되고 CEC가 vermiculite보다 뚜렷이 작다(대략 10~40 cmol/kg 수준). 따라서 점토광물 종류만 놓고 보면 vermiculite가 kaolinite나 chlorite보다 완충능이 훨씬 크다.

선지별 해설

① 유기물 2%, 점토 30%, kaolinite 토양이다. 점토 함량은 가장 높지만 kaolinite는 1:1형으로 CEC가 매우 작고 유기물 함량도 가장 낮아 완충능이 가장 작다. 석회 요구량이 가장 적은 토양이다.

② 유기물 3%, 점토 25%, kaolinite 토양이다. ①보다 유기물이 조금 많지만 여전히 kaolinite라서 CEC가 작고, 점토 함량도 ①보다는 낮으므로 완충능이 크지 않다.

③ 유기물 5%, 점토 20%, vermiculite 토양이다. 유기물 함량이 ①·②보다 높고, 점토광물이 CEC가 가장 큰 2:1형인 vermiculite이므로 같은 점토 함량이라도 완충능이 가장 크다. 석회시용이 가장 많이 필요한 토양이다.

④ 유기물 5%, 점토 20%, chlorite 토양이다. 유기물 함량은 ③과 같지만 chlorite는 2:1형이라도 층간 수산화물판 때문에 CEC가 vermiculite보다 작다. 따라서 완충능이 ③보다 작아 석회 요구량도 ③보다 적다.

NoteBase

오답 포인트

①·②를 고르는 오류는 점토 함량 자체를 완충능과 동일시해서 발생한다. 점토 함량이 높아도 kaolinite처럼 CEC가 작은 광물이면 완충능이 작아 석회 요구량도 작다. ④를 고르는 오류는 vermiculite와 chlorite를 모두 '2:1형'으로만 묶어 같은 완충능을 가진다고 오해할 때 발생한다. 같은 2:1형이라도 층간 구조 차이로 chlorite의 CEC가 vermiculite보다 뚜렷이 작다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

석회 요구량 비교 문제는 유기물 함량, 점토 함량, 점토광물 종류 세 가지를 모두 확인하되 최종 판단 기준은 CEC(완충능)임을 기억한다. 점토광물의 CEC 서열은 대략 vermiculite > smectite(montmorillonite) > illite > chlorite > kaolinite 순이므로, 점토 함량이 같거나 비슷하면 CEC가 큰 광물을 가진 토양, 유기물 함량이 높은 토양을 완충능이 크고 석회 요구량이 많은 토양으로 판단한다.

암기 포인트

완충능(석회 요구량) 순서: 유기물 많을수록, 점토광물의 CEC가 클수록 크다. CEC 크기 순서: vermiculite > chlorite > kaolinite. 1:1형(kaolinite)은 CEC 작음, 2:1형 중에서도 층간 수산화물판이 있는 chlorite는 vermiculite보다 CEC가 작다는 점을 함께 기억한다.

NoteBase

문 16. pH 5.0 이하에서 토양교질입자 표면에 가장 많이 흡착하는 양이온은?

① K^+

② Na^+

③ Ca^{2+}

④ Al^{3+}

정답 4번

출제 포인트

이 문항은 토양교질(점토·부식질) 표면에 대한 양이온의 흡착 세기를 결정하는 요인, 그리고 강산성 토양에서 우세한 치환성 양이온이 무엇인지를 함께 묻는다. 흡착 세기는 이온의 원자가(전하)와 수화반경에 의해 좌우되며, pH가 낮아질수록 토양 중 Al^{3+}의 농도와 흡착 비중이 커진다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

토양교질 표면(점토광물의 동형치환 자리, 부식질의 해리기)에 대한 양이온의 흡착 세기는 일반적으로 원자가가 클수록, 수화반경(수화된 이온의 크기)이 작을수록 강해진다. 이를 정리한 순서가 이른바 친화력(흡착 강도) 순서이며, 대략 $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ \approx NH_4^+ > Na^+$ 로 나타난다. 또한 pH 5.0 이하의 강산성 토양에서는 점토광물의 결정격자가 풍화되면서 알루미늄이 용출되어 치환성 Al^{3+}로 존재하게 되고, 이 Al^{3+}가 가수분해되어 H^+를 내놓는 것이 토양 산성의 주된 원인이 된다. 즉 강산성 토양에서는 치환성 염기(Ca, Mg, K, Na)가 용탈되어 줄어드는 대신 Al^{3+}의 포화도(치환성 알루미늄 포화도)가 높아지고, 3가 양이온인 Al^{3+}은 원자가가 가장 크고 수화반경이 작아 교질 표면에 가장 강하게 흡착한다.

