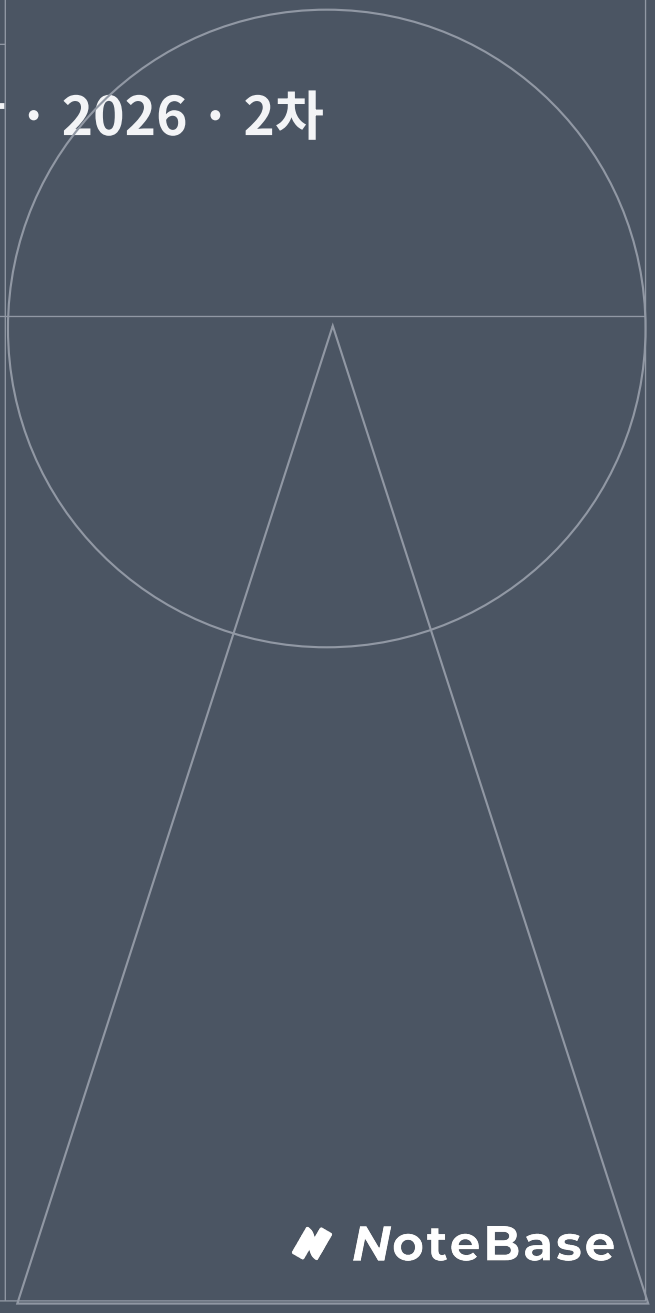
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2026 · 2차

공무원/국가직/7급 · 토양학 · 2026 · 2차

문 1. 토양생성 인자들에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 산성모재는 2가 양이온 함량이 염기성모재보다 상대적으로 높다.

② 강수량에 비례해 토양생성 속도는 느려진다.

③ 지형경사가 급할수록 암쇄토 생성이 촉진된다.

④ 왕성한 식생은 토양층으로의 침투수량을 감소시킨다.

정답 3번

간단한 해설

급경사에서는 빗물에 의한 침식으로 흙이 쉽게 제거되어 토양층이 충분히 발달하기 어렵다. 따라서 토층이 얕고 암석 조각이 많은 **암쇄토**가 형성되기 쉽다.

선지별 해설

① X: 산성모재는 염기성모재보다 칼슘·마그네슘과 같은 **2가 양이온의 함량이 상대적으로 낮다**. 화강암과 같은 산성암은 규산 함량이 높은 반면, 현무암과 같은 염기성암은 칼슘·마그네슘을 포함하는 광물이 상대적으로 풍부하다. 선지는 두 모재의 함량 관계를 반대로 설명했다.

② X: 물은 광물의 용해·가수분해 등 화학적 풍화와 토양 내 물질 이동에 관여하므로, 일반적으로 수분이 충분해지면 **풍화와 토양 발달이 촉진된다**. 강수량이 많아질수록 토양생성 속도가 비례하여 느려진다는 설명은 성립하지 않는다. 다만 강한 비는 침식을 일으킬 수도 있으므로, 강수량만으로 토양생성 속도를 일정한 비례 관계로 단정해서는 안 된다.

③ O: 경사가 급하면 지표를 따라 흐르는 물에 의해 토양이 쉽게 침식되고, 풍화된 물질이 사면 아래로 이동하기 쉽다. 이 때문에 깊고 뚜렷한 토양층의 발달이 제한되어 **토층이 얕고 암석 조각이 많은 암쇄토**가 형성되기 쉽다. 여기서 암쇄토 생성이 촉진된다는 것은 성숙한 토양층이 빠르게 발달한다는 뜻이 아니다.

④ X: 왕성한 식생은 일반적으로 **토양으로의 물 침투를 촉진한다**. 뿌리가 토양에 물길이 되는 공극을 만들고, 식물 잔재에서 공급된 유기물이 토양 입자를 뭉치게 하여 구조를 개선하기 때문이다. 지표의 식물과 낙엽도 빗방울의 충격과 지표 유출을 줄이므로, 침투수량이 감소한다는 설명은 일반적인 식생의 효과와 반대이다.

NoteBase

문 2. Fe^{2+}을 함유하고 있어 쉽게 풍화되는 Fe · Mg 함유 광물로만 구성된 것은?

① 석고, 방해석

② 백운모, 정장석

③ 감람석, 흑운모

④ 백운석, 각섬석

정답 3번

간단한 해설

감람석과 흑운모는 모두 **철·마그네슘을 함유하는 규산염 광물**이다. 이들에 포함된 Fe^{2+}의 산화는 광물의 구조 변화와 분해를 촉진하므로 지표에서 쉽게 풍화된다.

핵심 풀이

판별 기준: 단순히 쉽게 풍화되는 광물을 찾는 것이 아니라, 한 쌍의 광물이 **모두 Fe^{2+}을 함유하는 철·마그네슘 광물**인지 확인해야 한다. 물에 잘 녹거나 마그네슘을 함유한다는 사실만으로는 이 조건을 충족하지 않는다.

감람석·흑운모: 두 광물은 모두 철·마그네슘을 함유하는 규산염 광물이다. 지표의 산화 환경에서는 광물 속 **Fe^{2+}이 Fe^{3+}으로 산화**되면서 결정 구조가 변하고 분해가 촉진된다. 따라서 두 광물 모두 문항에서 제시한 성분과 풍화 특성에 부합한다.

경쟁 대안과의 구분: 석고는 칼슘의 황산염 광물이고 방해석은 칼슘의 탄산염 광물이므로, 쉽게 용해될 수 있어도 철·마그네슘 광물에 해당하지 않는다. 백운모와 정장석도 철·마그네슘을 주요 성분으로 하는 광물이 아니다. 각섬석은 철·마그네슘 광물이지만, 함께 제시된 백운석은 칼슘·마그네슘의 탄산염 광물이다. 백운석에 **마그네슘이 있다는 것만으로 철·마그네슘 광물로 분류하지 않는다**.

NoteBase

문 3. 토양 수분퍼텐셜에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 중력퍼텐셜은 지표에서 가장 높다.

② 염류 집적 토양에서 삼투퍼텐셜은 양(+)의 값을 보인다.

③ 압력퍼텐셜은 배수가 양호한 토양에서 기여도가 증가한다.

④ 담수 토양에서 중력퍼텐셜과 압력퍼텐셜은 서로 비례한다.

