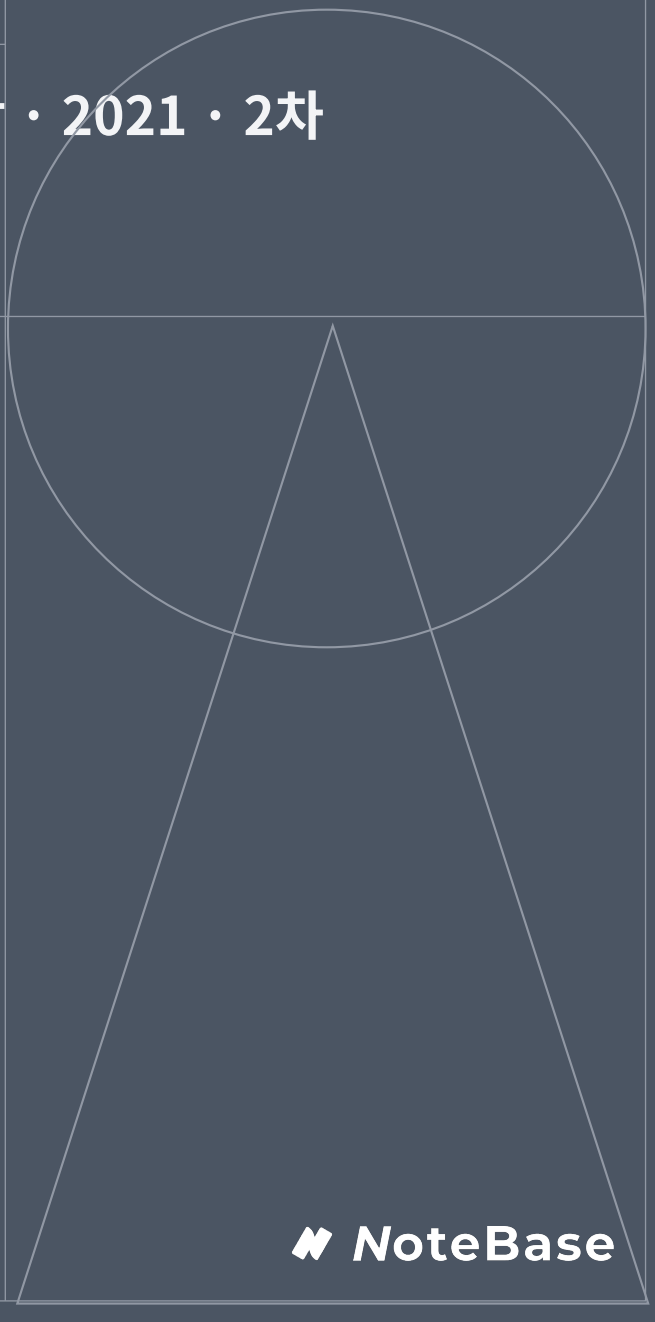
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2021 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2021 · 2차

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2021 · 2차

문 1. 다음과 같은 특성을 갖는 토양생성작용은?

◯ 건조 또는 반건조 기후 지역에서 나타난다.
◯ 용해성이 큰 염화물과 황산염이 용탈된다.
◯ 칼슘 이온Ca^{2+}, 마그네슘 이온Mg^{2+} 등이 탄산염의 형태로 집적된다.

① 석회화작용(Calcification)
② 염류화작용(Salinization)
③ 포드졸화작용(Podzolization)
④ 회색화작용(Gleyzation)

정답 1번

출제 포인트

제시된 세 가지 특성(건조·반건조 기후, 용해성 큰 염류의 용탈, 칼슘·마그네슘 이온의 탄산염 형태 집적)을 근거로 해당 토양생성작용의 명칭을 맞히는 문항이다. 건조·반건조 지역의 물질 이동 방향(위에서 아래로 향하는 용탈과 특정 깊이에서의 집적)을 이해하는지가 핵심이다.

핵심 개념

석회화작용(Calcification)은 건조 또는 반건조 기후에서 강수량이 적어 용탈이 제한적으로 일어나는 토양생성작용이다. 이 과정에서 용해도가 큰 염화물과 황산염은 씻겨 내려가지만, 상대적으로 용해도가 낮은 칼슘과 마그네슘 이온은 토양 하부의 일정 깊이에서 탄산염(석회질 집적층, 칼릭층) 형태로 쌓인다. 염류화작용은 지하수의 모세관 상승과 증발로 염류가 토양 표면 부근에 집적되는 작용이고, 포드졸화작용은 냉온습윤한 침엽수림 기후에서 유기산에 의해 철·알루미늄과 부식이 용탈되어 표백층(회백색 용탈층)을 만드는 작용이며, 회색화작용(글레이화작용)은 배수가 불량한 환원 조건에서 철이 환원되어 청회색을 띠는 작용이다.

NoteBase

선지별 해설

① 석회화작용(Calcification): O. 건조·반건조 기후, 염화물·황산염의 용탈, 칼슘·마그네슘의 탄산염 집적이라는 제시된 특성이 모두 이 작용의 정의와 정확히 일치한다.
② 염류화작용(Salinization): X. 염류화작용은 지하수위가 얕은 곳에서 모세관 현상으로 염류가 지표 부근에 집적되는 작용으로, 용탈보다는 표층 집적이 특징이므로 제시문과 맞지 않는다.
③ 포드졸화작용(Podzolization): X. 냉온습윤 침엽수림 기후에서 일어나며 철·알루미늄·부식산이 용탈되어 표백층을 형성하는 작용으로, 건조·반건조 기후나 탄산염 집적과는 관련이 없다.
④ 회색화작용(Gleyzation): X. 지하수위가 높거나 배수가 불량한 환원 환경에서 철이 환원되어 회색·청회색을 띠는 작용으로, 건조 기후의 탄산염 집적과는 무관하다.

오답 포인트

염류화작용과 석회화작용을 혼동하기 쉬운데, 두 작용 모두 건조·반건조 기후와 관련되지만 물질의 이동 방향이 반대이다. 석회화작용은 하강 용탈 후 하부 집적이고, 염류화작용은 지하수의 상승·증발에 의한 표층 집적이다. 또한 집적되는 물질도 석회화작용은 칼슘·마그네슘의 탄산염이고, 염류화작용은 염화물·황산염 등 용해도가 큰 염류 자체라는 점에서 구분된다.

다시 나오면 이렇게 판단

제시문에 건조·반건조 기후가 나오면 우선 석회화작용과 염류화작용을 후보로 좁힌다. 그 다음 용해도가 큰 염(염화물·황산염)이 용탈되는지 집적되는지를 확인한다. 용탈되고 칼슘·마그네슘이 탄산염 형태로 쌓인다고 하면 석회화작용, 반대로 표층에 염류 자체가 쌓인다고 하면 염류화작용으로 판단한다.

암기 포인트

석회화작용은 건조·반건조 기후에서 '큰 염은 용탈, 칼슘·마그네슘은 탄산염으로 집적'된다고 묶어 기억해 둔다. 염류화작용은 '증발로 표층에 염류 집적', 포드졸화작용은 '냉온습윤·철알루미늄 용탈·표백층', 회색화작용은 '과습·환원·회색'으로 짝지어 정리해 둔다.

NoteBase

문 2. 토양층위의 분화과정에서 기본토층의 시간적 형성 순서로 옳은 것은?

① A층 → B층 → C층

② A층 → C층 → B층

③ C층 → A층 → B층

④ C층 → B층 → A층

정답 3번

출제 포인트

토양단면이 발달하는 과정에서 기본토층인 A층, B층, C층이 시간적으로 어떤 순서로 형성되는지를 묻는 문제이다. 모재층인 C층이 먼저 존재한 상태에서 지표로부터 층위 분화가 시작되어 A층이 먼저 뚜렷해지고, 물질의 이동과 집적으로 형성되는 B층은 그보다 늦게 뚜렷해진다는 토양생성학적 순서를 이해하는지를 확인한다.

올바른 순서

C층(모재) → A층(표층, 용탈층) → B층(집적층) 순으로 형성된다. 토양생성과정은 기반암이나 미고결 퇴적물인 모재, 즉 C층으로부터 출발한다. 지표면에서부터 물리적·화학적 풍화작용과 유기물의 유입이 시작되면서 비교적 이른 시기에 A층이 분화되어 나타난다. 반면 B층은 A층에서 아래로 이동한 점토, 철·알루미늄 산화물 등의 물질이 하부에 쌓여 형성되는 집적층으로, 이러한 집적작용이 뚜렷하게 나타나기까지는 A층이 분화되는 것보다 더 오랜 시간이 걸린다. 따라서 시간적 형성 순서는 C층 → A층 → B층이 된다.

선지별 해설

① A층 → B층 → C층: 틀린 표현이다. 모재층인 C층은 A층과 B층이 분화되기 이전부터 이미 존재하는 토층이므로, C층이 가장 마지막에 형성된다는 순서는 성립하지 않는다 → 올바른 표현은 C층이 가장 먼저 존재한다는 것이다.

② A층 → C층 → B층: 틀린 표현이다. C층(모재)은 A층보다 먼저 존재하는 토층이므로 A층이 C층보다 먼저 나타난다는 순서는 옳지 않다 → 올바른 표현은 C층이 A층보다 먼저라는 것이다.

③ C층 → A층 → B층: 옳은 표현이다. 모재(C층)가 먼저 존재한 상태에서 표층의 분화(A층)가 비교적 빠르게 일어나고, 이후 물질의 용탈·집적에 의한 B층 형성이 가장 늦게 뚜렷해지는 순서와 일치한다.

④ C층 → B층 → A층: 틀린 표현이다. A층은 지표에서 비교적 이른 시기에 분화되는 반면, B층은 A층으로부터 이동한 물질이 집적되어 형성되므로 A층보다 늦게 뚜렷해진다. B층이 A층보다 먼저 형성된다는 순서는 옳지 않다 → 올바른 표현은 A층이 B층보다 먼저 분화된다는 것이다.

NoteBase

오답 포인트

C층(모재)이 A층, B층보다 먼저 존재한다는 점을 놓치고 A층부터 형성이 시작된다고 착각하지 않도록 한다. 또한 A층은 지표에서 비교적 빠르게 분화되지만, B층은 A층에서 용탈된 물질이 집적되어야 뚜렷해지므로 A층보다 늦게 형성된다는 시간적 선후관계를 혼동하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양단면의 형성 순서를 묻는 문제는 항상 모재(C층)가 이미 존재하는 상태에서 출발하여, 지표에서부터 표층(A층)의 분화가 먼저 일어나고, 그 아래에 물질이 집적되는 B층이 가장 나중에 뚜렷해진다는 토양생성학의 기본 흐름을 기준으로 판단한다.

암기 포인트

모재(C)가 먼저 있고, 표층 분화(A)가 다음이며, 집적층(B)이 가장 나중이다. 형성 순서는 C → A → B로 암기한다.

NoteBase

문 3. 풍식(Wind erosion)과 수식(Water erosion)에 의한 토양 유실 현상에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 강우 현상은 풍식에 의한 토양 유실을 증가시킨다.

② 수분의 토양 침투율이 증가하면 수식에 의한 토양 유실이 증가한다.

③ 보전경운은 수식과 풍식에 의한 토양 유실을 모두 경감시킨다.

④ 동일 강수량에서 단시간보다 장시간 강우가 수식에 의한 토양 유실을 증가시킨다.

정답 3번

출제 포인트

풍식(바람에 의한 침식)과 수식(물에 의한 침식)이 토양 수분, 강우 특성, 경운 방식에 따라 각각 어떻게 증가하거나 감소하는지를 구분하는 문제이다. 두 침식 기작이 서로 반대 방향으로 작용하는 조건(예: 토양 수분)이 있다는 점과, 보전경운처럼 두 침식을 동시에 줄이는 대책이 있다는 점을 함께 알아야 한다.

핵심 개념

풍식은 건조하고 입자가 가벼운 토양 표면이 바람에 날려 유실되는 현상으로, 토양이 습할수록 입자 간 응집력이 커져 풍식이 억제된다. 수식은 빗물이 지표를 침식·운반하는 현상으로, 침투가 잘 될수록 지표를 흐르는 유거수(runoff)가 줄어 수식이 감소한다. 강우강도(단위시간당 강수량)가 클수록, 즉 같은 강수량이라도 짧은 시간에 집중적으로 내릴수록 유거수 발생 속도와 토양 입자 분리력이 커져 수식이 증가한다.
보전경운(conservation tillage)은 작물 잔사를 지표에 남겨 토양을 덮어 두는 방식으로, 지표 피복이 빗방울 충격과 유거수 흐름을 동시에 완화하고 바람에 의한 입자 비산도 막아 풍식과 수식을 모두 줄인다.

선지별 해설

① X: 강우로 토양 수분이 많아지면 토양 입자가 서로 뭉치고 무거워져 바람에 날리기 어려워지므로 풍식에 의한 토양 유실은 오히려 감소한다. 강우 현상이 풍식을 증가시킨다는 서술은 틀렸다.
② X: 토양 침투율이 증가하면 지표를 흐르는 유거수의 양이 줄어들어 수식에 의한 토양 유실은 감소한다. 침투율 증가가 수식을 증가시킨다는 서술은 실제와 반대이다.
③ O: 보전경운은 작물 잔사로 지표를 덮어 빗방울 충격 완화, 유거수 속도 저감, 바람에 대한 표면 보호 효과를 동시에 내므로 수식과 풍식에 의한 토양 유실을 모두 경감시킨다. 옳은 설명이다.
④ X: 동일한 강수량이라면 장시간에 걸쳐 천천히 내리는 강우보다 단시간에 집중적으로 내리는 강우(강우강도가 큰 경우)가 유거수와 토양 유실을 더 크게 증가시킨다. 단시간보다 장시간 강우가 수식을 증가시킨다는 서술은 실제와 반대이다.