선지별 해설

① K+ : 1가 양이온으로 원자가가 낮고 수화반경이 비교적 커서 교질 표면 흡착력이 약한 편이다. 강산성 토양에서 오히려 용탈되기 쉬운 이온이므로 정답이 아니다.

② Na+ : 1가 양이온 중에서도 수화반경이 가장 커서 흡착 세기가 가장 약한 이온이다. 강산성 토양의 우세 양이온과는 거리가 멀다.

③ Ca2+ : 2가 양이온으로 흡착력이 K+, Na+보다는 강하지만, 3가인 Al3+보다는 약하다. 오히려 산성화가 진행되면 치환성 Ca2+은 용탈되어 감소하는 경향을 보인다.

④ Al3+ : 3가 양이온으로 원자가가 가장 크고 수화반경이 작아 교질 표면에 대한 흡착력이 네 이온 중 가장 강하다. 또한 pH 5.0 이하의 강산성 조건에서는 광물 풍화로 알루미늄이 용출되어 치환성 Al3+의 양과 포화도가 크게 늘어나므로, 실제로도 교질 표면에 가장 많이 흡착하는 양이온이 된다.

NoteBase

오답 포인트

1가 양이온(K+, Na+)을 3가 양이온인 Al3+과 흡착 세기 순서에서 혼동하지 않아야 한다. 흡착 세기는 원자가가 높을수록, 수화반경이 작을수록 커진다는 원칙을 그대로 적용하면 Al3+이 가장 강하다는 결론이 자연스럽게 나온다. 또한 Ca2+을 답으로 고르는 오류는 '토양 비옥도가 높은 토양=Ca 우세'라는 중성·염기성 토양의 이미지를 강산성 조건에 잘못 적용한 경우로, 문제에서 제시된 pH 5.0 이하라는 조건을 놓치면 발생하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

문항에서 pH 조건이 제시되면 먼저 그 pH가 산성인지 중성·염기성인지를 확인하고, 강산성(대략 pH 5.0 이하)이면 치환성 Al3+과 H+가 우세해진다는 점을 떠올린다. 이온의 흡착 세기를 묻는 문제는 원자가와 수화반경 두 가지 기준으로 순서를 재구성하면 빠르게 정답을 좁힐 수 있다.

암기 포인트

양이온 흡착 세기 순서: Al3+ > Ca2+ > Mg2+ > K+(≈NH4+) > Na+ (원자가가 클수록, 수화반경이 작을수록 강하게 흡착). 강산성 토양(대략 pH 5.0 이하)의 산성 원인 = 치환성 Al3+의 가수분해.

NoteBase

문 17. 표토 $10cm$에서 공극률이 50%인 토양의 중량수분함량이 20%이다. 이 토양에서 표토가 수분으로 포화되기 위해서 필요한 관개량은? (단, 물의 밀도 $1.0g/cm^3$, 토양의 용적밀도 $1.3g/cm^3$, 표토 아래로의 수분이동과 표토 위 담수층은 없다)

① $24mm$

② $26mm$

③ $74mm$

④ $76mm$

정답 1번

출제 포인트

중량수분함량(무게 기준)과 용적수분함량(부피 기준)을 용적밀도로 환산하는 능력, 그리고 포화 시 용적수분함량이 공극률과 같다는 사실을 이용해 부족한 수분량을 깊이(mm)로 환산하는 계산 문제이다.

조건 정리

표토 깊이 $d = 10\ \text{cm} = 100\ \text{mm}$, 공극률 $f = 0.50$, 현재 중량수분함량 $w = 0.20$, 물의 밀도 $\rho_w = 1.0\ \text{g/cm}^3$, 토양의 용적밀도 $\rho_b = 1.3\ \text{g/cm}^3$이다. 표토 아래로의 수분이동과 표토 위 담수층이 없다는 조건은 관개수가 전부 표토 공극을 채우는 데만 쓰인다는 의미이다.