정답 1번

간단한 해설

중력퍼텐셜은 **기준면으로부터의 높이가 높을수록 커진다**. 지표에서 아래로 이어지는 토양 단면에서는 지표가 가장 높은 위치이므로 중력퍼텐셜도 가장 높다.

선지별 해설

① O: 중력퍼텐셜은 물의 높이에 따른 위치에너지로, 같은 기준면을 사용할 때 **높이가 높을수록 커진다**. 지표와 그 아래의 토양을 비교하면 지표에서 가장 높고 깊어질수록 낮아진다. 지표를 기준면으로 잡으면 지표에서는 0, 지표 아래에서는 음수가 되지만 이러한 대소 관계는 달라지지 않는다.

② X: 용해된 염류는 순수한 물에 비해 물의 퍼텐셜을 낮추므로 삼투퍼텐셜은 **음(−)의 값**을 갖는다. 염류 집적으로 토양 용액의 염류 농도가 높아질수록 삼투퍼텐셜은 더 낮아져 음의 절댓값이 커진다. 양(+)의 삼투압과 삼투퍼텐셜의 부호를 혼동하면 안 된다.

③ X: 여기서 압력퍼텐셜은 매트릭퍼텐셜과 구분하는 정수압 성분으로, **담수되거나 지하수면 아래에서 포화된 토양**에서 중요하다. 위에 놓인 물의 무게 때문에 양의 압력이 생긴다. 배수가 잘되어 불포화 상태가 되면 이 성분의 기여는 작아지고, 토양 입자의 흡착과 모세관 작용에 의한 음의 매트릭퍼텐셜을 고려해야 한다.

④ X: 담수된 토양에서 물이 정지한 정수평형 상태라면 깊어질수록 위에 놓인 물기둥이 길어져 압력퍼텐셜은 증가하지만, 위치가 낮아지므로 중력퍼텐셜은 감소한다. 따라서 두 성분은 **같은 방향으로 비례하여 증가하지 않는다**. 같은 단위로 나타내면 한 성분의 증가를 다른 성분의 감소가 상쇄하여 두 성분의 합이 일정하게 유지된다.

NoteBase

문 4. 점토 함량이 높은 토양에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 수분보유능력이 높고, 유기물 분해가 빠르다.

② 응집성이 크고, 공극률이 낮다.

③ 양분저장능이 높고, 통기성이 좋다.

④ 온도변화는 작거나 느리고, 팽창수축력은 높다.

정답 4번

간단한 해설

점토가 많은 토양은 일반적으로 모래가 많은 토양보다 수분을 많이 보유하여 **온도변화가 작거나 느리다**. 또한 수분의 증감에 따른 **팽창·수축이 크다**.

선지별 해설

① X: 점토는 입자가 작고 표면적이 커서 수분보유능력이 높다. 그러나 작은 공극에 물이 오래 남아 통기성이 나빠지기 쉬우므로, 호기성 미생물에 의한 **유기물 분해는 대체로 느리다**. '유기물 분해가 빠르다'를 '유기물 분해가 느리다'로 고쳐야 한다.

② X: 점토가 많은 토양은 입자 사이의 응집성이 크다. 그러나 일반적으로 모래가 많은 토양보다 **전체 공극률은 높다**. 공극 하나하나의 크기는 작지만 작은 공극이 많이 존재하기 때문이다. '공극률이 낮다'는 공극의 크기와 전체 공극의 부피 비율을 혼동한 설명이다.

③ X: 점토 입자는 표면적이 크고 표면에 음전하를 띠어 칼슘·칼륨 등의 양이온 양분을 붙잡으므로 양분저장능이 높다. 그러나 작은 공극이 많고 물이 잘 빠지지 않아 **통기성은 대체로 나쁘다**. '통기성이 좋다'를 '통기성이 나쁘다'로 고쳐야 한다.

④ O: 점토가 많은 토양은 수분을 많이 보유하며, 물은 비열이 커서 온도를 높이는 데 많은 열이 필요하다. 따라서 모래가 많은 토양에 비해 온도가 쉽게 오르내리지 않아 온도변화가 작거나 느리다. 또한 **젖으면 팽창하고 마르면 수축**하는 성질이 크다. 실제 팽창·수축의 정도는 점토광물의 종류에 따라 달라지며, 팽창성 점토광물이 많을수록 커진다.

NoteBase

문 5. 토양에서 유기물의 분해에 영향을 미치는 환경 요인에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 충분한 습도, 양호한 통기성, 따뜻한 온도에서 무기화가 촉진된다.

② 다습하고 혐기성인 토양은 다량의 유기물을 축적하는 경향이 있다.

③ 식생과 토양 특성에 의해 초지에서는 O층이 발달하고 삼림지에서는 A층이 발달한다.

④ 토양 세균, 진균, 원생동물 등의 먹이사슬이 활성화되면 식물에 대한 양분공급이 늘어난다.

정답 3번

간단한 해설

③은 초지와 삼림지에서 발달하는 토양층을 서로 바꾸어 설명했다. 일반적으로 초지에서는 뿌리에서 유래한 유기물이 광물질 토양에 섞여 **A층**이 두껍게 발달하고, 삼림지에서는 낙엽·낙지가 지표에 쌓여 **O층**이 발달한다.

선지별 해설

① O: 무기화는 유기물에 들어 있는 양분이 미생물의 분해 작용으로 식물이 이용할 수 있는 무기 형태로 바뀌는 과정이다. 미생물의 활동에 적합한 따뜻한 온도와 충분한 수분, 원활한 산소 공급은 무기화를 촉진한다. 여기서 충분한 수분은 **통기성을 유지하는 적정 수분**을 뜻하며, 물에 잠겨 산소가 부족한 상태와는 다르다.

② O: 토양이 과습해 공극이 물로 채워지면 산소 공급이 제한되어 호기성 미생물의 분해 활동이 억제된다. 이때는 유기물의 분해 속도가 느려져, 유입되는 유기물이 분해되는 양보다 많으면 **유기물이 축적**되기 쉽다. 혐기성 분해도 일어나므로 분해가 완전히 멈춘다는 뜻은 아니다.

③ X: 일반적으로 **초지에서는 A층, 삼림지에서는 O층**이 발달하는 경향이 있다. A층은 유기물이 광물질과 섞인 표토층으로, 초지에서는 많은 잔뿌리가 토양 속에서 죽고 분해되면서 두껍고 유기물이 풍부한 A층을 만든다. O층은 유기물이 주성분인 층으로, 삼림지에서는 지표에 떨어진 낙엽과 가지 등이 쌓이고 분해되면서 발달한다. 선지는 두 식생과 토양층의 대응을 반대로 제시했다.

④ O: 세균과 진균은 유기물을 분해하고, 원생동물은 세균 등을 먹으면서 자신의 필요량을 넘는 양분을 배출한다. 이러한 분해와 포식 과정은 미생물체와 유기물에 들어 있던 양분을 **식물이 흡수할 수 있는 무기 형태로 방출**하여 양분 순환과 공급을 돕는다.

NoteBase

문 6. 퇴비화과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 퇴비화과정 중 C/N 비는 감소한다.

② 완숙 퇴비의 미생물은 고온균이 대부분이다.

③ 셀룰로스(cellulose)와 리그닌(lignin)은 고온 단계에서 분해된다.

④ 무기 영양소의 손실은 탄소에 비해 적다.

정답 2번

간단한 해설

완숙 퇴비는 쉽게 분해되는 유기물이 줄어 발열이 약해지고 온도가 외기 수준으로 내려간 상태이다. 따라서 고온균이 대부분인 것이 아니라 **중온성 미생물이 다시 우세**해진다.