NoteBase

오답 포인트

①과 ②는 모두 토양 수분·침투와 침식의 관계를 반대로 서술한 함정이다. 수분이 많아지면 풍식은 줄고, 침투가 잘 되면 수식도 줄어든다는 점을 헷갈리면 안 된다. ④는 동일 강수량 조건에서 강우강도(짧고 세게 vs 길고 약하게)의 영향을 반대로 뒤집어 놓은 함정이므로, '같은 양이면 세게 내릴수록 침식이 크다'는 원칙을 정확히 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양 수분·침투율 증가는 풍식과 수식 모두에 대해 침식을 억제하는 방향으로 작용한다는 점, 그리고 동일 강수량에서는 강우강도가 클수록(단시간 집중형) 수식이 커진다는 점을 기준으로 각 선지의 방향성(증가/감소)이 올바른지부터 확인한다. 보전경운·피복작물처럼 지표 피복을 늘리는 대책은 풍식·수식을 동시에 줄이는 대책으로 분류해 둔다.

암기 포인트

습하면 안 날린다(풍식↓), 스며들면 안 흐른다(수식↓), 세게 짧게 오면 더 깎인다(강우강도↑ → 수식↑), 덮어두면 둘 다 준다(보전경운 → 풍식·수식 모두↓).

NoteBase

문 4. 미량원소 중 질소고정 작용에 관여하는 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 몰리브덴(Mo)
ㄴ. 아연(Zn)
ㄷ. 구리(Cu)
ㄹ. 코발트(Co)

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

미량원소(몰리브덴·아연·구리·코발트) 각각이 식물과 근류균의 어떤 생리 작용에 관여하는지를 구분해 질소고정에 직접 관여하는 원소만 골라내는 문제이다. 미량원소를 무조건 하나로 묶어 외우면 틀리기 쉽고, 각 원소의 대표 기능을 기억해야 한다.

핵심 개념

몰리브덴(Mo)은 근류균의 질소고정효소(니트로게나제)를 구성하는 핵심 금속으로, 대기 중 질소(N_2)를 암모니아 형태로 환원하는 반응에 직접 참여한다. 코발트(Co)는 근류균이 질소를 고정하는 과정에서 필요한 비타민 B_{12}(코발라민) 계열 조효소의 구성 성분이자 레그헤모글로빈 합성에 관여하여 질소고정에 간접적으로 필수적인 원소이다. 반면 아연(Zn)은 여러 효소의 활성화·단백질 합성·생장호르몬(옥신) 대사에 관여하고, 구리(Cu)는 광합성 전자전달계(플라스토시아닌)와 리그닌 합성 등 산화환원 효소의 구성 성분으로, 두 원소 모두 필수 미량원소이지만 질소고정 작용과는 직접적인 관련이 없다.

선지별 해설

① ㄱ, ㄴ → ㄱ(몰리브덴)은 질소고정에 관여하지만 ㄴ(아연)은 질소고정과 무관한 원소이므로 옳지 않다.
② ㄱ, ㄹ → ㄱ(몰리브덴)은 니트로게나제의 구성 성분으로, ㄹ(코발트)은 비타민 B_{12} 계열 조효소 및 레그헤모글로빈 합성 관련 성분으로 모두 질소고정 작용에 관여하므로 옳다.
③ ㄴ, ㄷ → ㄴ(아연)과 ㄷ(구리) 모두 질소고정과 직접 관련이 없는 원소들의 조합이므로 옳지 않다.
④ ㄷ, ㄹ → ㄷ(구리)는 질소고정과 무관하므로 옳지 않다(ㄹ만 관여).

NoteBase

오답 포인트

아연과 구리도 필수 미량원소라는 점 때문에 질소고정과 관련짓기 쉬운데, 이 둘은 각각 효소 활성화·호르몬 대사, 산화환원 반응(광합성 전자전달)에 관여할 뿐 질소고정효소 자체나 그 보조인자 합성에 참여하지 않는다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

미량원소가 나오면 먼저 '질소고정'이라는 키워드에 반응하는 원소가 몰리브덴과 코발트뿐이라는 점을 떠올린다. 몰리브덴은 니트로게나제의 금속 구성 성분, 코발트는 비타민 B_{12}·레그헤모글로빈 관련 성분으로 기억하면 다른 원소(아연·구리·철·붕소·망간 등)가 선지에 섞여도 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

질소고정 관여 미량원소 = 몰리브덴(Mo, 니트로게나제 구성) + 코발트(Co, 비타민 B_{12}·레그헤모글로빈 관련)로 짝지어 외운다.

NoteBase

문 5. 토양 미생물 중 원핵생물에 해당하지 않는 것은?

① 고세균(Archaea)

② 균근(Mycorrhizae)

③ 방선균(Actinomycetes)

④ 세균(Bacteria)

정답 2번

출제 포인트

토양 미생물을 원핵생물(핵막이 없는 세포)과 진핵생물(핵막이 있는 세포)로 구분할 수 있는지를 묻는 문항이다. 원핵생물에는 세균(진정세균)과 고세균이 속하고, 균류(곰팡이)·조류·원생동물 등은 진핵생물에 속한다.

핵심 개념

원핵생물(Prokaryote)=세균(Bacteria, 진정세균)과 고세균(Archaea)이 여기에 속하며 핵막과 막성 세포소기관이 없다. 방선균(Actinomycetes)은 균사 형태로 자라 곰팡이처럼 보이지만 세포 구조상 세균(진정세균)에 속하는 원핵생물이다. 진핵생물(Eukaryote)=핵막으로 둘러싸인 핵을 가지며, 토양 미생물 중에서는 균류(곰팡이·버섯 등)와 균근균, 조류, 원생동물이 여기에 속한다. 균근(Mycorrhizae)은 곰팡이(균류)가 식물 뿌리와 공생하는 형태이므로 균류에 해당하여 진핵생물이다.

선지별 해설

① 고세균(Archaea) — X(원핵생물에 해당) → 고세균은 세균과 함께 원핵생물의 양대 축을 이루는 생물군이다.
② 균근(Mycorrhizae) — O(원핵생물에 해당하지 않음) → 균근은 곰팡이(균류)가 식물 뿌리에 공생하여 형성하는 구조이며, 균류는 핵막을 가진 진핵생물이므로 원핵생물이 아니다.
③ 방선균(Actinomycetes) — X(원핵생물에 해당) → 방선균은 균사 모양으로 자라 곰팡이와 형태가 비슷하지만 세포 구조상 세균(진정세균)에 속하는 원핵생물이다.
④ 세균(Bacteria) — X(원핵생물에 해당) → 세균(진정세균)은 원핵생물의 대표적인 분류군이다.

오답 포인트

방선균을 균사 형태 때문에 곰팡이(진핵생물)로 착각하기 쉽지만, 세포벽 구성과 핵막 유무 등 세포 구조상 세균에 속하는 원핵생물이라는 점을 놓치면 안 된다. 반대로 균근은 이름에 '균'자가 들어가 세균류로 오인하기 쉬운데, 실제로는 곰팡이(균류)와 식물 뿌리의 공생체이므로 진핵생물이라는 점이 이 문항의 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양 미생물 분류 문제가 나오면 먼저 '핵막이 있는가 없는가'를 기준으로 원핵(세균, 고세균, 방선균)과 진핵(균류, 균근균, 조류, 원생동물)으로 나눈 뒤, 이름에 이끌리지 말고 실제 계통적 소속을 확인한다.

NoteBase

암기 포인트

원핵생물=세균(방선균 포함)+고세균. 진핵생물=균류(균근 포함)+조류+원생동물. '균'이라는 이름만 보고 판단하지 않는다.

NoteBase

문 6. 삼투퍼텐셜(ψ_o)과 전기전도도(EC) 간의 상관관계에서 염류집적 토양의 판정기준이 되는 삼투퍼텐셜(KPa)은?

$\psi_o = -0.036 \times EC$
(ψ_o: 삼투퍼텐셜(MPa), EC: 전기전도도(dS/m))

① -72
② -144
③ -216
④ -288

정답 2번

출제 포인트

염류집적토양(saline soil)의 판정기준이 되는 전기전도도(EC) 값을 알고, 주어진 관계식을 이용해 그에 대응하는 삼투퍼텐셜을 단위 변환까지 정확히 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

염류토(saline soil)의 분류 기준은 포화침출액의 전기전도도 EC가 4 dS/m 이상인 경우이다. 주어진 식 ψo = -0.036 × EC 에서 ψo의 단위는 MPa, EC의 단위는 dS/m이다. 문제에서 요구하는 답의 단위는 kPa이므로 MPa 값을 kPa로 환산하는 과정이 필요하다(1 MPa = 1,000 kPa).

사용할 공식

ψ_o(MPa) $= -0.036 \times EC$(dS/m)
단위 환산: 1 MPa = 1000 kPa

계산 과정

염류집적토양의 판정기준 EC = 4 dS/m을 식에 대입한다.
$\psi_o = -0.036 \times 4 = -0.144$ MPa
이를 kPa로 환산하면
-0.144 MPa $\times 1000 = -144$ kPa
따라서 염류집적토양의 판정기준이 되는 삼투퍼텐셜은 -144 kPa이다.

NoteBase

선지 판단

① -72 → X. EC = 2 dS/m을 대입했을 때 나오는 값이다(-0.036×2×1000=-72). 염류토 판정기준 EC인 4 dS/m을 쓰지 않은 오답이다.
② -144 → O. EC = 4 dS/m을 식에 대입해 얻은 -0.144 MPa를 kPa로 정확히 환산한 값과 일치한다.
③ -216 → X. EC = 6 dS/m을 대입한 값이다(-0.036×6×1000=-216). 기준 EC 값을 잘못 적용한 오답이다.
④ -288 → X. EC = 8 dS/m을 대입한 값이다(-0.036×8×1000=-288). 역시 기준 EC 값을 잘못 적용한 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 단위 환산이다. 계산 자체는 -0.036×4=-0.144까지는 쉽게 나오지만, 이 값의 단위가 MPa라는 것을 놓치고 그대로 -0.144를 답으로 고르거나 소수점 자리를 잘못 옮기면 오답으로 빠지기 쉽다. 또한 염류토 판정기준 EC 값을 2, 6, 8 dS/m 등으로 잘못 기억하면 각각 ①, ③, ④로 빠지게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 염류집적토양의 판정기준 EC가 4 dS/m임을 확정한 뒤 주어진 식에 대입하고, 문제에서 요구하는 단위(kPa)와 식에서 정의된 단위(MPa)가 다르면 반드시 1,000배 환산을 거친다. 대입-계산-단위환산의 세 단계를 순서대로 밟으면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

염류토(saline soil) 판정기준: 포화침출액 EC ≥ 4 dS/m, 그리고 이때 pH는 8.5 미만, 교환성나트륨비(ESP)는 15% 미만이라는 점도 함께 기억해 둔다. 1 MPa = 1,000 kPa 환산도 같이 외워 둔다.

NoteBase

문 7. 용적밀도가 1.3Mg/m^3이고, 입자밀도가 2.6Mg/m^3인 토양에서 용적수분함량이 20%인 경우, 이 토양의 수분포화도(%)는?

① 10

② 20

③ 40

④ 60

정답 3번

출제 포인트

용적밀도(가비중)와 입자밀도로부터 공극률을 구하고, 용적수분함량을 공극률로 나누어 수분포화도를 계산할 수 있는지 묻는다. 수분포화도는 전체 공극 부피 중 물이 차지하는 비율이므로, 전체 토양 부피 기준의 용적수분함량과는 분모가 다르다는 점이 핵심이다.

조건 정리

용적밀도(가비중) $\rho_b = 1.3\ \text{Mg/m}^3$, 입자밀도 $\rho_s = 2.6\ \text{Mg/m}^3$, 용적수분함량 $\theta_v = 20\%$이다.

사용할 공식

공극률 $f = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$이고, 수분포화도 $S = \frac{\theta_v}{f} \times 100$이다. 공극률은 토양 전체 부피 중 고상이 차지하지 않는 부피의 비율이고, 수분포화도는 그 공극 부피 중 물이 채워진 비율이다.

계산 과정

공극률을 먼저 구하면 $f = 1 - \frac{1.3}{2.6} = 1 - 0.5 = 0.5$, 즉 50%이다. 이어서 수분포화도는 $S = \frac{20}{50} \times 100 = 40\%$이다.

선지 판단

① 10 — X. 용적수분함량 20%를 공극률 50%로 나누지 않고 절반으로 잘못 줄인 값으로, 계산 과정이 맞지 않는다.
② 20 — X. 이는 용적수분함량 자체의 값이며, 공극률로 나누는 과정을 거치지 않은 값이므로 수분포화도가 아니다.
③ 40 — O. 공극률 50%에 대해 용적수분함량 20%가 차지하는 비율은 20/50 × 100 = 40%이므로 옳다.
④ 60 — X. 공극률이나 용적수분함량 어느 쪽에서 유도해도 나오지 않는 값이다.