사용할 공식

중량수분함량을 용적수분함량으로 바꾸는 공식은 $\theta_v = w \times \frac{\rho_b}{\rho_w}$이다. 토양이 수분으로 완전히 포화되면 용적수분함량은 공극률과 같아진다($\theta_{sat} = f$). 부족한 수분의 깊이는 $\Delta d = (\theta_{sat} - \theta_v) \times d$로 구한다.

계산 과정

현재 용적수분함량은 $\theta_v = 0.20 \times \frac{1.3}{1.0} = 0.26$, 즉 26%이다. 포화 시 용적수분함량은 공극률과 같으므로 $\theta_{sat} = 0.50$, 즉 50%이다. 따라서 채워야 할 용적수분함량의 차이는 $0.50 - 0.26 = 0.24$이다. 표토 깊이 100 mm에 이 비율을 곱하면 필요한 관개량은 $0.24 \times 100\ \text{mm} = 24\ \text{mm}$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① 24 mm — 옳다. 포화 용적수분함량 50%와 현재 용적수분함량 26%의 차이 24%를 표토 깊이 100 mm에 곱한 값과 일치한다.
② 26 mm — 틀리다. 이는 현재 용적수분함량 값(26%)을 그대로 mm로 옮긴 것으로, 부족분이 아니라 현재 함유량을 답으로 착각한 계산이다.
③ 74 mm — 틀리다. 100 mm에서 26을 뺀 값으로, 포화 기준을 공극률(50%)이 아니라 100%로 잘못 놓은 계산이다.
④ 76 mm — 틀리다. 100에서 24를 뺀 값으로, 부족분과 충족분을 반대로 계산한 결과이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 중량수분함량을 용적수분함량으로 환산하지 않고 20%를 그대로 쓰거나, 포화 기준을 100%로 착각해 공극률 50%를 반영하지 않는 것이다. 또한 '부족한 양'을 구해야 하는데 '이미 채워진 양'이나 '전체에서 이미 채워진 양을 뺀 나머지'를 반대로 계산해 74 mm, 76 mm 같은 값을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

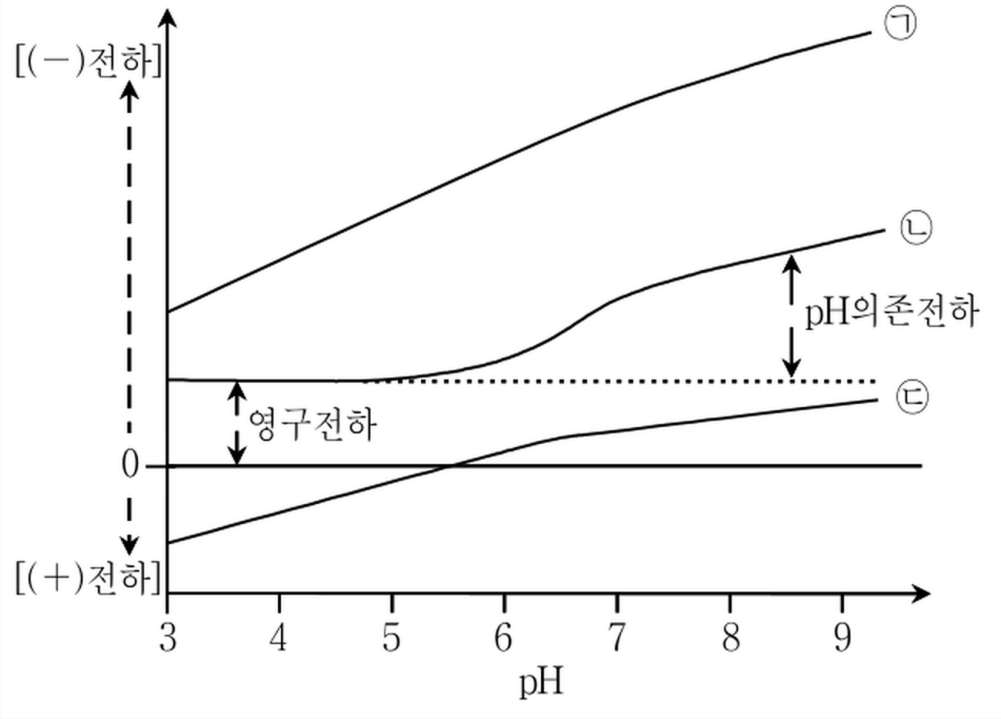
중량수분함량이 주어지면 먼저 용적밀도를 곱해 용적수분함량으로 바꾸는 것을 제일 먼저 한다. 그 다음 포화 상태의 용적수분함량은 항상 공극률과 같다는 점을 적용하고, (포화 용적수분함량 − 현재 용적수분함량)에 토양 깊이를 곱해 필요한 관개량(깊이 단위)을 구한다.