선지별 해설

① O: C/N 비는 유기물의 탄소 함량을 질소 함량과 비교한 비율이다. 퇴비화 중 미생물이 유기물을 분해하면서 탄소를 이산화탄소로 방출하므로, 일반적으로 **탄소의 상대적 손실이 질소보다 커서** C/N 비가 감소한다.

② X: 고온균이 우세한 시기는 유기물이 활발하게 분해되어 많은 열이 발생하는 고온기이다. 이후 쉽게 분해되는 유기물이 줄면 발열이 약해지고 퇴비의 온도가 내려간다. 완숙 단계에서는 **중온성 미생물이 다시 우세**해지므로, '고온균이 대부분이다'라는 설명은 잘못이다.

③ O: 고온기에는 고온성 미생물의 효소 작용으로 셀룰로스와 리그닌 같은 식물체 성분의 분해가 진행된다. 다만 **리그닌은 셀룰로스보다 분해되기 어려워** 분해 정도가 제한적이며, 남은 성분의 분해는 냉각·숙성기에도 이어진다. 고온 단계에서 이들 성분이 모두 완전히 분해된다는 뜻은 아니다.

④ O: 탄소는 미생물의 호흡에 따라 이산화탄소로 대량 방출되는 반면, 인·칼륨 등의 무기 영양소는 상당 부분 퇴비에 남는다. 따라서 일반적으로 **무기 영양소의 손실은 탄소보다 적다**. 다만 침출수에 의한 유실이나 질소의 암모니아 휘산 등이 있어 영양소 손실이 전혀 없는 것은 아니다.

NoteBase

문 7. 토양미생물에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 방선균의 균사 폭은 사상균보다 작다.

② 식물의 외생 균근균은 방선균에 속한다.

③ 토양 내 geosmins는 주로 방선균에 기인한다.

④ Pseudomonas속은 siderophore를 생성한다.

정답 2번

간단한 해설

외생 균근균은 **주로 담자균류와 자낭균류에 속하는 진균**이다. 균사처럼 뻗는 방선균은 세균이므로 외생 균근균과 구별한다.

선지별 해설

① O: 방선균은 실 모양으로 가지를 치며 자라 사상균과 비슷하게 보이지만, 분류상 세균이다. 방선균의 균사는 일반적으로 **사상균의 균사보다 폭이 좁다**.

② X: 외생 균근은 식물 뿌리와 진균이 이루는 공생 관계로, 이를 형성하는 균은 **주로 담자균류와 자낭균류**에 속한다. 균사가 뿌리 표면을 감싸고 뿌리 세포 사이로 뻗어 식물과 물질을 교환한다. 방선균은 원핵생물인 세균이므로, 외생 균근균이 방선균에 속한다는 설명은 진균과 세균을 혼동한 것이다.

③ O: 지오스민(geosmin)은 특유의 **흙냄새를 내는 물질**이다. 토양에서는 방선균이 주요 생성원이므로, 토양 내 지오스민이 주로 방선균에 기인한다는 설명이 성립한다.

④ O: Pseudomonas속에는 피오버딘(pyoverdine)과 같은 사이드로포어(siderophore)를 생성하는 종이 있다. 사이드로포어는 **철 이온과 강하게 결합하여 철 획득을 돕는 물질**로, 철이 부족한 환경에서 미생물의 철 흡수에 기여한다.

NoteBase

문 8. 다음 내용 모두를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 토양침식 방지법은?

◯ 면상침식과 세류침식의 예방 및 저감
◯ 토양입자의 분산 및 비산의 감소
◯ 강우의 토양침투를 용이하게 함으로써 유거수를 줄임

① 수직부초 설치
② 심토경운
③ 승수로
④ 식생 피복

정답 4번

간단한 해설

식생 피복은 **지표를 덮어 빗방울 충격과 바람의 작용을 줄이고**, 뿌리로 토양을 붙잡아 입자의 분리와 이동을 억제한다. 또한 물의 흐름을 늦추고 토양침투를 도와 유거수를 줄이므로 제시된 세 효과를 함께 얻을 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① 수직부초 설치: 좁고 깊은 도랑 등에 짚과 같은 식물 잔재를 넣어 **물이 토양 속으로 침투할 통로**를 만드는 방법이다. 침투를 늘려 유거수와 그에 따른 침식을 줄일 수 있지만, 지표 전체를 덮는 방식이 아니므로 빗방울 충격과 바람에 의한 토양입자의 분산·비산을 함께 억제하는 데에는 식생 피복보다 한계가 있다.

② 심토경운: 단단하게 다져진 심토층을 파쇄하여 **물의 침투를 방해하는 층을 개선**한다. 이런 층이 있는 토양에서는 침투 증가와 유거수 감소에 도움이 되지만, 경운 자체가 지표를 덮어 주는 것은 아니므로 빗방울과 바람으로부터 토양입자를 보호하는 효과까지 충분히 얻기는 어렵다.

③ 승수로: 상부에서 흘러오는 물을 받아 다른 곳으로 유도하여 **보호할 경작지로 유입되는 유거수**를 줄이는 수로이다. 흐르는 물에 의한 침식을 줄이는 데 도움이 되지만, 경작지 표면에 직접 떨어지는 빗방울이나 바람을 막지 않으며 토양 자체의 침투성을 개선하는 방법도 아니다.

④ 식생 피복: 식물이 지표를 덮으면 빗방울이 맨흙에 직접 부딪치는 충격이 줄고, 지표 부근의 바람도 약해져 토양입자의 분산과 비산이 감소한다. 뿌리는 토양을 붙잡고, 줄기와 잎은 지표수의 흐름을 늦추므로 얇은 물 흐름에 의한 면상침식과 작은 물길을 따라 생기는 세류침식이 줄어든다. 또한 **뿌리가 만든 공극과 느려진 물의 흐름**은 강우의 토양침투를 도와 유거수를 줄인다.

따라서 지표 보호, 토양입자의 분산·비산 억제, 침투 촉진에 따른 유거수 감소를 함께 비교하면 ④ 식생 피복이 제시된 목적에 가장 적합하다.

NoteBase

문 9. 토양으로부터 수계로의 인 유출을 줄이는 방법으로 옳지 않은 것은?

① 균근을 활성화하여 인 시비량을 저감한다.

② 인이 과잉 축적된 토양은 보전경운(conservation tillage)법을 적용한다.

③ 동결된 토양은 비료 시용을 피한다.

④ 부식함량이 높은 유기물을 투입한다.

정답 4번

간단한 해설

부식 성분은 인산과 토양의 흡착 자리를 두고 경쟁하여 **인의 고정을 줄이고 이동성을 높일 수 있다**. 따라서 부식함량이 높은 유기물의 투입을 인 유출 저감 대책으로 일률적으로 볼 수 없다.

선지별 해설

① O: 균근은 식물 뿌리와 균류가 공생하는 관계로, 균사가 뿌리 주변으로 뻗어 식물의 인 흡수를 돕는다. 이를 활성화하면 토양에 있는 인의 이용 효율을 높여 **필요한 인 비료의 양을 줄일 수 있으므로**, 과잉 시비에 따른 인 축적과 유출 위험을 낮춘다.

② O: 보전경운은 경운을 줄이고 작물 잔재로 토양 표면을 덮어 토양 침식을 억제하는 방법이다. 인이 과잉 축적된 토양에서는 흙이 씻겨 나갈 때 인도 함께 이동하므로, 침식을 줄이면 **토양 입자에 붙은 인의 유출**을 줄일 수 있다. 다만 표층에 인이 집중되면 물에 녹은 인의 유출은 늘어날 수 있어, 보전경운이 모든 형태의 인 유출을 항상 줄이는 것은 아니다.