NoteBase

오답 포인트

용적수분함량(전체 토양 부피 대비 물의 비율)을 그대로 수분포화도로 착각하는 것이 가장 흔한 오답 경로이다. 수분포화도는 반드시 공극률을 분모로 다시 나눈 값이어야 한다. 또한 공극률 계산 시 용적밀도와 입자밀도의 비를 빼는 순서(1에서 빼는 것)를 거꾸로 적용하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

용적밀도와 입자밀도가 주어지면 먼저 공극률을 구하는 단계를 거친다고 생각한다. 그다음 용적수분함량이 주어지면 그 값을 공극률로 나누어야 수분포화도가 된다는 두 단계 계산 흐름을 그대로 적용한다.

암기 포인트

공극률 $f = 1 - \rho_b/\rho_s$, 수분포화도 $S = \theta_v/f \times 100$의 두 공식을 순서대로 적용하는 것으로 정리해 둔다.

NoteBase

문 8. 질산화(Nitrification) 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 질산화는 호기적 조건에서 일어난다.

② 질산화에 의해 토양의 pH가 낮아진다.

③ 질산화균은 전형적인 종속영양세균이다.

④ Nitrapyrin에 의해 질산화가 저해된다.

정답 3번

출제 포인트

질산화(Nitrification) 과정의 조건, 결과, 관여 미생물의 영양 유형, 저해제까지 종합적으로 묻는 문항이다. 질산화균의 영양 방식(독립영양 vs 종속영양)을 정확히 아는지가 핵심이다.

핵심 개념

질산화는 암모늄이온(NH_4^+)이 아질산이온(NO_2^-)을 거쳐 질산이온(NO_3^-)으로 산화되는 과정이며, 산소를 필요로 하는 호기적 반응이다. 이 반응을 수행하는 질산화균(Nitrosomonas, Nitrobacter 등)은 유기물을 탄소원·에너지원으로 쓰는 종속영양세균이 아니라, 무기물 산화에서 에너지를 얻고 이산화탄소를 탄소원으로 고정하는 화학독립영양세균(chemoautotroph)이다. 또한 질산화 반응이 진행되면 수소이온(H^+)이 생성되어 토양이 산성화되며, Nitrapyrin과 같은 질산화 저해제는 Nitrosomonas의 활동을 억제해 질산화를 늦춘다.

선지별 해설

① 질산화는 호기적 조건에서 일어난다 → O. 질산화균은 산소를 이용해 암모늄을 산화시키는 호기성 반응을 수행하므로 옳은 설명이다.
② 질산화에 의해 토양의 pH가 낮아진다 → O. 질산화 과정에서 수소이온이 방출되어 토양이 산성화되므로 옳은 설명이다.
③ 질산화균은 전형적인 종속영양세균이다 → X. 질산화균은 유기물을 탄소원으로 이용하는 종속영양세균이 아니라, 무기물(암모늄·아질산)을 산화해 에너지를 얻고 이산화탄소를 탄소원으로 고정하는 화학독립영양세균이다. 따라서 틀린 설명이며, 이 문항의 정답이다.
④ Nitrapyrin에 의해 질산화가 저해된다 → O. Nitrapyrin은 대표적인 질산화 저해제로 Nitrosomonas의 암모늄 산화 단계를 억제하여 질산화 속도를 늦춘다.

오답 포인트

질산화균을 종속영양세균으로 착각하기 쉬운데, 이는 토양 내 대부분의 미생물이 유기물을 분해하는 종속영양균이라는 통념 때문이다. 그러나 질산화균은 예외적으로 무기물 산화 에너지를 이용하는 화학독립영양균이라는 점을 구분해서 기억해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

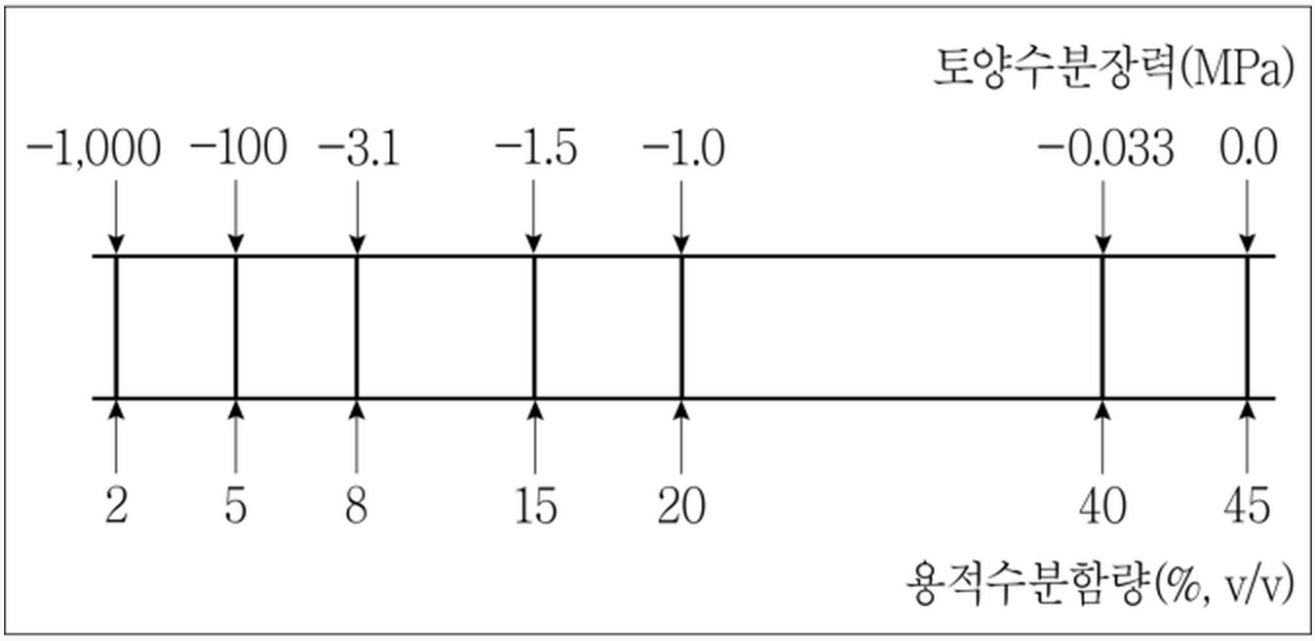
질산화 관련 문항에서는 (1) 호기적 조건 여부, (2) pH 변화 방향, (3) 관여 미생물의 영양 유형, (4) 저해제 종류 네 가지를 각각 따로 점검한다. 특히 '영양 유형'을 묻는 선지가 나오면 종속영양이 아니라 화학독립영양임을 우선 떠올린다.

암기 포인트

질산화균=화학독립영양세균(유기물 아닌 무기물 산화로 에너지 획득), 질산화=호기적+pH 저하, Nitrapyrin=질산화 저해제로 정리해 둔다.

NoteBase

문 9. 다음 수분 특성의 토양에서 유효수분(A), 모세관수(B), 흡습수(C)의 함량(%)을 바르게 연결한 것은?



① A 함량 25, B 함량 32, C 함량 6

② A 함량 25, B 함량 35, C 함량 3

③ A 함량 30, B 함량 37, C 함량 6

④ A 함량 30, B 함량 40, C 함량 3

정답 1번

출제 포인트

토양수분 특성곡선(토양수분장력 대 용적수분함량 그래프)을 읽고, 유효수분·모세관수·흡습수 각각이 어느 장력 구간의 수분함량 차이로 정의되는지를 구분해 계산하는 문제이다. 장력값과 그에 대응하는 용적수분함량을 정확히 짝짓는 것이 우선이고, 그다음 각 수분 구분의 경계 장력을 알아야 한다.

NoteBase

자료 읽는 순서

그림에서 화살표로 연결된 장력–함량 쌍을 먼저 정리한다: 0.0MPa(포화)—45%, -0.033MPa(포장용수량)—40%, -1.0MPa—20%, -1.5MPa(영구위조점)—15%, -3.1MPa(흡습계수)—8%, -100MPa—5%, -1,000MPa(풍건 부근)—2%.
유효수분(A)은 식물이 이용 가능한 물로, 포장용수량(-0.033MPa)에서 영구위조점(-1.5MPa)까지의 수분함량 차이이다: 40 - 15 = 25%.
모세관수(B)는 중력의 영향을 받지 않고 모세관력으로 토양 입자 사이에 남아 있는 물로, 포장용수량(-0.033MPa, 40%)에서 흡습계수(-3.1MPa, 8%)까지의 범위로 본다: 40 - 8 = 32%.
흡습수(C)는 토양 입자 표면에 강하게 흡착되어 식물이 이용할 수 없는 물로, 흡습계수(-3.1MPa, 8%)보다 더 강한 장력에서 남아 있는 수분, 즉 8%에서 가장 건조한 상태인 2%까지의 차이로 본다: 8 - 2 = 6%.

선지별 해설

① A 25, B 32, C 6 → O. A=40-15=25, B=40-8=32, C=8-2=6으로 그림의 수치와 정확히 일치한다.
② A 25, B 35, C 3 → X. A값 25는 맞지만 B와 C가 틀렸다. B=35, C=3이 되려면 그림에 없는 값을 사용한 것이므로 틀린 조합이다.
③ A 30, B 37, C 6 → X. A=30이 되려면 다른 장력 구간을 잘못 짝지은 것이며, 실제 유효수분은 40-15=25이지 30이 아니다.
④ A 30, B 40, C 3 → X. A와 B 모두 그림의 대응 관계와 맞지 않는다. B=40은 포장용수량의 값 자체이지 모세관수의 함량이 아니다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 포장용수량 자체의 수분함량(40%)을 모세관수량으로 착각하거나, 유효수분의 경계를 영구위조점이 아닌 다른 장력값으로 잘못 잡는 것이다. 모세관수와 흡습수는 각각 특정 값이 아니라 두 장력 구간 사이의 '차이'라는 점을 놓치면 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양수분 특성곡선 문제는 항상 경계가 되는 기준 장력부터 확정한다: 포화(0MPa), 포장용수량(-0.033MPa), 영구위조점(-1.5MPa), 흡습계수(-3.1MPa)이다. 유효수분=포장용수량-영구위조점, 모세관수=포장용수량-흡습계수, 흡습수=흡습계수-최저 함량(가장 건조 상태)의 차이로 계산하면 이 문제 유형은 빠르게 풀린다.

암기 포인트

포장용수량 -0.033MPa, 영구위조점 -1.5MPa, 흡습계수 -3.1MPa라는 세 기준 장력을 암기해 둔다. 유효수분=포장용수량-영구위조점, 모세관수=포장용수량-흡습계수, 흡습수=흡습계수 이하 잔류수분의 차이라는 계산 관계를 함께 기억한다.

NoteBase

문 10. 식물이 다음과 같은 증상을 보일 때, 부족한 영양소는?

◯ 결핍이 경미한 경우, 잎의 색이 연해진다.
◯ 잎의 끝과 가장자리가 누렇게 변하면서 고사한다.
◯ 식물체 내 이동성이 우수하여 결핍 시 성숙한 잎에서 주로 나타난다.

① 붕소(B)
② 칼륨(K)
③ 철(Fe)
④ 마그네슘(Mg)

정답 2번

출제 포인트

이 문항은 식물 필수영양소 결핍 시 나타나는 전형적인 결핍 증상(잎색 변화 양상, 괴사 부위, 결핍 발현 잎의 위치)을 보고 어떤 영양소인지 판정하는 문제이다. 핵심 단서는 세 가지이다. 첫째, 결핍이 경미할 때 잎 전체 색이 연해지는 것(엽록소 형성 저해에 따른 담녹화·황화). 둘째, 잎의 끝과 가장자리부터 누렇게 변하며 고사하는 괴사 양상. 셋째, 식물체 내 이동성이 우수하여 결핍 증상이 어린 잎이 아니라 성숙한(늙은) 잎에서 먼저 나타난다는 점이다. 이 세 단서를 모두 만족하는 원소를 찾아야 한다.

핵심 개념

필수영양소는 식물체 내 재분배(이동성) 정도에 따라 결핍 증상이 나타나는 위치가 달라진다. 질소, 인, 칼륨, 마그네슘처럼 체내 이동성이 큰 원소는 결핍 시 오래된 잎(하위엽, 성숙엽)에서 먼저 증상이 나타난다. 이는 식물이 한정된 양의 영양소를 어린 잎과 생장점 쪽으로 우선 재분배하기 때문이다. 반대로 칼슘, 붕소, 철처럼 체내 이동성이 낮은 원소는 결핍 시 어린 잎이나 생장점에서 먼저 증상이 나타난다. 칼륨은 대표적인 이동성이 큰 원소로, 결핍 초기에는 잎 전체의 녹색이 옅어지고, 진행되면 잎 끝과 가장자리부터 황화·괴사가 일어나며 결국 갈변·고사에 이른다. 이러한 가장자리 및 끝부분 괴사(edge scorch, tip burn) 양상은 칼륨 결핍의 대표적 특징이며, 오래된 잎에서 먼저 나타난다는 점이 다른 이동성 낮은 원소들과 구분되는 결정적 근거가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① 붕소(B) - X. 붕소는 체내 이동성이 매우 낮은 원소로 결핍 시 증상이 생장점이나 어린 잎, 새로 나오는 조직에서 먼저 나타난다(생장점 고사, 열매·뿌리의 기형 등). 잎 끝·가장자리가 누렇게 변하며 성숙한 잎에서 증상이 나타난다는 조건과 맞지 않는다.
② 칼륨(K) - O. 칼륨은 체내 이동성이 우수하여 결핍 시 성숙한(오래된) 잎에서 먼저 증상이 나타난다. 경미할 때는 잎색이 옅어지고, 심해지면 잎 끝과 가장자리부터 누렇게 변하며 고사하는 전형적인 양상을 보인다. 제시된 세 가지 증상과 모두 일치한다.
③ 철(Fe) - X. 철은 이동성이 낮은 원소로 결핍 시 어린 잎에서 잎맥 사이가 황화되는 증상(맥간황화)이 먼저 나타나며, 잎맥은 녹색을 유지한다. 성숙한 잎에서 먼저 나타난다는 조건과 반대된다.
④ 마그네슘(Mg) - X. 마그네슘도 이동성이 커서 결핍 시 오래된 잎에서 증상이 먼저 나타나지만, 그 양상은 엽록소 구성 성분 부족에 따른 잎맥 사이 황화(맥간 황화, 잎맥은 녹색 유지)가 특징이다. 잎 끝과 가장자리가 누렇게 변하며 고사하는 양상과는 차이가 있다.