암기 포인트

용적수분함량 = 중량수분함량 × 용적밀도 ÷ 물의 밀도. 포화 시 용적수분함량 = 공극률. 필요 관개량(깊이) = (공극률 − 현재 용적수분함량) × 토양 깊이.

NoteBase

문 18. 다음은 pH 변화에 따른 토양교질의 표면전하 특성을 나타낸 것이다. ㉠ ~ ㉢에 해당하는 토양교질을 순서대로 바르게 나열한 것은?



① ㉠: Humus, ㉡: Kaolinite, ㉢: Gibbsite

② ㉠: Vermiculite, ㉡: Chlorite, ㉢: Goethite

③ ㉠: Montmorillonite, ㉡: Vermiculite, ㉢: Allophane

④ ㉠: Humus, ㉡: Montmorillonite, ㉢: Kaolinite

정답 4번

출제 포인트

토양교질(부식질, 2:1형 점토광물, 1:1형 점토광물)이 갖는 표면전하의 두 가지 기원인 영구전하(동형치환에 의해 pH와 무관하게 존재하는 전하)와 pH의존전하(표면 관능기의 해리 정도에 따라 pH가 오를수록 커지는 전하)의 비율 차이를 그래프의 곡선 모양에서 읽어내 어떤 교질에 해당하는지 판별하는 문제이다.

NoteBase

자료 읽는 순서

그래프의 세로축은 위로 갈수록 (-)전하, 아래로 갈수록 (+)전하이고 가로축은 pH이다.
먼저 각 곡선이 pH가 가장 낮은 지점(그래프 왼쪽 끝)에서 이미 갖고 있는 전하의 크기와 부호를 확인한다. 이 값이 곧 영구전하에 해당한다.
다음으로 pH가 오른쪽으로 갈수록 전하가 얼마나 더 증가하는지를 본다. 이 증가분이 pH의존전하이다.
ㄱ은 pH 3에서도 이미 큰 음전하를 갖고 pH가 오를수록 계속 큰 폭으로 증가하므로, 영구전하와 pH의존전하가 모두 크고 전체 전하량(CEC)이 세 곡선 중 가장 크다.
ㄴ은 pH 3~5 부근에서 평평한 구간(영구전하 구간)을 유지하다가 그 이후부터 전하가 추가로 증가한다. 즉 동형치환에 의한 영구전하가 뚜렷이 존재하면서 pH의존전하도 함께 나타난다.
ㄷ은 낮은 pH에서 오히려 (+)전하를 띠다가 pH가 오르면서 0을 지나 (-)전하로 바뀐다. 영구전하가 거의 없고 표면 OH기의 해리 정도에 따라 전하의 부호까지 바뀌는 양상이다.

선지별 해설

① Humus-Kaolinite-Gibbsite: X. ㄴ은 pH가 낮은 구간에서 뚜렷한 영구전하(평평한 구간)를 갖는데, Kaolinite는 동형치환이 거의 없어 영구전하가 매우 작으므로 ㄴ에 해당하지 않는다.
② Vermiculite-Chlorite-Goethite: X. ㄱ은 세 곡선 중 전체 전하량이 가장 크고 계속 증가하는 특징을 보이는데, 이는 무기 점토광물이 아니라 부식질(유기물)의 특징이다. Vermiculite는 이 정도로 큰 전하량을 갖지 않는다.
③ Montmorillonite-Vermiculite-Allophane: X. ㄱ의 전하량은 2:1형 점토광물인 Montmorillonite보다 훨씬 크며, 이는 부식질 수준의 전하량이다.
④ Humus-Montmorillonite-Kaolinite: O. ㄱ은 전체 전하량이 가장 크고 pH 상승에 따라 계속 크게 증가하므로 부식질(Humus)의 특징과 일치하고, ㄴ은 낮은 pH에서부터 일정한 영구전하 구간을 갖다가 pH의존전하가 추가되므로 동형치환에 의한 영구전하 비중이 큰 2:1형 점토광물인 Montmorillonite의 특징과 일치하며, ㄷ은 낮은 pH에서 (+)전하를 띠다가 pH가 오르며 0을 지나 (-)전하로 바뀌므로 영구전하가 거의 없는 1:1형 점토광물인 Kaolinite의 특징과 일치한다.