③ O: 동결된 토양은 물의 침투가 제한되어 빗물이나 눈 녹은 물이 지표면을 따라 흐르기 쉽다. 이때 비료를 시용하면 비료 성분이 토양과 충분히 반응하기 전에 유출수에 실려 수계로 이동할 수 있다. 따라서 **동결된 토양에는 비료 시용을 피하는 것**이 인 유출 저감에 도움이 된다.

④ X: 부식 성분은 인산과 토양 광물의 흡착 자리를 두고 경쟁하여 인산의 흡착·고정을 줄일 수 있다. 그 결과 **물에 녹아 이동할 수 있는 인이 증가**하여 유출 위험이 커질 수 있으므로, 부식함량이 높은 유기물을 투입하는 것이 인 유출을 줄이는 일반적인 방법은 아니다. 인 유출을 줄이려면 토양검정 결과와 작물의 필요량에 맞추어 인 투입량을 조절하고 과잉 투입을 억제해야 한다.

NoteBase

문 10. 다음 중 토양환경보전법령의 1지역에 대한 토양오염 우려기준 농도(mg/kg) 값이 가장 낮은 중금속은? (괄호 안은 원자량을 나타냄, amu: atomic mass unit)

① Pb(207 amu)

② Cu(64 amu)

③ As(75 amu)

④ Cd(112 amu)

정답 4번

공통 해설

1지역의 토양오염우려기준은 **카드뮴(Cd)이 4 mg/kg으로 제시된 네 물질 중 가장 낮다**. 비소(As)는 25 mg/kg, 구리(Cu)는 150 mg/kg, 납(Pb)은 200 mg/kg이다.

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/19zSybVjUtPF4kIlj4mov2mFHgzOyK8p0.webp

NoteBase

문 11. 다음 중 우리나라 기후 및 지형에서 안정적으로 토양 발달이 진행되어 argillic 층위를 가지고 있는 토양은?

① Hapludids
② Epiaqualfs
③ Udorthents
④ Eutrudepts

정답 2번

간단한 해설

Epiaqualfs는 **점토가 이동하여 집적된 argillic 층위**를 갖는 Alfisols에 속한다. 이 층위는 토양이 안정적으로 발달하면서 나타나는 층위 분화의 증거이다.

핵심 풀이

argillic 층위는 규산염 점토가 집적된 진단층위로, 위층에서 아래층으로 **점토가 이동하여 쌓인 흔적**이 있어야 한다. 단순히 점토 함량이 높거나 토양색이 변한 층과는 구별된다. 안정된 지표면에서 토양 발달이 지속되면 이러한 점토의 이동과 층위 분화가 이루어질 수 있다.

Epiaqualfs는 Alfisols의 Aqualfs에 속하며 argillic 층위를 갖는다. 명칭의 'Epi'는 아래의 불투수성 또는 투수성이 낮은 층 위로 물이 일시적으로 고이는 상부 포화 특성을 나타낸다. 따라서 습한 조건을 나타내는 분류명이라고 해서 점토집적층이 없는 미발달 토양으로 보아서는 안 된다.

우리나라의 습윤한 기후와 침식·퇴적의 영향이 적은 안정된 지표면은 물에 의한 점토의 이동·집적이 지속될 수 있는 조건이다. 한편 ① Hapludids는 Soil Taxonomy의 표준 대군명에 없는 표기이다. 따라서 이 표기만으로 특정 기후의 토양으로 분류하거나 argillic 층위의 유무를 판정할 수 없으며, 다른 토양명을 뜻한다고 확정할 근거도 없다.

Udorthents는 층위 발달이 미약한 Entisols에 속한다.

Eutrudepts는 Inceptisols에 속하여 풍화와 구조 형성이 진행된 cambic 층위 등을 가질 수 있지만, **argillic 층위는 갖지 않는다**.

따라서 이 문제에서는 단순한 풍화·변질층의 존재보다 점토의 이동·집적으로 형성된 층위가 있는지가 결정적이다.

NoteBase

문 12. 토양 내 물의 이동에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 포화상태에서 물의 이동은 대부분 매트릭퍼텐셜 차이에 의존한다.

② 매트릭퍼텐셜 값이 낮은 영역에서 수리전도도는 식질토양보다 사질토양에서 높다.

③ 강우에 의해 건조한 토양 표면이 습윤해짐에 따라 침투율은 감소하게 된다.

④ 포화수리전도도는 입상구조 토양이 판상구조의 토양에 비해 작다.

정답 3번

간단한 해설

건조한 토양은 물을 끌어당기는 흡인력이 커서 초기 침투율이 높다. 강우가 계속되어 습윤층이 두꺼워지면 흡인력에 의한 퍼텐셜 구배가 작아져 **침투율이 감소**한다.

선지별 해설

① X: 포화상태의 물 이동은 주로 **압력퍼텐셜과 중력퍼텐셜을 합한 수리퍼텐셜의 차이**에 의해 일어난다. 매트릭퍼텐셜은 토양 입자와 공극이 물을 붙잡는 작용에 따른 것으로, 불포화상태의 물 이동에서 중요하다. 따라서 포화상태의 이동을 대부분 매트릭퍼텐셜 차이로 설명한 부분이 잘못되었다.

② X: 매트릭퍼텐셜이 낮다는 것은 값이 더 큰 음수가 되어 토양이 건조한 상태라는 뜻이다. 같은 낮은 매트릭퍼텐셜에서는 일반적으로 **사질토양보다 식질토양의 불포화수리전도도가 높다**. 사질토양은 큰 공극의 물이 쉽게 빠져 물이 이어져 흐를 통로가 급격히 줄어드는 반면, 식질토양은 작은 공극에 물을 더 유지하기 때문이다. 포화상태에서 일반적으로 사질토양의 수리전도도가 높은 것과 구별해야 한다.

③ O: 침투율은 단위 시간에 토양 표면을 통해 물이 들어가는 양을 나타낸다. 물이 충분히 공급되는 일반적인 침투 과정에서, 강우 초기에는 건조한 토양의 흡인력이 커서 물이 빠르게 들어간다. 이후 습윤전선이 아래로 이동하여 습윤층이 두꺼워지면, 표면과 건조한 토양 사이의 퍼텐셜 차이가 작용하는 거리가 길어져 **매트릭퍼텐셜 구배가 감소**한다. 이에 따라 침투율은 점차 낮아져 비교적 일정한 값에 접근한다.

④ X: 일반적으로 입상구조 토양은 입단 사이에 큰 공극이 잘 연결되어 있어 **판상구조 토양보다 포화수리전도도가 크다**. 판상구조는 얇은 판 모양의 입단이 수평으로 겹쳐져 있어 물의 수직 이동을 방해한다. 따라서 두 구조의 크기 관계를 반대로 제시한 것이다.

NoteBase

문 13. 지표에 도달하는 태양 복사에너지의 분배에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 낮 동안 현열(대기 가열), 잠열(증발산), 지중 열전달로 소비된다.

② 식물 생육이 원만한 경우 잠열보다 현열에 의한 소비가 많아진다.

③ 낮 동안 토양에 저장된 에너지는 밤에 대기로 방출된다.

④ 포장된 도시지표는 잠열에 의한 소비가 적고 현열과 지중 열전달로 소비된다.

정답 2번

간단한 해설

식물이 정상적으로 생육하고 수분 공급이 원활하면 증산과 토양의 증발이 활발해져, 일반적으로 현열보다 **잠열에 의한 에너지 소비가 커진다**. 잠열은 물이 수증기로 바뀌는 데 쓰이는 에너지이다.

선지별 해설

① O: 지표의 순복사에너지는 주로 **현열·잠열·지중 열전달**로 분배된다. 현열은 지표와 공기 사이의 열 교환으로 대기를 가열하는 데 쓰이고, 잠열은 토양의 증발과 식물의 증산에 쓰인다. 지중 열전달은 낮에 가열된 지표에서 토양 내부로 열이 이동하는 과정이다.