오답 포인트

이동성이 큰 원소(칼륨, 마그네슘, 질소, 인)는 모두 결핍 증상이 성숙한 잎에서 먼저 나타난다는 공통점 때문에 혼동하기 쉽다. 이때는 괴사의 형태로 구분해야 한다. 칼륨 결핍은 잎의 끝과 가장자리부터 누렇게 변하며 고사하는 반면, 마그네슘 결핍은 잎맥은 녹색으로 남고 잎맥 사이 조직만 황화되는 맥간황화가 특징이다. 붕소와 철은 이동성이 낮아 어린 잎·생장점에서 증상이 먼저 나타난다는 점에서 애초에 제외된다.

다시 나오면 이렇게 판단

영양소 결핍 문제는 먼저 증상이 나타나는 위치(어린 잎인지 성숙한 잎인지)로 이동성이 큰 원소군(N, P, K, Mg)과 이동성이 낮은 원소군(B, Ca, Fe, S, Mn 등)을 나눈 다음, 괴사·황화의 구체적 형태(잎 전체 황화인지, 맥간황화인지, 가장자리·끝부분 괴사인지)로 세부 원소를 특정하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

이동성 큰 원소(N, P, K, Mg) → 오래된 잎에서 먼저 증상. 이동성 작은 원소(B, Ca, Fe) → 어린 잎·생장점에서 먼저 증상. 칼륨 결핍 = 잎 끝·가장자리 황화 후 괴사(성숙엽). 마그네슘 결핍 = 맥간황화(성숙엽, 잎맥은 녹색 유지). 철 결핍 = 맥간황화(어린잎).

NoteBase

문 11. (가) ~ (라)의 유기물을 토양에 사용할 경우, 질소기아(Nitrogen starvation) 현상이 가장 우려되는 것은?

① 유기물 종류: (가), 리그닌 함량(%): 10, 탄질률(-): 10
② 유기물 종류: (나), 리그닌 함량(%): 10, 탄질률(-): 50
③ 유기물 종류: (다), 리그닌 함량(%): 30, 탄질률(-): 10
④ 유기물 종류: (라), 리그닌 함량(%): 30, 탄질률(-): 50

정답 2번

출제 포인트

질소기아(질소 부동화)는 탄질률(C/N비)이 높은 유기물을 토양에 넣었을 때 미생물이 유기물을 분해하면서 부족한 질소를 토양 중 무기태 질소로 보충해 작물이 이용할 질소가 일시적으로 고갈되는 현상이다. 이 문제는 탄질률과 리그닌 함량이라는 두 변수를 동시에 제시하여, 단순히 탄질률만으로 판단하지 않고 리그닌 함량이 분해 속도와 질소 요구의 집중도에 미치는 영향까지 함께 읽어낼 수 있는지를 묻는다.

자료 읽는 순서

첫째, 탄질률을 비교한다. (나)와 (라)는 탄질률이 50으로 (가), (다)의 10보다 훨씬 높아 질소기아가 우려되는 후보로 좁혀진다. 탄질률이 20~30 이하로 낮은 (가)와 (다)는 분해 시 오히려 질소가 무기화되어 방출되므로 질소기아 우려가 낮다.
둘째, 탄질률이 같은 (나)와 (라) 중에서 리그닌 함량을 비교한다. 리그닌은 분해가 느린 난분해성 물질이므로, 리그닌 함량이 높을수록 미생물의 분해 속도 자체가 느려져 질소 요구가 시간에 걸쳐 완만하게 분산된다.
셋째, (나)는 리그닌 함량이 10%로 낮아 미생물이 유기물을 빠르게 분해하는데, 탄질률은 50으로 높으므로 짧은 기간에 질소 요구가 집중적으로 몰려 질소기아가 가장 급격하고 심하게 나타난다. 반면 (라)는 리그닌 함량이 30%로 높아 분해가 더디게 진행되므로 같은 탄질률 50이라도 질소 요구가 장기간에 걸쳐 분산되어 질소기아의 정도가 (나)보다 완화된다.

선지별 해설

① (가) — 탄질률 10으로 낮아 분해 시 질소가 오히려 무기화되어 방출되는 조건이다. 질소기아 우려가 가장 낮다. (X)
② (나) — 탄질률 50으로 높고 리그닌 함량은 10%로 낮아 분해가 빠르게 진행되면서 질소 요구가 단기간에 집중된다. 질소기아가 가장 우려되는 조건이다. (O)
③ (다) — 탄질률 10으로 낮아 질소기아보다 무기화가 우세한 조건이다. (X)
④ (라) — 탄질률은 50으로 높지만 리그닌 함량이 30%로 높아 분해 속도가 느리고 질소 요구가 장기간에 분산되므로 (나)보다 질소기아의 우려 정도가 낮다. (X)

NoteBase

오답 포인트

탄질률이 같은 (나)와 (라)를 구분하지 못하고 탄질률만 보고 임의로 고르면 오답이다. 리그닌 함량이 높을수록 분해가 느려 질소 요구가 완만하게 분산된다는 점, 반대로 리그닌 함량이 낮을수록 분해가 빨라 질소 요구가 짧은 기간에 집중되어 질소기아가 더 급격하게 나타난다는 점을 놓치면 (라)를 정답으로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

탄질률과 리그닌 함량이 함께 제시되면, 먼저 탄질률로 질소기아 발생 여부의 큰 틀을 가리고, 탄질률이 같은 후보끼리는 리그닌 함량이 낮은 쪽(분해가 빨라 질소 요구가 집중되는 쪽)을 질소기아가 더 우려되는 것으로 판단한다.

암기 포인트

탄질률이 높을수록, 그리고 리그닌 함량이 낮아 분해가 빠를수록 질소기아가 급격하고 심하게 나타난다:
탄질률 ↑ + 리그닌 ↓ = 질소기아 최대.

NoteBase

문 12. 토양의 배수성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 용적밀도가 증가하면 불량해진다.

② 식질 토양보다 양질 토양이 양호하다.

③ 판상 구조보다 주상 구조가 양호하다.

④ 붉은색 토양보다 회색 토양이 양호하다.

정답 4번

출제 포인트

토양의 배수성에 영향을 주는 요인(용적밀도, 토성, 구조, 색깔)을 정확히 짝짓고, 그중 사실과 반대로 서술된 선지를 찾아내는 문제이다. 특히 토양 색깔과 배수성의 관계(산화 환경=붉은색, 환원 환경=회색)를 이해하고 있는지를 확인한다.

핵심 개념

용적밀도(가비중)가 크다는 것은 토양 입자가 조밀하게 다져져 공극(특히 대공극)이 줄어든 상태이므로 물이 통과할 공간이 부족해 배수가 불량해진다. 토성 면에서는 점토 함량이 높은 식질 토양은 미세공극이 많아 물을 붙잡고 잘 빠지지 않는 반면, 양질(양토) 토양은 모래·미사·점토가 적절히 섞여 대공극이 확보되어 있어 배수가 양호하다. 토양 구조 면에서는 판상 구조가 수평으로 얇게 겹쳐 있어 수직 방향 물 이동을 가로막는 반면, 주상(기둥형)·입상 구조는 수직 방향으로 큰 공극과 통로가 형성되어 물이 아래로 잘 빠진다. 토양 색깔 면에서는 배수가 좋아 산소가 충분히 공급되는 토양은 철이 산화되어 적색·황갈색을 띠고, 배수가 나빠 물에 잠겨 환원 상태가 지속되는 토양은 철이 환원되어 회색(청회색)의 반문(gley)을 띤다. 즉 붉은색 토양이 배수가 양호한 토양이고, 회색 토양은 오히려 배수가 불량한 토양을 가리킨다.

선지별 해설

① 용적밀도가 증가하면 불량해진다. → O. 용적밀도가 커질수록 토양이 치밀해지고 대공극이 줄어들어 투수성과 배수성이 나빠지므로 옳은 설명이다.
② 식질 토양보다 양질 토양이 양호하다. → O. 점토 함량이 높은 식질 토양은 미세공극 위주라 배수가 느리고, 양질 토양은 대공극이 충분해 배수가 상대적으로 양호하므로 옳은 설명이다.
③ 판상 구조보다 주상 구조가 양호하다. → O. 판상 구조는 수평층이 겹쳐 수직 침투를 방해하지만 주상 구조는 수직 방향 공극과 통로가 발달해 배수가 더 양호하므로 옳은 설명이다.
④ 붉은색 토양보다 회색 토양이 양호하다. → X. 붉은색은 산화 환경(배수 양호)에서 철이 산화되어 나타나는 색이고, 회색은 환원 환경(배수 불량, 과습·정체수)에서 나타나는 색이다. 따라서 실제로는 회색 토양보다 붉은색 토양이 배수가 양호한 것이며, '붉은색 토양보다 회색 토양이 양호하다'는 서술은 사실과 반대이다. 틀린 표현 → 올바른 표현: '붉은색 토양보다 회색 토양이 양호하다' → '회색 토양보다 붉은색 토양이 양호하다'.

NoteBase

오답 포인트

①②③을 배수성이 좋아지는 조건(공극 확보)으로 다 옳다고 판단해 놓고, ④의 색깔 비교에서 순서를 헷갈려 '붉은색=나쁨, 회색=좋음'으로 잘못 암기하면 오답을 고르게 된다. 토양 색과 배수성의 관계는 산화·환원 상태와 연결해서 기억해야 방향을 헷갈리지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

배수성 관련 선지에서 색깔이 등장하면 먼저 '산화(산소 충분)=붉은색·황갈색=배수 양호', '환원(산소 부족·과습)=회색·청회색=배수 불량'이라는 대응을 떠올린 뒤 선지의 비교 방향이 이와 일치하는지 확인한다. 용적밀도·토성·구조 관련 선지는 '공극(특히 대공극)이 많아지는 조건인가'를 기준으로 옳고 그름을 판단한다.

암기 포인트

배수 양호 조건: 낮은 용적밀도, 양질 토양, 입상·주상 구조, 붉은색(산화). 배수 불량 조건: 높은 용적밀도, 식질 토양, 판상 구조, 회색(환원, 글레이).

NoteBase

문 13. 경운으로 다져진 압밀 토양의 물리적 특성 변화에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 용적밀도가 감소한다.

② 입자밀도가 증가한다.

③ 대공극의 분포 비율이 증가한다.

④ 사토는 식토보다 공극량 감소가 적다.

정답 4번

출제 포인트

경운으로 토양이 압밀(다짐)되었을 때 용적밀도, 입자밀도, 공극의 크기별 분포, 토성(사토·식토)에 따른 공극량 변화 양상이 어떻게 달라지는지를 묻는다. 압밀은 토양 입자 사이의 배열이 조밀해지는 현상이므로 전체 공극량은 줄지만, 그 줄어드는 정도와 방식이 토성에 따라 다르다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

용적밀도(가밀도)=건조 토양의 질량을 겉보기 부피(입자+공극 포함)로 나눈 값이므로 다짐이 진행되면 부피가 줄어 용적밀도는 증가한다. 입자밀도(진밀도)는 토양을 이루는 고체 입자 자체의 질량 대 부피 비로, 압밀·경운 같은 물리적 교란으로는 변하지 않는 고유값이다. 공극은 크기에 따라 대공극(통기·배수를 담당)과 소공극(모세관수 보유)으로 나뉘는데, 다짐은 압력에 취약한 대공극을 먼저 눌러 소공극 비율을 상대적으로 높인다. 토성 측면에서 사토는 입자가 굵고 둥글어 골격 구조가 단단해 압력에 덜 눌리는 반면, 식토는 판상의 미세한 점토 입자와 큰 공극 구조를 가져 압력에 더 잘 눌려 공극량이 크게 줄어든다.

선지별 해설

① 용적밀도가 감소한다. → X: 다짐으로 부피가 줄면서 같은 질량이 더 좁은 부피에 들어가므로 용적밀도는 오히려 증가한다.
② 입자밀도가 증가한다. → X: 입자밀도는 입자 자체의 성질(비중)로 정해지는 값이라 다짐·경운 같은 물리적 처리로는 변하지 않는다.
③ 대공극의 분포 비율이 증가한다. → X: 다짐은 통기성이 큰 대공극을 먼저 압착시켜 없애므로 대공극 비율은 오히려 감소하고 소공극 비율이 상대적으로 늘어난다.
④ 사토는 식토보다 공극량 감소가 적다. → O: 사토는 입자 골격이 단단해 압력에 잘 버티므로 다짐에 따른 공극량 감소가 작고, 식토는 미세 입자와 큰 공극 구조 때문에 압력에 쉽게 눌려 공극량이 크게 줄어든다.