오답 포인트

영구전하(동형치환 기원, pH와 무관)와 pH의존전하(관능기 해리 기원, pH가 오를수록 증가)를 혼동하면 곡선을 잘못 매칭하게 된다. 또한 ㄷ 곡선이 0을 지나 부호가 바뀌는 것을 단순히 전하가 작다는 의미로만 해석하지 말고, 저pH에서 (+)전하를 띠는 것 자체가 영구전하가 거의 없는 1:1형 점토광물의 특징적 거동임을 놓치지 않아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

이런 그래프 문제는 곡선의 왼쪽 끝(낮은 pH)에서의 전하 크기로 영구전하의 크기 순서를 먼저 매기고, 그다음 오른쪽으로 갈수록 늘어나는 정도로 pH의존전하의 크기를 비교한다. 전체 전하량이 가장 크면서 계속 증가하는 곡선은 부식질, 낮은 pH에서부터 일정한 영구전하 구간이 뚜렷한 곡선은 2:1형 점토광물, 부호가 (+)에서 (-)로 바뀌는(등전점을 지나는) 곡선은 영구전하가 거의 없는 1:1형 점토광물이나 산화물류로 판단한다.

암기 포인트

표면전하량(CEC) 크기는 부식질 > 2:1형 점토광물(Montmorillonite, Vermiculite) > 1:1형 점토광물(Kaolinite) > 산화물류 순으로 감소하며, 영구전하 비중도 이 순서와 대체로 같다. 부식질과 산화물류는 영구전하가 거의 없이 pH의존전하가 대부분을 차지하고, 2:1형 점토광물은 동형치환에 의한 영구전하 비중이 크다.

NoteBase

문 19. 촉감법으로 토성을 결정할 때, 다음 중 옳은 것은?

토양 리본의 길이(cm)	촉감	토성 결정
2.5 미만	○ 갈리는 소리가 들리고, 모래와 같이 껄끄러운 느낌이 강함	㉠
2.5 이상 ~ 5 미만	○ 껄끄럽고 부드러운 느낌이 약하고, 갈리는 소리가 분명치 않음	㉡
5 이상	○ 밀가루같이 부드러운 느낌이 강함	㉢

① ㉠: 사양토, ㉡: 식양토, ㉢: 미사질식토

② ㉠: 사토, ㉡: 양질사토, ㉢: 식토

③ ㉠: 미사질양토, ㉡: 사질식양토, ㉢: 식토

④ ㉠: 사양토, ㉡: 미사질식양토, ㉢: 미사질식토

정답 1번

출제 포인트

촉감법(리본법)은 젖은 토양을 손가락 사이로 눌러 뽑아낸 리본의 길이와 촉감(거친 정도, 매끄러운 정도, 갈리는 소리)을 근거로 모래·미사·점토의 상대적 함량을 추정해 토성을 판정하는 야외 간이 판정법이다. 이 문제는 리본 길이 구간별 촉감 특징을 보고 그에 대응하는 토성 등급을 맞히는 문제로, 핵심은 '리본이 짧고 거칠수록 모래 함량이 높고, 리본이 길고 매끄러울수록 점토 함량이 높다'는 관계를 파악하는 것이다.

NoteBase

자료 읽는 순서

먼저 리본 길이 구간을 확인한다(2.5cm 미만 / 2.5~5cm / 5cm 이상). 다음으로 각 구간의 촉감 서술을 모래 함량(거친 느낌, 갈리는 소리)과 점토·미사 함량(부드러운 느낌, 밀가루 느낌)의 상대적 강약으로 해석한다. ㄱ 구간은 리본이 가장 짧고(2.5cm 미만) 갈리는 소리와 모래 같은 껄끄러움이 강하므로 모래 함량이 상대적으로 높은 토성이다. ㄴ 구간은 리본 길이가 중간(2.5~5cm)이고 껄끄러움과 부드러움이 둘 다 약하며 갈리는 소리도 분명하지 않으므로 모래·미사·점토가 비교적 고르게 섞인 중간 토성이다. ㄷ 구간은 리본이 가장 길고(5cm 이상) 밀가루 같은 부드러움이 강하므로 점토(및 미사) 함량이 가장 높은 토성이다. 이 순서(모래질→중간질→점토질)에 맞는 토성 이름을 선지에서 골라야 한다.