② X: 식물 생육이 원만하고 수분이 충분하면 잎의 증산과 토양 표면의 증발이 활발하다. 이때 복사에너지 중 물을 수증기로 바꾸는 데 쓰이는 몫이 커지므로, 일반적으로 **현열보다 잠열에 의한 소비가 많아진다**. 선지는 이 관계를 반대로 설명했다. 수분이 부족하여 증발산이 억제되면 현열로 분배되는 비중이 커질 수 있다.

③ O: 낮에는 지표가 가열되면서 열이 토양 내부로 전달되어 저장된다. 밤에는 지표가 냉각되므로 **토양 내부의 열이 지표 쪽으로 이동**하고, 지표의 열 방출을 뒷받침한다. 이 에너지는 장파복사와 현열 교환 등을 통해 대기와 주변으로 방출된다.

④ O: 포장된 도시지표는 식생이 적고 증발에 이용할 수 있는 물도 부족하여 **증발산에 쓰이는 잠열의 비중이 작다**. 따라서 낮에 흡수한 에너지는 주로 현열로 대기를 가열하거나 포장재와 지중으로 전달되어 저장된다.

NoteBase

문 14. 농경지 지표면에서 증발과 증산작용에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 증발산에 의해 손실되는 물은 정량적으로 소비용수량보다 매우 크다.

② 단위 증발산량당 작물 건중량은 대부분 1% 이상이다.

③ 엽면적 지수(LAI)가 높을수록 지표 증발량도 비례해 증가한다.

④ 작물의 물 이용 효율은 수확량과 비례한다.

정답 4번

간단한 해설

물 이용 효율은 **단위 증발산량당 수확량**이다. 따라서 증발산량이 같을 때 수확량이 많을수록 물 이용 효율이 높다.

선지별 해설

① X: 소비용수량은 작물 재배 과정에서 증발·증산으로 소모되는 물과 작물체 구성 등에 쓰이는 물을 포함한다. 작물체에 남거나 생리적으로 이용되는 양은 상대적으로 작으므로, 소비용수량은 **증발산량과 거의 같다**.
증발산으로 손실되는 물이 소비용수량보다 매우 크다는 설명은 잘못이다.

② X: 건물 생산에는 그보다 훨씬 많은 물이 증발산으로 소모된다. 따라서 작물 건중량을 증발산된 물의 질량으로 나눈 비율은 일반적으로 **1% 미만**이며, 대부분 1% 이상이라는 설명은 잘못이다. 작물의 종류와 생육 환경에 따라 이 비율은 달라진다.

③ X: 엽면적 지수(LAI)는 단위 지표면적당 잎 면적을 나타낸다. 다른 조건이 같을 때 잎이 무성해져 지표를 더 많이 가리면 지표에 도달하는 일사량이 줄어 **지표 증발량은 감소하는 경향**이 있다. 잎을 통한 증산과 토양 표면의 증발은 구별해야 하며, LAI 증가에 비례하여 지표 증발이 증가하는 것은 아니다.

④ O: 수확량을 기준으로 한 물 이용 효율은 $WUE = \frac{Y}{ET}$로 나타낸다. Y는 수확량, ET는 같은 면적과 재배 기간의 증발산량이다. 즉, 물을 단위량 소비하여 얼마나 많은 수확물을 생산했는지를 뜻하므로, **증발산량이 일정할 때 수확량에 비례**한다. 증발산량도 달라지는 경우에는 수확량만으로 물 이용 효율을 비교할 수 없다.

NoteBase

문 15. 두 밭토양을 분석한 결과가 다음과 같을 때 토양특성 차이에 대한 설명으로 옳은 것은?

구분	토성	유기물	pH	CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	치환성 양이온 합계※ ($cmol_c\ kg^{-1}$)
A	사질토	1 %	5.0	6	1.8
B	식양토	4 %	6.5	20	14.0

※ $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$

① A 토양은 CEC가 낮아 치환성 양이온 총량이 적더라도 염기포화도가 높고, 따라서 pH가 낮다.

② B 토양은 높은 점토 및 유기물 함량에 의해 높은 CEC를 보이고, pH와 염기포화도 역시 A 토양보다 높다.

③ B 토양은 CEC가 높아 염기포화도가 낮고 pH는 중성에 가깝다.

④ A 토양의 pH가 상대적으로 낮은 것은 CEC 대비 pH 의존 전하의 비율이 높기 때문이다.

정답 2번

간단한 해설

B 토양은 사질토인 A 토양보다 점토와 유기물이 많아 **양이온을 붙잡는 능력인 CEC가 크다**. 염기포화도도 B는 70%, A는 30%로 B가 높으며, pH 역시 B 6.5가 A 5.0보다 높다.

NoteBase

선지별 해설

양이온교환용량(CEC)은 토양이 양이온을 교환·보유할 수 있는 능력이다. 염기포화도는 CEC 중 칼슘·마그네슘·칼륨·나트륨 같은 염기성 양이온이 차지하는 비율이다. 표의 치환성 양이온 합계와 CEC는 같은 전하량 단위이므로, A의 염기포화도는 $\frac{1.8}{6} \times 100 = 30\%$, B는 $\frac{14.0}{20} \times 100 = 70\%$이다.

① X: A는 CEC가 6으로 낮고 치환성 염기성 양이온 합계도 1.8로 적지만, **염기포화도 역시 30%로 B보다 낮다**. 염기포화도가 높아서 pH가 낮다는 인과관계도 잘못되었다. 일반적으로 염기포화도가 낮을수록 산성 양이온이 차지하는 비율이 커져 산성이 강해지며, A의 pH 5.0은 이러한 관계와 부합한다.

② O: B는 식양토로서 사질토인 A보다 점토가 많고, 유기물 함량도 4%로 A의 1%보다 높다. 점토와 유기물의 음전하 표면은 양이온을 붙잡으므로, **점토와 유기물 함량이 높을수록 일반적으로 CEC가 크다**. 실제로 B의 CEC는 20으로 A의 6보다 크다. B의 염기포화도 70%와 pH 6.5도 각각 A의 30%와 pH 5.0보다 높다.

③ X: **CEC가 높다는 사실만으로 염기포화도가 낮아지는 것은 아니다**. 염기포화도는 보유 능력의 크기가 아니라 그중 염기성 양이온이 차지하는 비율로 판단한다. B는 치환성 염기성 양이온 합계도 14.0으로 커서 염기포화도가 70%이며, A보다 높다. pH 6.5가 A보다 중성에 가깝다는 부분은 맞지만, 염기포화도가 낮다는 부분을 높다고 고쳐야 한다.

④ X: 주어진 자료만으로는 A의 CEC 중 pH 의존 전하가 차지하는 비율이 높다고 판단할 수 없다. pH 의존 전하는 토양 표면 작용기의 해리 등에 따라 달라지는 전하로, 일반적으로 **pH가 높아질수록 음전하가 증가**하여 CEC를 높인다. 이 전하의 비율이 높다는 이유만으로 A의 낮은 pH를 설명할 수는 없다. A의 낮은 pH는 B보다 낮은 염기포화도와 관련지어 해석해야 한다.

NoteBase

문 16. 토양 양이온에 대한 흡착 세기가 증가하는 경우가 아닌 것은?

① 양이온 전하의 증가

② 양이온 수화 반지름의 증가

③ 토양교질 음전하 밀도의 증가

④ 토양용액 pH의 증가

정답 2번

간단한 해설

양이온의 **수화 반지름이 증가하면 흡착 세기는 감소**한다. 물 분자에 둘러싸인 양이온이 커질수록 토양교질 표면에 가까이 접근하기 어려워 정전기적 인력이 약해지기 때문이다.