오답 포인트

용적밀도와 입자밀도를 혼동하지 않아야 한다. 용적밀도는 다짐에 따라 변하는 값이고, 입자밀도는 변하지 않는 고유값이다. 또한 다짐이 공극을 '늘린다'고 착각하지 않아야 한다 — 다짐은 항상 공극(특히 대공극)을 줄이는 방향으로 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 용적밀도·입자밀도가 함께 나오면 어느 것이 변하고 어느 것이 고유값인지부터 구분한다. 대공극·소공극 비율 문제는 '다짐은 큰 공극부터 없앤다'는 원리로 판단한다. 사토·식토 비교 문제는 입자 골격의 단단함(사토가 압력에 강함) 대 미세 구조의 압축 취약성(식토가 압력에 약함)을 기준으로 판단한다.

암기 포인트

다짐 → 용적밀도↑, 대공극↓(소공극 비중↑), 입자밀도는 불변. 사토는 골격이 단단해 다짐에 강하고(공극 감소 적음), 식토는 다짐에 약하다(공극 감소 큼).

NoteBase

문 14. 산성토양에서 나타나는 현상으로 옳은 것은?

① 유기물 분해 속도가 감소한다.

② 인산 가용화로 식물 유효도가 증가한다.

③ 몰리브덴(Mo)의 식물 유효도가 증가한다.

④ 화강암질 토양은 산성화에 저항하는 능력이 크다.

정답 1번

출제 포인트

토양이 산성화될 때 미생물 활성, 양분 유효도, 모암 특성이 어떻게 바뀌는지를 종합적으로 묻는 문항이다. 산성토양의 대표적 특징인 유기물 분해 지연과, 인·몰리브덴의 유효도 감소, 화강암질 토양의 낮은 완충능을 구분해서 알아야 한다.

핵심 개념

토양이 산성화되면(pH 저하) 미생물 활성이 떨어져 유기물 분해와 질소 무기화 속도가 느려진다. 인산은 pH가 낮아질수록 철·알루미늄과 결합해 불용성 화합물을 형성하므로 식물이 이용할 수 있는 유효 인산은 오히려 줄어든다. 몰리브덴은 다른 미량원소(철, 망간, 아연, 구리 등)와 반대로 pH가 낮을수록 유효도가 감소하고 알칼리성에서 유효도가 증가하는 특이한 원소다. 모암 측면에서 화강암질 토양은 석영 비율이 높고 염기성 광물(장석, 운모 등)의 풍화 산물인 점토·염기함량이 적어 완충능력(buffering capacity)이 낮으므로 산성화에 취약하다.

선지별 해설

① 유기물 분해 속도가 감소한다. → O. 산성 조건은 분해 미생물의 활성을 억제하므로 유기물 분해와 무기화 속도가 느려진다.

② 인산 가용화로 식물 유효도가 증가한다. → X. 산성토양에서는 인산이 철·알루미늄과 결합해 불용성 인산염을 형성하므로 식물 유효도는 오히려 감소한다.

③ 몰리브덴(Mo)의 식물 유효도가 증가한다. → X. 몰리브덴은 다른 미량원소와 반대로 산성 조건에서 유효도가 감소하고, pH가 높아질수록 유효도가 증가한다.

④ 화강암질 토양은 산성화에 저항하는 능력이 크다. → X. 화강암질 토양은 석영 비율이 높고 염기함량과 점토 함량이 낮아 완충능력이 작으므로 산성화에 대한 저항력이 오히려 약하다.

NoteBase

오답 포인트

인산과 몰리브덴을 같은 방향으로 헷갈리기 쉬운데, 인산은 산성에서 불용화되어 유효도가 감소하고 몰리브덴도 산성에서 유효도가 감소한다는 점에서 방향은 같지만, 흔히 다른 미량원소(철·망간·아연·구리)가 산성에서 유효도가 증가하는 것과 혼동해 몰리브덴도 증가한다고 잘못 판단하기 쉽다. 또한 화강암질처럼 규산질이 많은 모암은 완충능이 크다고 착각하기 쉬운데, 실제로는 염기 함량과 점토광물이 적어 완충능이 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

산성토양 관련 문제는 먼저 '미생물·유기물 분해는 느려진다'는 원칙을 세우고, 그다음 양분별 유효도 변화 방향(인·미량원소)을 개별적으로 점검한다. 몰리브덴은 예외적으로 산성에서 유효도가 감소한다는 점을 반드시 기억하고, 모암의 완충능력은 염기함량·점토광물 함량에 좌우된다는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

산성토양: 유기물 분해↓, 인산 유효도↓(Al·Fe와 결합), 몰리브덴 유효도↓(다른 미량원소와 반대 방향), 화강암질 토양은 완충능↓(산성화에 취약).

NoteBase

문 15. 토양색(Soil color)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 토양색 '7.5 R 7/2'에서 명도는 7, 채도는 2이다.

② 포장용수량의 수분상태에서 측정하는 것이 좋다.

③ 유기물이 풍부한 토양은 어두운 색을 띤다.

④ 논 토양은 산화철(Fe^{3+})을 함유하여 붉은색을 띤다.

정답 4번

출제 포인트

토양색 표기법(먼셀 표색계)의 구성 요소와 토양색을 결정짓는 화학적·환경적 요인을 정확히 아는지를 묻는 문항이다. 특히 산화 환경과 환원 환경에서 철 성분의 형태가 어떻게 달라지고 그에 따라 토양색이 어떻게 달라지는지가 핵심이다.

핵심 개념

먼셀 표색계는 토양색을 색상(Hue)·명도(Value)·채도(Chroma) 순서로 표기한다. 예를 들어 '7.5R 7/2'는 색상 7.5R, 명도 7, 채도 2를 뜻한다. 토양색은 수분 상태에 따라 달라 보이므로 관행적으로 포장용수량 수준의 습윤 상태에서 측정한다. 유기물 함량이 높을수록 부식화된 유기물의 어두운 색소 때문에 토양은 어둡게 보인다. 한편 논처럼 물에 잠겨 산소 공급이 차단된 환원 환경에서는 철이 산화철(Fe3+, 붉은색·황색 계열)이 아니라 환원철(Fe2+, 회색·청회색 계열)의 형태로 존재하며, 이 때문에 논 토양은 회색이나 청회색을 띠는 회색화(gley) 현상이 나타난다. 반대로 배수가 잘 되어 산소가 충분히 공급되는 밭 토양에서는 철이 산화되어 붉은색이나 황갈색을 띤다.

선지별 해설

① 먼셀 표기 '7.5R 7/2'에서 앞의 7.5R은 색상, 슬래시 앞의 7은 명도, 슬래시 뒤의 2는 채도를 나타낸다. 표기 순서와 각 자리의 의미가 정확히 일치하므로 옳은 설명이다.

② 토양색은 수분 함량에 따라 달라 보이므로 측정 조건을 통일할 필요가 있고, 관행적으로 포장용수량 수준의 습윤 상태에서 측정하는 것이 표준적인 방법이다. 옳은 설명이다.

③ 유기물이 부식화되면서 생기는 짙은 색소 성분 때문에 유기물 함량이 높은 표토일수록 어두운 색(흑색~암갈색)을 띤다. 옳은 설명이다.

④ 논 토양은 담수로 인해 산소가 차단된 환원 환경이 되므로 철은 산화철(Fe3+)이 아니라 환원철(Fe2+) 형태로 존재하며, 이 때문에 붉은색이 아니라 회색·청회색의 회색화(gley) 토양색을 띤다. '산화철(Fe3+)을 함유하여 붉은색을 띤다'는 설명은 틀렸다 → 논 토양은 환원철(Fe2+)을 함유하여 회색·청회색을 띤다.

NoteBase

오답 포인트

밭 토양(산화 환경)과 논 토양(환원 환경)에서 철의 산화 상태가 반대라는 점을 혼동하기 쉽다. 붉은색·황색 계열은 산화철(Fe3+)이 우세한 산화 환경(배수가 양호한 밭)에서 나타나고, 회색·청회색 계열은 환원철(Fe2+)이 우세한 환원 환경(담수 상태의 논)에서 나타난다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

'논 토양'이라는 표현이 나오면 곧바로 담수·환원 환경을 떠올리고, 철 성분은 Fe2+(환원철)·색은 회색·청회색 계열이라는 조합을 먼저 검증한다. 반대로 'Fe3+·산화철·붉은색·황갈색'이라는 조합이 나오면 배수가 양호한 산화 환경(밭 토양)에 해당하는 설명인지 확인한다.

암기 포인트

먼셀 표색계 순서는 색상(Hue)-명도(Value)/채도(Chroma)로 외워 둔다. 산화 환경(밭, 배수양호)=Fe3+=붉은색·황갈색, 환원 환경(논, 담수)=Fe2+=회색·청회색(gley)으로 짝지어 기억해 둔다.

NoteBase

문 16. 토양 유기물의 분해 특성에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 탄질률이 높으면(>30), 암모니아태 질소생성으로 pH가 상승한다.

② 탄질률이 높으면(>30), 유기물의 분해속도가 감소한다.

③ 탄질률이 낮으면(<10), 유기산의 생성으로 pH가 낮아진다.

④ 탄질률이 낮으면(<10), 무기태 질소의 양이 감소한다.

정답 2번

출제 포인트

토양 유기물 분해 시 탄질률(C/N ratio)이 미생물의 질소 요구와 분해 속도, 무기화·부동화 방향에 어떻게 영향을 미치는지를 묻는 문항이다. 탄질률이 높을 때와 낮을 때 나타나는 질소 순환의 방향(무기화 vs 부동화)을 정확히 구분하는 것이 핵심이다.

핵심 개념

토양 미생물은 자신의 체구성을 위해 탄소 약 20~30에 질소 1의 비율을 필요로 한다. 분해되는 유기물의 탄질률이 이 기준보다 높으면(약 30 초과) 유기물 속 질소량이 미생물 증식에 필요한 양보다 부족하므로, 미생물이 토양 중의 무기태 질소(암모니아태·질산태)까지 끌어다 쓰는 부동화(immobilization)가 일어난다. 이 경우 미생물 개체수 증식이 질소 부족으로 제한되어 유기물 분해 속도 자체가 느려진다. 반대로 탄질률이 낮으면(약 10 미만) 유기물 속 질소가 미생물 요구량보다 많아 남는 질소가 암모니아태 질소(NH_4^+)로 방출되는 무기화(mineralization, 특히 암모니아화 작용)가 우세해지고, 이때는 질소가 풍부하여 미생물 증식이 원활하므로 분해 속도는 오히려 빨라진다.

선지별 해설

① X: 탄질률이 높으면(>30) 질소가 부족해 미생물이 오히려 무기태 질소를 흡수하는 부동화가 일어나며, 암모니아태 질소가 새로 생성되어 pH가 상승하는 현상은 탄질률이 낮을 때(질소 과잉) 나타난다. 높은 탄질률에서는 암모니아 생성이 늘어나는 것이 아니라 오히려 억제된다.
② O: 탄질률이 높으면(>30) 유기물 내 질소가 미생물 증식에 필요한 양보다 부족하여 부동화가 일어나고, 미생물의 증식과 활동 자체가 질소 부족으로 제한되므로 유기물의 분해속도가 감소한다.
③ X: 탄질률이 낮으면(<10) 질소가 충분하여 무기화(암모니아화)가 활발히 일어나 암모니아태 질소가 증가하는데, 이는 대체로 토양 pH를 상승시키는 방향으로 작용한다. 유기산 생성으로 pH가 낮아진다는 설명은 탄질률과 직접 연결되는 분해 특성이 아니며, 낮은 탄질률에서 나타나는 주된 반응과 맞지 않는다.
④ X: 탄질률이 낮으면(<10) 미생물이 필요로 하는 것보다 질소가 많아 남는 질소가 무기태로 방출되는 무기화가 우세해지므로, 무기태 질소의 양은 감소가 아니라 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

탄질률이 높을 때와 낮을 때 일어나는 질소 순환의 방향(부동화 vs 무기화)을 반대로 기억하면 ①, ④와 같은 오답을 고르기 쉽다. '탄질률이 높다=질소가 부족하다=미생물이 질소를 빼앗아간다(부동화)', '탄질률이 낮다=질소가 남는다=무기태 질소로 방출된다(무기화)'는 방향을 헷갈리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 탄질률 수치(>30, <10)와 함께 pH 변화, 무기태 질소량 변화, 분해속도 변화가 제시되면 먼저 '질소가 부족한 상황인가, 남는 상황인가'부터 따진다. 탄질률이 높아 질소가 부족하면 부동화·분해속도 감소 방향으로, 탄질률이 낮아 질소가 남으면 무기화(암모니아화)·무기태 질소 증가 방향으로 판단하면 정오를 빠르게 가릴 수 있다.

암기 포인트

탄질률 높음(>30) → 질소 부족 → 부동화 → 분해속도 감소. 탄질률 낮음(<10) → 질소 과잉 → 무기화(암모니아화) → 무기태 질소 증가, pH 상승 경향으로 정리해 둔다.