선지별 해설

① ㄱ: 사양토, ㄴ: 식양토, ㄷ: 미사질식토 → 리본이 짧고 거친 ㄱ은 모래 함량이 높은 사양토(모래 성분이 우세하되 약간의 점토가 섞인 토성), 리본이 중간 길이이고 촉감이 애매한 ㄴ은 모래·점토가 함께 느껴지는 식양토, 리본이 가장 길고 밀가루처럼 매끄러운 ㄷ은 점토 함량이 가장 높은 편에 속하는 미사질식토로, 모래질→중간질→점토질로 갈수록 리본이 길어지고 촉감이 부드러워지는 경향과 정확히 들어맞는다(O).
② ㄱ: 사토, ㄴ: 양질사토, ㄷ: 식토 → 사토와 양질사토는 모두 리본이 거의 형성되지 않거나 매우 짧은 극단적인 모래질 토성인데, ㄱ과 ㄴ에 이 두 토성을 나란히 배정하면 ㄴ 구간(2.5~5cm, 촉감이 애매한 중간 단계)의 특징을 반영하지 못한다. 또한 ㄷ은 밀가루 같은 부드러움만 강조될 뿐 모래의 거친 느낌에 대한 언급이 없는데 식토(점토 함량이 가장 높은 토성)로 보는 것은 가능하나, 앞의 ㄱ·ㄴ 배정이 촉감 변화의 단계를 반영하지 못하므로 전체적으로 옳지 않다(X).
③ ㄱ: 미사질양토, ㄴ: 사질식양토, ㄷ: 식토 → ㄱ 구간은 갈리는 소리와 모래 같은 거친 느낌이 강하다고 명시되어 있는데, 미사질양토는 미사 함량이 높아 오히려 부드럽고 매끄러운 촉감이 특징인 토성이므로 거친 촉감 서술과 어긋난다(X).
④ ㄱ: 사양토, ㄴ: 미사질식양토, ㄷ: 미사질식토 → ㄱ을 사양토로 본 것은 타당하지만, ㄴ 구간(껄끄러움과 부드러움이 둘 다 약하고 갈리는 소리도 애매한 중간 단계)에 이미 미사와 점토 함량이 상당히 높은 미사질식양토를 배정하면 ㄷ(밀가루처럼 부드러움이 강한, 점토 함량이 가장 높은 단계)과의 촉감 차이가 뚜렷하게 구분되지 않는다. ㄴ은 모래·점토가 아직 뚜렷하게 갈리지 않는 중간 단계인 식양토로 보는 것이 촉감 서술에 더 부합한다(X).

오답 포인트

이 문제는 세 토성 명칭이 한 세트로 묶여 있어, 한두 개만 그럴듯해 보이고 나머지가 어긋나는 조합을 정답으로 착각하기 쉽다. 반드시 ㄱ·ㄴ·ㄷ 세 구간 모두에서 촉감 서술(거칠고 소리 남 → 애매함 → 부드럽고 소리 없음)과 토성의 모래·미사·점토 함량 순서가 일관되게 이어지는지 확인해야 한다. 특히 극단적인 사토·식토류(②)는 리본이 거의 형성되지 않거나 매우 길게 형성되는 극단적 토성이라 중간 구간(ㄴ)의 애매한 촉감과 맞지 않고, 미사질 계열(③의 ㄱ)은 원래 매끄러운 촉감이 특징이라 거친 촉감 서술과 모순된다는 점을 놓치지 않아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

리본법 관련 문제는 '리본 길이가 짧을수록·거칠고 소리가 날수록 모래질(사토 계열), 리본이 길수록·밀가루처럼 매끄러울수록 점토질(식토 계열), 그 중간은 양토 계열'이라는 3단계 대응 관계를 먼저 세운 뒤, 선지에 제시된 세 토성이 이 순서(모래질→중간질→점토질)를 그대로 따르는지부터 검토한다. 순서가 어긋나거나 극단적 토성과 중간 토성이 뒤바뀐 선지는 바로 배제한다.

암기 포인트

리본 짧고 거칠고 소리 남 → 모래 우세(사양토류), 리본 중간이고 촉감 애매 → 양토류(식양토 등), 리본 길고 밀가루처럼 부드러움 → 점토 우세(식토·미사질식토류)로 3단계를 짝지어 외워 둔다.