선지별 해설

① O: 다른 조건이 같다면 양이온의 양전하가 클수록 음전하를 띤 토양교질과의 **정전기적 인력이 커져** 더 강하게 흡착된다.

② X: 수화 반지름은 양이온이 주위의 물 분자에 둘러싸인 상태의 크기를 나타낸다. 수화 반지름이 커지면 교질 표면에 접근할 수 있는 거리가 멀어져 인력이 약해진다. 따라서 흡착 세기를 증가시키는 조건은 **수화 반지름의 감소**이다. 전하가 같은 양이온을 비교할 때 일반적으로 수화 반지름이 작은 이온이 더 강하게 흡착된다.

③ O: 토양교질의 음전하 밀도가 높다는 것은 같은 표면적에 음전하가 더 많이 분포한다는 뜻이다. 다른 조건이 같다면 **양이온을 끌어당기는 힘이 커져** 흡착 세기가 증가한다.

④ O: 토양용액의 pH가 높아지면 유기물이나 점토 가장자리의 작용기에서 수소 이온이 떨어져 나가 **가변 음전하가 증가**한다. 이에 따라 교질이 양이온을 끌어당겨 흡착하는 작용이 강해진다. 이는 pH에 따라 달라지는 가변전하의 효과이며, 점토의 영구전하 자체가 pH 상승으로 증가한다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 17. 토양 교질의 전기이중층에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이중층 내부의 양이온과 유리양이온 간 교환이 일어난다.

② 토양용액 중 이온 농도가 낮아지면 확산층 두께가 얇아진다.

③ 교질의 음전하 밀도가 높을수록 이중층의 두께는 두꺼워진다.

④ 이중층 두께가 얇을수록 교질입자 간 응집이 용이하다.

정답 2번

간단한 해설

토양용액의 이온 농도가 낮아지면 교질의 전하를 차폐하는 효과가 약해져 **확산층이 두꺼워진다**. '얇아진다'는 이온 농도가 높아질 때의 변화이다.

선지별 해설

토양 교질의 전기이중층은 교질 표면의 전하와 그 주위에 분포하는 반대 부호의 이온층으로 이루어진다.
음전하를 띤 교질 주위에는 양이온이 모이며, 확산층의 양이온 농도는 표면에서 멀어질수록 낮아져 토양용액의 농도에 가까워진다.

① O: 교질 주위의 양이온은 정전기적 인력으로 붙들려 있지만 모두 고정되어 있는 것은 아니다. 토양용액의 유리양이온과 자리를 바꾸는 **양이온 교환**이 일어난다.

② X: 토양용액의 이온 농도가 낮아지면 전하 차폐 효과가 약해져 양이온 분포가 표면에서 더 멀리까지 퍼진다. 따라서 확산층은 얇아지는 것이 아니라 **두꺼워진다**. 반대로 이온 농도가 높아지면 확산층이 압축되어 얇아진다.

③ O: 교질 표면의 음전하 밀도가 높으면 이를 보상하는 데 더 많은 양이온이 필요하다. 다른 조건이 같을 때 교질 주위의 양이온층이 더 발달하므로 **이중층이 두꺼워지는 경향**이 있다.

④ O: 이중층이 얇아지면 입자들이 접근할 때 작용하는 **이중층 사이의 반발력이 감소**한다. 이에 따라 입자 간 인력이 상대적으로 우세해져 교질입자가 서로 뭉치는 응집이 쉬워진다.

NoteBase

문 18. Freundlich와 Langmuir의 등온흡착모델에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

○ Freundlich 모델: $X = k \cdot C_e^{\frac{1}{n}}$
○ Langmuir 모델: $\frac{C_e}{q} = \frac{1}{k \cdot b} + \frac{C_e}{b}$

① Freundlich 모델은 흡착질의 농도가 높은 구간에서 잘 맞다.

② Langmuir 모델은 흡착이 가역적이고 단일층으로만 이루어진다고 가정하여 총흡착량을 계산한다.

③ Langmuir 모델에서 최대 흡착량에 해당하는 것은 b이다.

④ Freundlich 모델에서 흡착력의 잠재적 에너지는 k로 나타난다.

정답 1번

간단한 해설

Freundlich 식에는 **최대 흡착량을 나타내는 상한이 없어** 고농도에서 나타나는 흡착 포화를 설명하기 어렵다. 따라서 포화가 뚜렷한 고농도 구간보다, 포화에 이르기 전의 낮거나 중간 농도 구간에 주로 적용한다.

선지별 해설

① X: Freundlich 모델은 불균일한 표면에서의 흡착을 나타내는 경험식이다. 주어진 $X = k \cdot C_e^{1/n}$에서 X는 흡착량, C_e는 평형농도이다. k와 n이 양수이면 농도가 높아질수록 흡착량이 계속 증가하여 **최대 흡착량에 도달하는 포화 현상을 반영하지 못한다**. 따라서 일반적으로 포화에 이르기 전의 낮거나 중간 농도 구간에 적용하며, 고농도 구간에서 잘 맞는다는 설명은 적절하지 않다.

② O: Langmuir 모델은 흡착제 표면에 일정한 수의 흡착점이 있고, 각 흡착점에는 흡착질 하나만 결합하여 **단일층을 형성한다**고 가정한다. 흡착과 탈착이 가역적으로 일어나며, 평형에서는 두 과정의 속도가 같아져 일정한 흡착량이 유지된다.

③ O: 주어진 Langmuir 식을 흡착량에 대해 정리하면 $q = \frac{k \cdot b \cdot C_e}{1 + k \cdot C_e}$이다. k가 양수일 때 평형농도가 충분히 높아지면 q는 b에 가까워진다. 따라서 이 식에서 b는 흡착점이 채워졌을 때의 **단일층 최대 흡착량**이다.

④ O: Freundlich 식의 k는 흡착용량계수로서 흡착제가 흡착질을 붙잡을 수 있는 상대적 능력을 나타낸다. 선지의 '흡착력의 잠재적 에너지'는 이러한 **잠재적 흡착능**을 가리키는 표현으로 이해한다. n과 평형농도 및 단위가 같으면 k가 클수록 흡착량이 커지며, k 자체가 에너지 단위로 측정하는 열역학적 에너지값이라는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 19. 토양의 음이온 흡착 및 교환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 음이온 특이흡착은 산성 토양보다 알칼리 토양에서 더 잘 일어난다.

② Fe · Al 수산화물은 음이온 흡착 용량이 높다.

③ 음이온 교환 반응은 화학양론적으로 진행된다.

④ 음이온 흡착 세기는 황산 이온 < 몰리브덴산 이온 < 규산 이온 < 인산 이온 순이다.

정답 1번

간단한 해설

음이온 특이흡착은 일반적으로 알칼리 토양보다 **산성 토양에서 더 잘 일어난다**. 산성 조건에서는 철·알루미늄 수산화물 표면의 양전하가 증가하고, 음이온과 흡착 자리를 두고 경쟁하는 수산화 이온의 영향이 작아진다.

선지별 해설

① X: 음이온 특이흡착은 음이온이 토양 입자 표면의 수산기 등과 교환되어 직접 결합하는 현상이다. 일반적으로 **알칼리 토양보다 산성 토양에서 유리하다**. 산성 조건에서는 표면 수산기가 수소 이온을 받아 양전하를 띠기 쉬워 음이온이 표면에 접근하기 유리하다. 반대로 pH가 높아지면 표면의 양전하가 줄고 수산화 이온과의 경쟁이 커져 음이온 흡착이 대체로 감소한다.