NoteBase

문 17. 중금속 오염 토양의 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 망간(Mn)은 산화조건에서 불용화된다.

② 카드뮴(Cd)은 환원조건에서 불용화된다.

③ 크롬(Cr)은 환원상태보다 산화상태에서 독성이 크다.

④ 비소(As)는 환원상태보다 산화상태에서 독성이 크다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 토양 내 주요 중금속(망간, 카드뮴, 크롬, 비소)이 산화·환원 조건에 따라 용해도와 독성이 어떻게 달라지는지를 묻는다. 같은 원소라도 산화상태(원자가)가 바뀌면 토양 내 이동성과 독성이 크게 달라진다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

망간은 산화조건에서 Mn(IV) 산화물(예: MnO_2 형태)로 침전되어 불용화되고, 환원조건에서는 Mn(II)로 환원되어 용해도가 높아진다. 카드뮴은 환원조건(담수·혐기 상태)에서 황화물(CdS)을 형성해 불용화되며, 산화조건에서는 용해도가 높아져 이동성이 커진다. 크롬은 3가(Cr(III), 환원형)가 토양 입자에 강하게 흡착되어 이동성과 독성이 낮은 반면, 6가(Cr(VI), 산화형)는 음이온(크롬산이온) 형태로 존재해 이동성과 독성이 크다. 비소는 반대로 3가 아비산염(As(III), 환원형)이 5가 비산염(As(V), 산화형)보다 이동성과 독성이 더 크다는 점이 다른 중금속과 구별되는 특징이다.

선지별 해설

① 망간(Mn)은 산화조건에서 불용화된다 → 옳은 설명이다. 산화조건에서 망간은 Mn(IV) 산화물로 침전되어 불용화되므로 발문과 부합한다.
② 카드뮴(Cd)은 환원조건에서 불용화된다 → 옳은 설명이다. 환원조건에서 황화물(CdS)을 형성해 불용화되므로 발문과 부합한다.
③ 크롬(Cr)은 환원상태보다 산화상태에서 독성이 크다 → 옳은 설명이다. 산화상태인 6가 크롬이 환원상태인 3가 크롬보다 이동성과 독성이 크므로 발문과 부합한다.
④ 비소(As)는 환원상태보다 산화상태에서 독성이 크다 → 틀린 설명이다. 실제로는 반대로 환원상태의 아비산염(As(III))이 산화상태의 비산염(As(V))보다 이동성과 독성이 더 크다. 따라서 '틀린 표현 → 올바른 표현'은 '산화상태에서 독성이 크다 → 환원상태에서 독성이 크다'이며, 이 선지가 발문이 요구하는 '옳지 않은 것'에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

크롬과 비소를 같은 규칙(산화상태=고독성)으로 암기하면 혼동하기 쉽다. 크롬은 산화상태(6가)가 독성이 크지만, 비소는 반대로 환원상태(3가)가 독성이 크다는 점을 구분해야 한다. 또한 망간과 카드뮴은 '불용화 조건'을 묻는 문제이고, 크롬과 비소는 '독성이 큰 상태'를 묻는 문제이므로 질문의 초점이 다르다는 점도 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

중금속별 산화·환원 특성 문제는 각 원소를 개별적으로 떠올리기보다 두 그룹으로 나누어 판단한다. 첫째, 망간·카드뮴처럼 '환원조건에서 양이온 형태로 녹아나오는' 금속은 환원조건에서 용해도가 높아진다. 둘째, 크롬·비소처럼 산화상태에 따라 이온 형태 자체가 바뀌는 원소는 이동성·독성이 원소마다 다른 방향으로 나타나므로, 크롬은 '산화형(6가)=고독성', 비소는 '환원형(3가)=고독성'으로 정반대임을 짝지어 암기한다.

암기 포인트

망간·카드뮴: 산화되면 불용화(망간), 환원되면 불용화(카드뮴). 크롬: 산화형(6가, Cr(VI))이 고독성·고이동성. 비소: 환원형(3가, As(III))이 고독성·고이동성 — 크롬과 반대 방향임을 반드시 구분한다.

NoteBase

문 18. 식물 영양소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 철(Fe), 구리(Cu), 염소(Cl)는 필수 미량원소에 해당된다.

② 구리(Cu), 몰리브덴(Mo)은 독성을 나타내는 상위한계농도가 있다.

③ 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 무기물의 형태로 흡수된다.

④ 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S)은 유기물의 형태로 흡수된다.

정답 4번

출제 포인트

식물 필수원소 16종(다량원소 C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S와 미량원소 Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni)의 분류와 흡수 형태를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다. 특히 탄소·수소·산소·질소·황이 실제로 어떤 화학적 형태로 뿌리와 잎을 통해 흡수되는지가 핵심이다.

핵심 개념

다량원소 중 C, H, O는 공기 중의 이산화탄소(CO2)와 물(H2O), 산소(O2) 형태로 흡수·동화되며, N은 주로 질산이온(NO3-)과 암모늄이온(NH4+) 형태로, S는 황산이온(SO4^2-) 형태로 뿌리에서 흡수된다. 즉 C, H, O, N, S는 모두 무기물(이온 또는 무기 기체) 형태로 흡수된 뒤 식물체 내에서 광합성·동화작용을 거쳐 비로소 유기물로 합성되는 것이며, 유기물 상태 그대로 흡수되는 것이 아니다. 반면 K, Ca, Mg 같은 양이온성 원소는 애초에 유기물로 전환되지 않고 무기 이온 형태 그대로 흡수·이용된다. 미량원소 중 Cu와 Mo는 결핍 농도와 독성 농도의 폭이 좁아 과잉 시 쉽게 독성을 나타내는 상위한계농도(toxicity threshold)가 뚜렷하게 존재하는 대표적 원소이다.

선지별 해설

① 철(Fe), 구리(Cu), 염소(Cl)는 필수 미량원소에 해당된다 → O. 세 원소 모두 식물 필수 미량원소(micronutrient) 16종에 포함된다.
② 구리(Cu), 몰리브덴(Mo)은 독성을 나타내는 상위한계농도가 있다 → O. 미량원소는 요구량이 매우 적어 결핍과 과잉(독성) 사이의 농도 범위가 좁으며, 특히 Cu와 Mo는 상위한계농도를 넘으면 독성 장해가 뚜렷이 나타난다.
③ 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 무기물의 형태로 흡수된다 → O. 이들은 K+, Ca2+, Mg2+의 양이온 형태로 흡수되어 무기 이온 상태로 식물체 내에서 기능한다.
④ 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S)은 유기물의 형태로 흡수된다 → X. 이 다섯 원소는 각각 CO2·H2O·O2(C, H, O)와 NO3-·NH4+(N), SO4^2-(S)의 무기물(무기 이온 또는 무기 기체) 형태로 흡수된 후 식물체 내 동화작용을 거쳐 유기물로 합성되는 것이며, 유기물의 형태로 직접 흡수되는 것이 아니다. 틀린 표현 → 올바른 표현: '유기물의 형태로 흡수된다' → '무기물(이산화탄소·물·산소·질산이온·암모늄이온·황산이온)의 형태로 흡수된 후 체내에서 유기물로 합성된다'.

NoteBase

오답 포인트

C, H, O, N, S가 식물체 안에서 최종적으로 유기 화합물(탄수화물, 단백질 등)의 구성 성분이 된다는 사실과, 뿌리·잎에서 '흡수되는 순간의 화학적 형태'를 혼동하면 안 된다. 흡수 단계에서는 어떤 필수원소도 유기물 형태로 직접 흡수되지 않으며, 모두 무기 이온이나 무기 기체 형태로 흡수된 뒤 체내에서 유기물로 전환된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '~은 유기물의 형태로 흡수된다'는 문구가 나오면 일단 의심한다. 필수원소는 예외 없이 무기물(이온·기체) 형태로 흡수되고, 유기물이 되는 것은 흡수 이후 체내 동화 과정의 결과라는 원칙을 기준으로 옳고 그름을 판단한다.

암기 포인트

C·H·O는 CO2·H2O·O2로, N은 NO3-·NH4+로, S는 SO4^2-로, K·Ca·Mg는 각각의 양이온으로 흡수된다는 흐름을 '모든 필수원소는 무기물 형태로 흡수된다'는 한 문장으로 압축해 기억해 둔다.

NoteBase

문 19. 토양오염복원기술 중 토양증기추출(Soil vapor extraction) 기술에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 미세토양에서 통기성의 감소로 처리비용이 증가한다.

② 현장토양을 있는 그대로의 상태에서 적용하는 기술이다.

③ 중질유(Heavy oil), 폴리염소화바이페닐(PCBs)의 정화에 적합하다.

④ 건조토양에서 휘발성유기화합물(VOCs)의 제거율이 감소한다.

정답 3번

출제 포인트

토양증기추출(Soil Vapor Extraction, SVE)은 불포화대(포화되지 않은 토양) 내에 추출정을 설치하고 진공을 걸어 토양 공극 속의 기체를 흡인함으로써 휘발성이 높은 오염물질을 기화·제거하는 현장(in-situ) 물리적 복원기술이다. 이 문제는 SVE가 어떤 물질에 적용 가능하고 어떤 토양 조건에서 효율이 달라지는지를 정확히 구분하는지를 묻는다.

핵심 개념

SVE의 처리 효율을 좌우하는 핵심은 오염물질의 휘발성(증기압)이다. 증기압이 높은 휘발성유기화합물(VOCs, 예: 벤젠·톨루엔·트리클로로에틸렌 등)은 진공에 의해 기체 상태로 쉽게 추출되지만, 중질유나 폴리염소화바이페닐(PCBs)처럼 분자량이 크고 증기압이 매우 낮은 난휘발성 물질은 기화 자체가 잘 일어나지 않아 SVE로는 처리 효율이 낮다. 이런 물질에는 토양세정, 열탈착, 생물학적 처리 등 다른 기술이 더 적합하다.
한편 토양 자체의 물리적 상태도 효율에 영향을 준다. 미세토양(점토질처럼 입자가 고운 토양)은 공극이 작아 통기성이 떨어지므로 기체 흐름 경로 확보에 어려움이 있어 처리 비용이 늘어난다. 또한 토양이 지나치게 건조하면 오염물질이 토양 입자 표면에 흡착(sorption)되는 비율이 높아져 기체 상으로 넘어가는 양이 줄어들고, 그 결과 제거율이 오히려 낮아진다.

NoteBase

선지별 해설

① 미세토양에서 통기성의 감소로 처리비용이 증가한다 → O. 점토질처럼 입자가 고운 미세토양은 공극이 작아 공기 흐름이 원활하지 않으므로 동일한 추출 효과를 얻기 위해 더 많은 에너지와 시간이 필요해 처리비용이 늘어난다.
② 현장토양을 있는 그대로의 상태에서 적용하는 기술이다 → O. SVE는 오염토양을 굴착해 이동시키지 않고 현장(in-situ)에서 추출정을 통해 처리하는 기술이다.
③ 중질유(Heavy oil), 폴리염소화바이페닐(PCBs)의 정화에 적합하다 → X. 중질유와 PCBs는 분자량이 크고 증기압이 낮은 난휘발성 물질이어서 진공 추출로는 기화가 거의 일어나지 않는다. 틀린 표현 → 올바른 표현: “중질유·PCBs 정화에 적합하다” → “벤젠·톨루엔·트리클로로에틸렌 등 휘발성이 높은 물질의 정화에 적합하며, 중질유·PCBs와 같은 난휘발성 물질에는 적합하지 않다.”
④ 건조토양에서 휘발성유기화합물(VOCs)의 제거율이 감소한다 → O. 토양이 건조할수록 오염물질이 토양 입자 표면에 흡착되는 양이 늘어나 기체 상으로 이동하는 비율이 줄어들므로 제거율이 감소한다.

오답 포인트

SVE를 “휘발성 오염물질 전용 기술”로 이해하지 않고 “토양오염 복원기술이니 유류·유기오염물질이면 다 된다”고 넓게 생각하면 ③을 옳은 설명으로 착각하기 쉽다. 중질유·PCBs는 이름에 유기물질이 들어가지만 증기압이 낮아 기화 자체가 안 된다는 점, 즉 SVE 적용 여부는 ‘유기물이냐 아니냐’가 아니라 ‘휘발성이 있느냐’로 판단해야 한다는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 SVE와 특정 오염물질(중질유, PCBs, 다이옥신, 중금속 등)이 함께 나오면 먼저 그 물질의 휘발성(증기압)을 떠올린다. 휘발성이 낮은 물질이 언급되며 “SVE로 정화 가능/적합하다”는 식으로 서술되어 있으면 옳지 않은 선지일 가능성이 높다. 토양 상태(미세토양, 건조토양, 포화토양 등)와 처리효율의 관계를 묻는 선지는 공극·통기성·흡착 개념으로 검토한다.

암기 포인트

SVE는 휘발성 유기오염물질(VOCs) 전용 현장 물리적 복원기술이다. 미세토양은 통기성 저하로 비용 증가, 건조토양은 흡착 증가로 제거율 감소, 중질유·PCBs 같은 난휘발성 물질은 SVE 부적합이라는 세 가지 관계를 함께 묶어 기억해 둔다.

NoteBase

문 20. 최적영농관리방안(Best management practice)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 하안완충대는 수계 점오염원 유출을 줄인다.

② 피복작물은 농경지 질소(N) 손실을 줄인다.