NoteBase

문 20. 양이온치환용량이 $10 cmol_c/kg$인 토양에서 Mg^{2+}의 포화도는 20%이다. 이 토양 2 kg이 지니고 있는 치환성 Mg^{2+}의 양은 몇 mg인가? (단, Mg 원자량은 24이다)

① 240 mg

② 480 mg

③ 960 mg

④ 1,920 mg

정답 2번

출제 포인트

양이온치환용량(CEC)과 염기포화도 개념을 이용해 토양 중 특정 양이온(치환성 Mg2+)의 실제 질량을 구하는 계산 문제이다. cmolc(centimole of charge, 하전량 단위)를 질량 단위(mg)로 환산하는 과정이 핵심이다.

조건 정리

양이온치환용량 CEC $= 10\ cmol_c/kg$, Mg2+의 포화도 $= 20\%$, 토양의 양 $= 2\ kg$, Mg 원자량 $= 24$이다.

사용할 공식

치환성 양이온의 하전량(당량수) =CEC×포화도이며, 단위는 cmolc/kg이다. 이 하전량을 질량으로 바꾸려면 당량(equivalent) 개념을 쓴다. Mg2+처럼 원자가가 z인 이온은 1 mol당 z mol의 전하를 가지므로, 1 mol_c(=1 mole of charge)에 해당하는 질량은 원자량z이다. 따라서 $1\ cmol_c = \frac{1}{100}\ mol_c$에 해당하는 질량은 원자량z×(1)/(100)(g)이며, mg 단위로는 원자량z× 10(mg)이 된다.

계산 과정

먼저 토양 1 kg이 지닌 치환성 Mg2+의 하전량을 구하면 $10\ cmol_c/kg \times 0.2 = 2\ cmol_c/kg$이다. Mg2+는 원자가 $z = 2$이므로 1 cmolc당 질량은 $\frac{24}{2} \times 10 = 120$ mg이다. 따라서 토양 1 kg당 치환성 Mg2+의 질량은 $2 \times 120 = 240$ mg/kg이다. 토양이 2 kg이므로 전체 양은 $240 \times 2 = 480$ mg이다.

선지 판단

① 240 mg — X. 이는 토양 1 kg에 들어 있는 치환성 Mg2+의 양이다. 문제에서 묻는 토양의 양은 2 kg이므로 절반에 해당하는 값이라 오답이다.
② 480 mg — O. 토양 1 kg당 240 mg에 토양 2 kg을 곱한 값으로, 계산 과정과 일치한다.
③ 960 mg — X. 240 mg에 2가 아닌 4를 곱했을 때 나오는 값으로, 토양 질량 2 kg을 잘못 반영(예: 2배를 두 번 적용하거나 원자가 환산을 빠뜨리고 다른 배수를 곱함)한 오답이다.
④ 1,920 mg — X. Mg2+의 원자가(전하 2)를 나누지 않고 원자량 24를 그대로 몰수 환산에 사용하면 실제보다 2배 커진 값이 나오는데, 여기에 다시 토양량 2 kg을 곱해 실제값의 4배가 된 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 cmolc(하전량 단위)를 몰수처럼 취급해 원자량만 곱하고 원자가(2가)로 나누는 과정을 빠뜨리는 것이다. 그렇게 하면 실제 질량의 2배가 나오고, 여기에 토양량 2 kg을 곱하면 960 mg이나 1,920 mg 같은 배수 오답이 나온다. 또한 토양 1 kg 기준 값(240 mg)과 토양 전체 2 kg 기준 값(480 mg)을 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

cmolc/kg 단위가 나오면 먼저 CEC와 포화도를 곱해 해당 이온의 cmolc/kg 값을 구하고, 그다음 원자가로 나눈 원자량(당량)을 곱해 mg/kg으로 환산한 뒤, 마지막에 토양의 실제 질량(kg)을 곱하는 순서로 계산한다. 순서를 바꾸지 않는 것이 실수를 줄이는 방법이다.

암기 포인트

질량(mg) = CEC × 포화도 × 원자량원자가× 10 × 토양질량(kg) 순서로 계산하는 공식을 기억해 둔다.
여기서 원자량원자가이 바로 그 이온의 당량(1 mol_c당 g수)이다.

NoteBase