② O: 철·알루미늄 수산화물은 표면에 음이온과 반응할 수 있는 **수산기가 풍부하다**. 특히 산성 조건에서 양전하를 띠기 쉬우며, 인산 이온 등은 표면 수산기와 교환되어 강하게 결합할 수 있다. 따라서 이들 물질은 토양의 음이온 흡착을 담당하는 주요 성분이다.

③ O: 음이온 교환에서 화학양론적이라는 것은 흡착되는 음이온과 방출되는 음이온이 **전하량을 기준으로 같은 당량만큼 교환된다**는 뜻이다. 예를 들어 1가 음이온인 염화 이온과 질산 이온이 교환될 때는 1몰 대 1몰로 대응한다. 이는 단순한 이온 교환의 성질이며, 음이온의 침전이나 모든 특이흡착을 동일한 교환 반응으로 보는 것은 아니다.

④ O: 토양학에서 제시하는 일반적인 흡착 세기는 황산 이온 < 몰리브덴산 이온 < 규산 이온 < 인산 이온 순으로 커진다. 이 순서에서는 **인산 이온이 가장 강하게 흡착**된다. 흡착 세기는 음이온의 전하 크기만으로 결정되지 않고 광물 표면과 결합하는 친화성에도 좌우되며, 실제 흡착 정도는 토양의 pH와 광물 조성 등에 따라 달라질 수 있다.

NoteBase

문 20. 토양 중 질소 고정 작용과 직접적인 관련성이 가장 낮은 미량원소는?

① Fe

② Co

③ Ni

④ Zn

정답 4번

간단한 해설

Zn은 생장과 여러 효소의 작용에 필요하지만, **질소 고정 효소나 수소 재이용 효소의 핵심 구성 금속은 아니다**. 따라서 질소 고정과의 직접적인 관련성이 상대적으로 낮다.

선지별 해설

질소 고정은 미생물이 대기 중의 질소를 암모니아로 바꾸는 과정이다. 각 원소가 질소 고정 효소, 뿌리혹균의 대사, 질소 고정 과정의 에너지 이용에 어떤 역할을 하는지 비교한다.

① Fe(철): **질소 고정 효소인 질소고정효소(nitrogenase)의 구성 성분**이다. 철-황 중심을 통해 전자 전달에 관여하므로 질소를 암모니아로 환원하는 반응과 직접 연결된다.

② Co(코발트): **비타민 B12인 코발라민의 구성 성분**이다. 코발라민 의존성 효소는 일부 뿌리혹균의 DNA 합성과 질소 고정에 적합한 균체로의 분화에 필요하므로 공생 질소 고정과 관련된다.

③ Ni(니켈): 일부 뿌리혹균이 가진 **니켈-철 수소화효소의 구성 성분**이다. 이 효소는 질소 고정 과정에서 발생한 수소를 산화하여 재이용하므로 에너지 손실을 줄인다. Ni가 모든 질소 고정균에 공통으로 필요한 질소고정효소의 구성 금속이라는 뜻은 아니다.

④ Zn(아연): 여러 효소와 유전자 조절 단백질의 기능을 돕지만, **질소고정효소나 니켈-철 수소화효소의 구성 금속은 아니다**. 식물과 뿌리혹균의 정상적인 기능을 통해 질소 고정에 영향을 줄 수 있으므로, 질소 고정과 전혀 무관하다는 뜻은 아니다.

이러한 역할을 비교하면, 제시된 원소 중 질소 고정 작용과의 직접적인 관련성이 가장 낮은 것은 ④ Zn이다.

NoteBase

문 21. 토양 탈질균(denitrifying bacteria)의 탈질작용에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 산소 대신 Fe^{3+}가 주요 전자수용체로 작용한다.

② 식질이고 산성인(pH < 5) 토양에서 활발하게 진행된다.

③ 탈질과정 중 NO 혹은 N_2O의 형성은 산성 조건에서 유리하다.

④ 배수가 용이하고 유기물 함량이 낮은 호기적 조건에서 발생한다.

정답 3번

간단한 해설

산성 조건에서는 탈질이 질소가스(N_2) 생성까지 완결되기 어려워 **NO·N_2O 같은 중간산물이 남기 쉽다**. 특히 N_2O를 N_2로 환원하는 효소의 기능이 저해되어 N_2O의 비율이 높아질 수 있다.

선지별 해설

① X: 탈질균은 산소가 부족할 때 **질산 이온이나 아질산 이온을 전자수용체로 이용**하여 이를 기체 형태의 질소 화합물로 환원한다. Fe^{3+}를 전자수용체로 이용하여 Fe^{2+}로 환원하는 것은 철 환원이며, 탈질의 주요 전자수용체를 설명한 것이 아니다.

② X: 식질토양은 배수가 불량해 산소가 부족해지기 쉬우므로 탈질에 유리할 수 있다. 그러나 **pH < 5의 강한 산성이 탈질 전체를 활발하게 하는 조건은 아니다**. 일반적으로 탈질은 강산성보다 중성에서 약알칼리성 조건에서 활발하며, 산성에서 N_2O의 비율이 높아지는 현상과 탈질 전체의 활성은 구별해야 한다.

③ O: 탈질은 질산 이온 → 아질산 이온 → NO → N_2O → N_2의 단계로 진행된다. 산성 조건에서는 이러한 환원이 끝까지 진행되지 않아 NO나 N_2O가 중간산물로 남기 쉽다. 특히 **N_2O를 N_2로 환원하는 효소의 기능이 저해**되어, 탈질 생성물 중 N_2O의 상대적 비율이 높아질 수 있다. 이는 산성에서 탈질 전체의 양이 반드시 증가한다는 뜻은 아니다.

④ X: 일반적인 토양 탈질은 **산소가 부족하고 이용 가능한 유기물이 충분한 조건**에서 유리하다. 배수가 불량하거나 토양이 물로 포화되면 산소 공급이 제한되고, 탈질균은 유기물을 에너지원과 전자공여체로 이용하면서 질산 이온 등을 환원한다. 따라서 배수가 잘되고 유기물이 적은 호기적 조건은 탈질에 유리한 조건과 반대이다.

NoteBase

문 22. 토양 중 황의 순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 표토 중 황은 건조 및 반건조 지역을 제외하면 대부분 유기태로 존재한다.

② 투입 유기물의 C/S 비가 30 이하일 때 황의 부동화가 일어난다.

③ 토양에서 황의 산화반응은 산성화를 유발한다.

④ 대기 중 황화물은 SO_3^{2-}, SO_4^{2-} 등으로 산화되어 토양에 유입된다.

정답 2번

간단한 해설

투입 유기물의 C/S 비가 30 이하이면 탄소에 비해 황이 풍부하므로, 황이 미생물체에 묶이는 부동화보다 **무기화가 우세**하다. 유기물이 분해되면서 남는 황은 황산 이온 형태로 토양에 방출된다.

선지별 해설

① O: 일반적인 표토에서는 황의 대부분이 **토양 유기물에 결합한 유기태**로 존재한다. 건조·반건조 지역에서는 강수량이 적어 황산염의 용탈이 제한되므로 석고와 같은 무기태 황이 축적될 수 있다.

② X: C/S 비는 유기물에 들어 있는 황량에 대한 탄소량의 비를 나타낸다. 이 비가 낮으면 미생물이 탄소를 이용하는 데 필요한 황이 충분하여, 분해 과정에서 남는 황이 황산 이온으로 방출되는 **무기화가 우세**하다. 따라서 C/S 비가 30 이하일 때를 부동화 조건으로 설명한 것은 잘못이다. 일반적으로 C/S 비가 약 200 미만이면 순무기화가, 약 400을 넘으면 순부동화가 우세하다. 부동화는 황이 부족한 유기물을 분해하는 미생물이 토양의 무기태 황을 흡수하여 자신의 유기물로 편입하는 과정이다.