③ 콩과작물은 농경지 질소(N) 비료를 대체한다.

④ 보전경운은 농경지 인(P) 손실을 줄인다.

정답 1번

출제 포인트

최적영농관리방안(Best Management Practice, BMP)은 농경지에서 발생하는 오염부하를 줄이기 위한 영농 및 시설 관리 기법이다. 이 문제는 각 BMP 기법이 어떤 오염 경로·양분 손실을 줄이는지 정확히 짝짓는지를 묻는다. 특히 오염원을 점오염원(관로·배출구 등 특정 지점에서 배출되는 오염원)과 비점오염원(농경지 표면유출처럼 배출 지점이 불특정한 확산성 오염원)으로 구분하는 것이 핵심이다.

핵심 개념

하안완충대(riparian buffer)는 농경지와 수계 사이에 식생대를 조성해 표면유출수와 지하침투수에 실려 오는 토사·양분·농약 등을 여과·흡착·흡수하는 기법으로, 대표적인 비점오염원 저감 대책이다. 점오염원은 배출구가 명확한 오염원(예: 공장 폐수관, 축사 정화조 방류구)으로, 하안완충대의 여과 기능과는 관련이 없다.
피복작물(cover crop)은 휴한기에 토양을 덮어 잔류 질소를 흡수·보전함으로써 용탈 손실을 줄인다.
콩과작물(legume)은 뿌리혹박테리아의 공생 질소고정을 통해 대기 중 질소를 토양에 공급하므로 질소비료 시용량을 대체하는 효과가 있다. 보전경운(conservation tillage)은 경운을 최소화해 토양 표면의 피복·잔사를 유지함으로써 토양유실을 억제하고, 이에 흡착되어 함께 유실되는 인(P)의 손실도 줄인다.

선지별 해설

① X — 하안완충대는 수계로 유입되는 비점오염원(농경지 표면유출·침투에 의한 확산성 오염)의 유출을 줄이는 기법이다. 배출구가 특정된 점오염원 유출을 줄인다는 설명은 틀렸다.
② O — 피복작물은 휴한기 토양에 남아 있는 질소를 흡수해 강우 시 용탈로 손실되는 것을 막아준다.
③ O — 콩과작물은 근류균의 질소고정으로 토양에 질소를 공급하므로 질소비료 사용량을 줄여 대체 효과를 낸다.
④ O — 보전경운은 토양 표면 교란을 최소화해 침식을 줄이므로, 침식된 토양 입자에 흡착되어 함께 유실되는 인의 손실도 함께 줄어든다.

NoteBase

오답 포인트

하안완충대의 기능을 점오염원과 비점오염원 중 어느 쪽에 연결하는지가 이 문제의 함정이다. '하안완충대=수계 오염 저감'까지만 기억하면 ①을 맞는 설명으로 착각하기 쉽다. 완충대는 표면유출·침투와 같이 넓은 면적에서 확산적으로 발생하는 비점오염원을 걸러주는 것이지, 관로나 배출구처럼 지점이 특정된 점오염원에는 작용하지 않는다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

BMP 관련 문제에서는 먼저 오염원을 점오염원과 비점오염원으로 나누고, 완충대·피복작물·초생대처럼 식생을 이용한 기법은 비점오염원(표면유출·침투) 저감과 짝짓는다. 그 다음 콩과작물은 질소고정→질소비료 대체, 보전경운은 침식 억제→토양 부착 양분(특히 인) 손실 저감이라는 인과관계를 각각 확인한다.

암기 포인트

하안완충대·초생대 = 비점오염원(표면유출) 저감, 점오염원 아님. 피복작물 = 질소 용탈(손실) 저감. 콩과작물 = 질소고정으로 질소비료 대체. 보전경운 = 침식 억제로 인(P) 손실 저감.

NoteBase

문 21. 부식(Humus)의 화학적 특성에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 낮은 pH에서는 영구전하가 우세하고, 높은 pH에서는 가변전하가 우세하다.
ㄴ. 부식산은 알칼리에는 용해되고, 산(pH 1 ~ 2)에는 침전되는 물질이다.
ㄷ. 등전점은 pH 3 정도로 등전점보다 높으면 순(net) 음전하를 가진다.
ㄹ. 페놀성 알콜(Phenolic OH)의 작용기 대부분은 pH 8 이하에서 해리된다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

부식(humus)이 가지는 전하의 성격과 부식산·부식·풀브산의 용해도 구분, 등전점 개념,
작용기(카르복실기·페놀성 OH기)의 해리 pH 범위를 정확히 구분해 아는지를 묻는 문항이다. ㄱㄴㄷㄹ 중 옳은 두 개를 고르는 조합형이므로 각 항목을 독립적으로 판단한다.

핵심 개념

전하의 종류: 영구전하는 광물의 동형치환에서 비롯되어 pH와 무관하게 일정하며 점토광물의 특성이다.
가변전하(pH 의존전하)는 유기물의 카르복실기(-COOH)·페놀성 OH기(-OH)나 산화물 표면의 수산기가 pH에 따라 해리·양성자화되며 생기는 전하로, 부식(유기물) 자체는 사실상 전량 가변전하이며 영구전하를 갖지 않는다.
부식물질의 용해도 구분: 풀브산은 산·알칼리 모두에 용해되고, 부식산(휴믹산)은 알칼리에는 용해되나 강산(pH 1~2)에서는 침전되며, 후민(humin)은 산·알칼리 모두에 불용이다.
등전점: 부식산의 등전점은 대략 pH 3 부근이며, 이보다 높은 pH에서는 해리된 음전하기가 양전하기보다 많아져 순(net) 음전하를 띤다.
작용기의 해리 pH: 카르복실기는 산성이 강해 pH 3~6 정도의 비교적 낮은 pH에서도 해리가 상당히 진행되지만, 페놀성 OH기는 산성도가 약해 pKa가 훨씬 높아 대체로 pH 9~10 이상의 높은 pH에서 주로 해리된다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. 낮은 pH에서 영구전하가 우세하고 높은 pH에서 가변전하가 우세하다는 서술은 점토광물처럼 영구전하와 가변전하를 함께 갖는 토양 콜로이드 전반에 적용되는 이야기이며, 부식(유기물) 자체의 화학적 특성으로는 맞지 않는다. 부식은 동형치환에 의한 영구전하를 갖지 않고 카르복실기·페놀성 OH기의 해리에 의한 가변전하만을 가지므로, 부식의 특성을 묻는 이 문항에서는 틀린 설명이다. → X
ㄴ. 부식산(휴믹산)은 알칼리 용액에는 용해되지만 강산(pH 1~2)에서는 응집·침전되는 물질로, 이는 부식산을 풀브산·후민과 구분하는 대표적 분류 기준과 일치한다. → O
ㄷ. 부식산의 등전점은 pH 3 정도이며, 이보다 높은 pH 영역에서는 해리된 산성 작용기(음전하)가 더 많아져 순음전하를 갖게 된다는 서술은 등전점의 정의 및 부식산의 실제 특성과 일치한다. → O
ㄹ. 페놀성 OH 작용기는 카르복실기보다 산성도가 약해 훨씬 높은 pH에서 해리가 일어난다. 대부분의 페놀성 OH기는 pH 8 이하가 아니라 pH 8을 넘는 높은 pH(대략 9~10 이상)에서 주로 해리되므로, 'pH 8 이하에서 대부분 해리된다'는 서술은 해리 pH 범위를 반대로 서술한 것이다. → X

오답 포인트

ㄱ을 옳다고 고르는 경우는 '영구전하-가변전하 pH 변화'라는 문구를 점토광물 일반론으로만 외워 부식(유기물)에도 그대로 적용한 것으로, 부식은 애초에 영구전하를 갖지 않는다는 점을 놓친 것이다. ㄹ을 옳다고 고르는 경우는 카르복실기의 낮은 해리 pH와 페놀성 OH기의 높은 해리 pH를 뒤바꿔 기억한 것으로, 페놀성 OH기는 pH 8 이하가 아니라 pH 8을 넘는 고pH에서 주로 해리된다는 점을 혼동한 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

'부식/휴믹산'의 화학적 특성을 묻는 문항에서는 먼저 이 물질이 영구전하가 아니라 가변전하만 갖는다는 점을 기준으로 세운다. 이어서 산·알칼리 용해도(풀브산=모두 용해, 부식산=알칼리에만 용해·강산에 침전, 후민=모두 불용)와 등전점(약 pH 3, 그 이상에서 순음전하) 두 가지를 확인하고, 작용기별 해리 pH는 카르복실기(낮은 pH)와 페놀성 OH기(높은 pH, 대략 pH 8~9 이상)를 짝지어 대조하면 옳고 그름을 빠르게 가려낼 수 있다.

암기 포인트

부식=가변전하만(영구전하 없음). 풀브산=산·알칼리 모두 용해, 부식산=알칼리 용해·강산(pH 1~2) 침전, 후민=모두 불용. 부식산 등전점≈pH 3(이상이면 순음전하). 카르복실기=낮은 pH에서 해리, 페놀성 OH기=높은 pH(약 8~9 이상)에서 해리.

NoteBase

문 22. 양이온교환용량(CEC)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 층상의 점토광물보다 부식에서 크다.

② 버티졸(Vertisol)보다 히스토졸(Histosol)에서 크다.

③ 스멕타이트(Smectite)보다 클로라이트(Chlorite)에서 크다.

④ A층의 양이온교환용량은 주로 부식함량에 의해 좌우된다.

정답 3번

출제 포인트

양이온교환용량(CEC)은 토양 콜로이드(점토광물·부식)가 표면에 붙잡을 수 있는 양이온의 총량을 뜻하며, 콜로이드의 종류와 구조에 따라 크기 순서가 크게 달라진다. 이 문항은 부식과 점토광물의 CEC 크기 비교, 대표 토양목(Vertisol·Histosol)의 CEC 비교, 2:1형 점토광물 사이의 CEC 비교, 그리고 A층에서 CEC를 좌우하는 요인을 종합적으로 묻고 있다.

핵심 개념

부식(humus)은 비표면적과 음전하 밀도가 매우 커서 콜로이드 중 CEC가 가장 크고, 대략 부식 > 버미큘라이트 > 스멕타이트 > 일라이트 > 클로라이트 > 카올리나이트 순으로 CEC가 작아진다. 스멕타이트는 2:1형 팽창성 광물로 층간 동형치환이 많아 CEC가 크며(대략 80~120 cmolc/kg 수준), 클로라이트는 층 사이에 수산화물층이 끼어 있는 비팽창성 2:1:1형 광물로 동형치환에 의한 하전이 작아 CEC가 훨씬 낮다(대략 10~40 cmolc/kg 수준). 히스토졸은 유기물(부식)이 토양의 대부분을 차지하는 토양목이라 CEC가 매우 크고, 버티졸은 점토광물로 스멕타이트를 우점광물로 가지지만 유기물 함량이 낮아 히스토졸보다 CEC가 작다. 한편 표토인 A층은 유기물(부식)이 집적되는 층이므로 CEC의 크기가 주로 부식함량에 의해 좌우되는 경우가 많다.

선지별 해설

① 부식은 층상 점토광물보다 비표면적과 표면전하가 커서 CEC가 크다. 옳은 설명이다.
② 히스토졸은 유기물(부식)이 토양 대부분을 차지해 CEC가 매우 크고, 버티졸은 스멕타이트 점토가 우점이지만 유기물 함량이 낮아 히스토졸보다 CEC가 작다. 옳은 설명이다.
③ 스멕타이트는 동형치환이 많은 팽창성 2:1형 광물로 CEC가 크고, 클로라이트는 층간 수산화물층 때문에 동형치환에 의한 하전이 작아 CEC가 작다. 따라서 '클로라이트에서 크다'는 표현은 틀렸다 → 실제로는 스멕타이트에서 더 크다. 옳지 않은 설명이며 이 문항의 정답이다.
④ A층은 유기물(부식)이 집적되는 표토층이므로 CEC가 주로 부식함량에 의해 좌우된다. 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

점토광물의 CEC 크기 순서(부식이 가장 크고, 팽창성 2:1형인 스멕타이트·버미큘라이트가 비팽창성 2:1:1형인 클로라이트나 1:1형인 카올리나이트보다 크다)를 광물 종류만 보고 거꾸로 외우면 ③과 같은 함정에 걸리기 쉽다. 광물의 '팽창성 여부'와 '동형치환 정도'를 기준으로 CEC 크기를 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

CEC 비교 문제가 나오면 먼저 부식이 가장 크다는 것을 기준점으로 놓고, 점토광물은 팽창성(2:1형)이 비팽창성(2:1:1형, 1:1형)보다 CEC가 크다는 원칙으로 순서를 재구성한다. 스멕타이트와 클로라이트처럼 비슷해 보이는 광물 쌍이 나오면 팽창성 여부를 먼저 따져 판단한다.

암기 포인트

CEC 크기 순서: 부식 > 버미큘라이트 > 스멕타이트 > 일라이트 > 클로라이트 > 카올리나이트. 히스토졸(유기물 우점) > 버티졸(스멕타이트 우점). A층 CEC는 부식함량이 좌우한다.

NoteBase

문 23. 음이온교환용량(AEC)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 점토광물은 풍화 정도가 클수록 증가한다.

② 흡착순위는 염소 < 황산 < 규산 < 인산 이온이다.

③ 철(Fe), 알루미늄(Al) 수산화물은 H^+농도가 높을수록 증가한다.

④ 유기물은 카르복실기(Carboxylic group)가 많을수록 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

음이온교환용량(AEC)이 커지는 조건을 정확히 아는지 묻는 문항이다. AEC는 토양 콜로이드 표면(주로 1:1형 점토광물과 Fe·Al 수산화물)의 양(+)전하가 음이온을 정전기적으로 끌어당기는 능력이며, 유기물의 카르복실기처럼 산성 작용기가 많아지는 것은 오히려 음(-)전하, 즉 양이온교환용량(CEC)을 늘리는 요인이라는 점이 핵심 함정이다.

핵심 개념

AEC는 토양 콜로이드 표면의 양전하량에 비례한다. 고도로 풍화된 토양일수록 2:1형 점토광물(스멕타이트 등)이 붕괴되고 1:1형 점토광물(카올리나이트)과 Fe·Al 산화물·수산화물의 비중이 커지는데, 이들은 pH가 낮아질수록(H+ 농도가 높을수록) 표면 -OH기가 -OH2+ 형태로 양성자화되어 양전하가 늘어난다. 반면 유기물의 카르복실기(-COOH)는 해리되면 -COO-로 되어 음전하를 만들므로 CEC를 증가시키는 대표적 작용기이며, AEC와는 반대 방향으로 작용한다. 음이온 흡착 선택성(친화도)은 일반적으로 염소 < 황산 < 규산 < 인산 순으로 커지며, 인산 이온이 가장 강하게 특이흡착된다.

선지별 해설

① O. 점토광물은 풍화 정도가 클수록 증가한다 → 옳다. 풍화가 진행될수록 1:1형 점토광물과 Fe·Al 산화물의 비중이 커져 양전하가 늘어나므로 AEC가 증가한다.

② O. 흡착순위는 염소 < 황산 < 규산 < 인산 이온이다 → 옳다. 토양 콜로이드에 대한 음이온의 흡착 친화도는 염소이온이 가장 약하고 인산이온이 가장 강하게 특이흡착되는 순서(염소 < 황산 < 규산 < 인산)로 알려져 있다.

③ O. 철(Fe), 알루미늄(Al) 수산화물은 H+농도가 높을수록 증가한다 → 옳다. pH가 낮아져 H+농도가 높아지면 Fe·Al 수산화물 표면의 -OH기가 양성자를 얻어 양전하(pH-dependent charge)가 늘어나므로 AEC가 증가한다.

④ X. 유기물은 카르복실기(Carboxylic group)가 많을수록 증가한다 → 틀린 표현. 카르복실기는 해리되어 음전하(-COO-)를 만드는 산성 작용기로서 CEC를 증가시키는 요인이며, AEC와는 무관하거나 오히려 감소시키는 방향으로 작용한다. → 올바른 표현: 유기물은 카르복실기가 많을수록 CEC가 증가하며, AEC는 이와 관계가 없다(또는 감소하는 방향이다).

NoteBase

오답 포인트

'전하가 많을수록 교환용량이 커진다'는 사실은 맞지만, 그 전하가 양전하인지 음전하인지를 구분하지 않으면 함정에 빠진다. 카르복실기·페놀기 등 유기물의 산성 작용기는 음전하를 만들어 CEC를 늘리는 것이지 AEC를 늘리는 것이 아니다. AEC를 늘리는 것은 Fe·Al 수산화물의 양전하, 그리고 저pH(H+ 농도 증가) 조건이라는 점을 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 'CEC'와 'AEC'를 바꿔치기하거나, 유기물·점토광물의 작용기를 다르게 제시하는 변형이 자주 나온다. 먼저 발문이 CEC를 묻는지 AEC를 묻는지 확인하고, 유기물의 산성 작용기(카르복실기·페놀기)는 CEC 요인, Fe·Al 수산화물의 pH 의존 양전하는 AEC 요인이라는 대응관계부터 고정해서 접근한다.

암기 포인트

AEC 증가 요인: 풍화도↑(1:1형 점토·Fe·Al 산화물↑), pH↓(H+농도↑). 음이온 흡착 세기: 염소 < 황산 < 규산 < 인산. 유기물의 카르복실기는 AEC가 아니라 CEC를 늘리는 요인이라는 점을 반대로 기억하지 않는다.

NoteBase

문 24. 점토광물에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 클로라이트(Chlorite)는 버미큐라이트(Vermiculite)와 같은 2:1 층상구조들 사이 공간에 칼륨 이온(K^+) 대신 양전하를 띠는 팔면체층(Brucite)을 가지며, 토양수분 조건에 따라 팽창과 수축이 일어난다.

② 일라이트(Illite)는 버미큐라이트(Vermiculite)나 몽모릴로나이트(Montmorillonite)와 같이 2:1 층상구조를 가지나, 토양수분 조건에 따라 팽창과 수축이 일어나지 않는다.

③ 카올리나이트(Kaolinite)는 몽모릴로나이트(Montmorillonite)보다 가용성 규소가 적은 용액에서 결정화 과정으로 형성되며, 토양수분 조건에 따라 팽창과 수축이 일어나지 않는다.

④ 몽모릴로나이트(Montmorillonite)는 가용성 규소와 마그네슘 이온(Mg^{2+})이 많은 용액에서 결정화 과정으로 형성되며, 토양수분 조건에 따라 팽창과 수축이 일어난다.

정답 1번

출제 포인트

이 문항은 대표적인 2:1형·1:1형 점토광물(클로라이트, 일라이트, 카올리나이트, 몽모릴로나이트)의 층상구조와 팽창·수축(수축·팽창성) 여부를 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다. 층 사이 결합력의 세기가 팽창성 유무를 결정한다는 원리를 각 광물에 적용해야 한다.

핵심 개념

2:1형 광물은 규산염 사면체층-알루미늄 팔면체층-규산염 사면체층이 겹친 구조이며, 층 사이 결합력에 따라 팽창성이 갈린다. 몽모릴로나이트는 층간 결합력이 약해 물 분자가 자유롭게 드나들어 팽창과 수축이 크게 일어난다. 일라이트는 층간에 칼륨 이온(K+)이 강하게 고정되어 있어 층이 벌어지지 않으므로 비팽창성이다. 클로라이트는 2:1 층 사이에 양전하를 띠는 팔면체층(브루사이트층)이 끼어 있는 2:1:1 구조인데, 이 브루사이트층이 인접한 규산염층과 강하게 결합해 층간격을 고정시키므로 비팽창성 광물로 분류된다. 카올리나이트는 1:1형(사면체층-팔면체층 1개씩) 구조이고 층간이 수소결합으로 강하게 결합되어 있어 역시 비팽창성이며, 가용성 규소 농도가 낮은 용액에서 결정화되어 생성된다. 반대로 가용성 규소와 마그네슘 이온이 풍부한 용액에서는 몽모릴로나이트가 결정화되어 형성된다.

NoteBase

선지별 해설

① X(정답, 옳지 않은 설명) — 클로라이트는 2:1 층 사이에 양전하를 띠는 브루사이트(팔면체)층이 끼어 있는 구조까지는 맞지만, 이 브루사이트층이 인접 층과 강하게 결합되어 층간격을 고정하기 때문에 토양수분 조건에 따른 팽창과 수축은 일어나지 않는다. "팽창과 수축이 일어난다"는 서술이 틀렸다 → 올바른 표현은 "팽창과 수축이 일어나지 않는다"이다.
② O — 일라이트는 버미큐라이트나 몽모릴로나이트와 같은 2:1 층상구조를 가지지만, 층 사이에 K+가 강하게 고정되어 있어 비팽창성이라는 설명이 정확하다.
③ O — 카올리나이트는 몽모릴로나이트보다 가용성 규소 농도가 낮은 용액에서 결정화되어 형성되며, 1:1형 구조로 층간 결합이 강해 팽창과 수축이 일어나지 않는다는 설명이 정확하다.
④ O — 몽모릴로나이트는 가용성 규소와 Mg^{2+} 이온이 풍부한 용액에서 결정화되어 형성되며, 층간 결합력이 약해 토양수분 조건에 따라 팽창과 수축이 크게 일어난다는 설명이 정확하다.

오답 포인트

클로라이트를 버미큐라이트나 몽모릴로나이트와 같은 팽창성 2:1형 광물로 착각하기 쉽다. 클로라이트는 층 사이에 별도의 팔면체층(브루사이트층)이 끼어 있는 2:1:1 구조라는 점에서 버미큐라이트·몽모릴로나이트와 구조적으로 유사해 보이지만, 이 팔면체층이 층간을 강하게 고정시켜 비팽창성을 띤다는 점이 핵심 차이이다. 구조의 유사성과 팽창성 여부는 별개로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점토광물 문제에서는 먼저 층상구조 형식(1:1형인지 2:1형인지, 2:1:1형인지)을 확인한 뒤, 층간에 무엇이 있고 그 결합력이 강한지 약한지를 따져 팽창성 여부를 판단한다. 비팽창성 광물(일라이트, 카올리나이트, 클로라이트)과 팽창성 광물(몽모릴로나이트, 버미큐라이트)을 짝지어 암기해 두면 헷갈리지 않는다.

암기 포인트

비팽창성: 카올리나이트(1:1형, 수소결합), 일라이트(2:1형, K^+ 고정), 클로라이트(2:1:1형, 브루사이트층 고정).
팽창성: 몽모릴로나이트, 버미큐라이트(2:1형, 층간 결합 약함). 몽모릴로나이트는 가용성 규소·Mg^{2+}가 풍부한 환경에서, 카올리나이트는 가용성 규소가 부족한 환경에서 형성된다.

NoteBase

문 25. $1kg$**의 토양이 흡착하고 있는 칼슘 이온(**Ca^{2+}**) 전량을 알루미늄 이온(**Al^{3+}**)으로 교환하고자 할 때, 필요한** Al^{3+}**의 양(**g**)은? (단,** Ca^{2+}**의 흡착량은** $10.0cmol_c$**이고,** Ca^{2+}**은** $40.0g/mol$**,** Al^{3+}**은** $27.0g/mol$**이다)**

① 0.9

② 2.7

③ 9.0

④ 27.0

정답 1번

출제 포인트

토양의 양이온 흡착량은 cmol_c(centimole of charge, 전하량 기준 몰) 단위로 주어지는데, 이를 실제 질량(g)으로 바꾸려면 원자량뿐 아니라 이온의 원자가(전하수)를 반드시 고려해야 한다는 점을 묻는다. Ca^{2+}이 흡착하던 전하량을 Al^{3+}이 그대로 교환해 채워야 하므로, 두 이온의 전하량(cmol_c)은 서로 같아야 한다는 것이 핵심이다.

조건 정리

Ca^{2+} 흡착량 = 10.0 cmol_c/kg (토양 1 kg 기준)
Ca^{2+}의 원자량 = 40.0 g/mol, 원자가 = 2
Al^{3+}의 원자량 = 27.0 g/mol, 원자가 = 3
조건: Al^{3+}으로 전량 교환 → 교환되는 Al^{3+}의 전하량(cmol_c) = Ca^{2+}의 전하량(cmol_c) = 10.0 cmol_c

사용할 공식

전하량(mol_c) = 이온의 몰수(mol) × 원자가
따라서 이온의 몰수(mol) = 전하량(mol_c) ÷ 원자가
질량(g) = 몰수(mol) × 원자량(g/mol)

계산 과정

10.0 cmol_c = 0.100 mol_c (1 mol_c = 100 cmol_c)
Al^{3+}의 몰수 = $\frac{0.100\ \text{mol}_c}{3} = 0.0333\ \text{mol}$
Al^{3+}의 질량 = $0.0333\ \text{mol} \times 27.0\ \text{g/mol} = 0.9\ \text{g}$
따라서 필요한 Al^{3+}의 양은 0.9 g이다.

NoteBase

선지 판단

① 0.9 — 전하량 기준으로 환산한 정확한 값과 일치한다 (O).
② 2.7 — 원자가를 나누지 않고 몰수를 0.100 mol로 그대로 써서 계산하면 나오는 값이다(전하량과 몰수를 혼동한 오답) (X).
③ 9.0 — cmol_c를 mol_c로 환산하지 않고(즉 10.0을 그대로 mol로 취급) 계산한 값이다 (X).
④ 27.0 — Al^{3+}의 원자량을 그대로 답으로 쓴 값으로, 계산 없이 원자량만 옮긴 오답이다 (X).

오답 포인트

이 문제의 함정은 cmol_c 단위를 mol 단위로 착각하거나, 원자가(전하수)로 나누는 과정을 빠뜨리는 데 있다. Ca^{2+}과 Al^{3+}은 전하수가 다르므로(2가 대 3가), 같은 전하량을 채우기 위해 필요한 몰수도 서로 다르다는 점을 놓치면 ②나 ③ 같은 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

흡착량이 cmol_c로 제시되면 먼저 100으로 나누어 mol_c로 바꾼 뒤, 교환할 이온의 원자가로 나누어 몰수를 구하고, 마지막에 원자량을 곱해 질량을 구하는 순서를 그대로 따른다. 전하량(cmol_c, mol_c)과 몰수(mol)를 같은 것으로 혼동하지 않는다.

암기 포인트

cmol_c는 전하량 단위이며, 이온의 몰수로 바꾸려면 반드시 원자가로 나눈다. 계산 순서: cmol_c → (÷100) → mol_c → (÷원자가) → mol → (×원자량) → g.

NoteBase