③ O: 원소 황이나 황화물이 산소와 반응하여 황산 이온으로 산화되는 과정에서는 **수소 이온이 생성**되어 토양 pH를 낮출 수 있다. 이것이 황의 산화가 토양 산성화를 유발하는 이유이다.

④ O: 황화수소 등 대기 중의 환원된 황 화합물은 산화되어 아황산 이온 SO_3^{2-}, 황산 이온 SO_4^{2-} 등의 형태로 전환된다. 이들은 빗물에 씻겨 내려오는 **습식 침적**이나 기체·입자가 지표에 직접 도달하는 건식 침적을 통해 토양에 유입된다.

NoteBase

문 23. 토양 중 K의 유효도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Illite가 풍부한 토양은 K 저장량은 높더라도 K 공급력은 낮다.

② 산성 토양은 상대적으로 K 용탈 가능성이 크다.

③ K 공급이 가능한 광물들로는 사장석, 정장석, 백운모, 흑운모 등이 있다.

④ 식물 흡수의 용이성은 광물에 고정된 K < 교환성 K < 수용성 K 순이다.

정답 1번

간단한 해설

일라이트(Illite)는 층 사이에 저장한 K를 서서히 방출하여 **식물이 이용할 K를 보충**한다. 따라서 일라이트가 풍부한 토양의 K 공급력을 일반적으로 낮다고 보는 것은 부적절하다.

선지별 해설

① X: 일라이트는 층 사이에 K를 보유하는 2:1형 점토광물이다. 식물이 K를 흡수하여 토양용액의 K 농도가 낮아지면 층간 K의 일부가 방출되어 이용 가능한 K를 보충한다. 따라서 K 저장량이 많으면서도 공급력이 낮다고 일반화할 수 없으며, 일라이트가 풍부한 토양은 일반적으로 **K의 지속적인 공급 능력이 크다**. 다만 층간 K 전체가 즉시 흡수되는 것은 아니다.

② O: 산성화가 진행되면 수소 이온과 알루미늄 이온이 토양의 양이온 교환 자리를 차지하면서 K와 같은 염기성 양이온이 토양용액으로 밀려날 수 있다. 용액으로 나온 K는 아래로 이동하는 물과 함께 빠져나가므로 **K 용탈 가능성이 커진다**.

③ O: 광물에 포함된 K는 **풍화로 방출**되어 식물이 이용할 K의 공급원이 될 수 있다. 정장석과 백운모·흑운모는 K를 함유하는 대표적인 광물이다. 사장석은 주로 Na와 Ca를 함유하는 장석이지만, 천연 사장석에는 K도 포함될 수 있으므로 그 K 역시 공급원이 될 수 있다. 광물에 따라 K 함량과 방출 속도는 다르다.

④ O: 수용성 K는 토양용액에 녹아 있어 뿌리가 직접 흡수할 수 있다. 교환성 K는 토양 입자 표면에 흡착되어 있으나 이온교환으로 용액에 나올 수 있다. 광물에 고정된 K는 방출이나 풍화가 먼저 필요하므로 이용하기가 더 어렵다. 따라서 식물 흡수의 용이성은 **광물에 고정된 K < 교환성 K < 수용성 K** 순이다.

NoteBase

문 24. 토양 중 Fe의 식물 유효도에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 일반적으로 Fe^{2+}가 Fe^{3+}보다 유효도가 더 높다.

② 토양 CEC가 높을수록 유효도가 증가한다.

③ 석회 시용은 철 결핍 현상을 완화하는 데 도움이 된다.

④ 인산 비료의 투입은 동시에 철 유효도를 증가시킨다.

정답 1번

간단한 해설

철은 일반적으로 Fe^{3+}보다 Fe^{2+} 형태일 때 **물에 더 잘 녹아 식물이 이용하기 쉽다**. Fe^{3+}는 토양에서 난용성 수산화물 등으로 존재하기 쉬워 유효도가 낮다.

선지별 해설

① O: Fe^{2+}는 환원된 철, Fe^{3+}는 산화된 철이다. 일반적으로 Fe^{2+} 형태가 **용해도가 높아 식물이 이용하기 쉽다**. 반면 Fe^{3+}는 난용성 수산화물 등으로 침전하기 쉬우므로 토양에 철이 많아도 식물이 이용할 수 있는 양은 적을 수 있다.

② X: CEC는 토양이 양이온을 붙잡아 교환할 수 있는 능력인 양이온교환용량이다. **CEC가 높다고 철 유효도가 반드시 증가하는 것은 아니다**. 철 유효도는 토양 pH, 산화·환원 상태와 철의 존재 형태 등에 크게 좌우되므로 양이온을 보유하는 능력과 구별해야 한다.

③ X: 석회 시용은 토양 pH를 높이며, pH가 높아지면 철의 용해도가 낮아져 식물이 이용하기 어려워진다. 따라서 석회 시용은 철 결핍을 완화하기보다 **유발하거나 악화시킬 수 있다**. 특히 pH가 높은 토양에서는 철이 충분히 있어도 철 결핍이 나타날 수 있다.

④ X: 인산 비료를 투입한다고 철 유효도가 함께 증가하는 것은 아니다. 오히려 **과도한 인산은 철 흡수를 저해**하여 철 결핍을 유발하거나 악화시킬 수 있다. 인산 공급 효과와 철 유효도 증가는 구별해야 한다.

NoteBase

문 25. 논에서 CH_4의 발생은 O_2 이외 다른 전자수용체가 있으면 억제된다. 다음 전자수용체 중 단위 분자당 전자수용력이 가장 큰 것은?

① $CaSO_4$

② KNO_3

③ MnO_2

④ $Fe(OH)_3$

정답 1번

간단한 해설

$CaSO_4$의 황산염이 황화물로 환원되면 황의 산화수가 +6에서 -2로 낮아져 **전자 8개를 수용**한다. 이는 질산염의 탈질과 망가니즈·철의 대표적인 환원 경로에서 받는 전자 수보다 많다.

선지별 해설

전자수용량은 환원 전후의 산화수 감소량으로 구한다. 산화수가 1만큼 낮아지면 해당 원자 하나가 전자 1개를 받은 것이다. 여기서는 질산염의 탈질, 망가니즈(IV)와 철(III)의 2가 이온으로의 환원, 황산염의 황화물로의 환원을 기준으로 화합물 한 단위당 받는 전자 수를 비교한다.

① $CaSO_4$: 전자를 받는 성분은 **황산염의 황**이다. 황이 황화물로 환원되면 산화수가 +6에서 -2로 낮아지므로 전자 8개를 받는다. 칼슘의 산화수는 +2로 유지되며, 화학식 한 단위에 황이 하나 있으므로 전자수용량은 8개이다.

② KNO_3: 전자를 받는 성분은 질산염의 질소이다. **탈질로 질소 기체가 생성될 때** 질소의 산화수는 +5에서 0으로 낮아져 질소 원자 하나당 전자 5개를 받는다. N_2 한 분자가 만들어지려면 질산염 두 개가 필요하지만, KNO_3 한 단위에는 질소가 하나이므로 전자수용량은 5개이다. 칼륨은 이 환원에 참여하지 않는다.

③ MnO_2: 망가니즈가 **+4에서 +2로 환원**되어 Mn^{2+}가 된다. 화학식 한 단위에 망가니즈가 하나이므로 전자수용량은 2개이다.

④ $Fe(OH)_3$: 철이 **+3에서 +2로 환원**되어 Fe^{2+}가 된다. 화학식 한 단위에 철이 하나이므로 전자수용량은 1개이다.

이 환원 경로에서 단위당 전자수용량은 ① 8개 > ② 5개 > ③ 2개 > ④ 1개이므로, 가장 큰 것은 ① $CaSO_4$이다.

NoteBase