

제 1 교시

국어 영역

성명		수험 번호																	
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[1~3] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

식물도 병원체의 공격에 대항하는 면역 체계를 갖추고 있다. 해럴드 플로어는 식물과 병원체 간의 유전적 상호작용에 주목하여 '유전자-유전자 상호작용 가설'을 정립했다. 이 가설은 식물의 저항성 유전자(R 유전자)와 병원체의 비병원성 유전자(Avr 유전자) 간의 특이적 인식을 통해 식물의 저항성이 결정된다고 설명한다. 식물이 R 유전자를 통해 병원체의 Avr 유전자 산물을 인식하면 방어 반응이 활성화되지만, 둘 중 하나라도 없으면 식물은 감염된다. 초기에는 이 가설에 대해 "병원체가 스스로 식물의 저항성을 유도하는 유전자를 갖는 것은 진화적으로 모순"이라는 비판이 제기되었다. 그러나 현대적 해석에 따르면, Avr 유전자는 본래 병원체의 감염을 돕는 역할을 하며, 식물은 진화 과정에서 이를 인식하는 능력을 갖게 된 것이다. 제프리 탱글의 '지그재그 모델'은 식물 면역의 다층적 방어 체계를 더 포괄적으로 설명한다. 첫 단계인 'PAMP 유발 면역(PTI)'에서 식물은 병원체의 보존된 분자 패턴(PAMPs)을 패턴인식수용체(PRRs)로 감지하여 기본적인 방어 반응을 일으킨다. 이에 적응한 병원체는 이펙터라는 특수 단백질을 분비하여 식물의 PTI를 억제하는데, 이를 '이펙터 유발 감수성(ETS)'이라 한다. 이에 대응하여 식물은 R 유전자를 통해 특정 이펙터를 인식하고 '이펙터 유발 면역(ETI)'을 활성화한다. ETI는 PTI보다 더 강력하며, 감염 부위 주변 세포의 프로그램된 사멸인 '과민성 반응(HR)'을 동반하여 병원체의 확산을 차단한다. 식물은 이러한 인식 체계 외에도 다양한 화학적 방어 물질을 생산한다. 페놀계, 테르펜계, 알칼로이드계 화합물이 대표적이며, 특히 병원체 감염 시 새롭게 합성되는 저분자 항균 물질인 '파이토알렉신'은 병원체를 직접 공격한다. 커피의 카페인이나 고추의 캡사이신과 같은 알칼로이드도 본래 식물의 생존을 위한 방어 물질이다. 식물과 병원체는 끊임없이 서로에 대응하며 '군비 경쟁'을 통해 공진화해왔다. 이 원리는 농업에도 중요한 영향을 미친다. 특정 R 유전자를 도입한 저항성 품종이 재배되면 초기에는 병 방제 효과가 뛰어나지만('붐'), 병원체가 진화하여 이를 극복하면 저항성이 무력화되는('버스트') 현상이 반복된다. 최근에는 여러 R 유전자를 하나의 품종에 집적시키는 '유전자 스택킹' 기술이나, 병원체가 감염 과정에서 이용하는 식물의 감수성 유전자를 편집하는 기술 등이 개발되어 더 지속적인 저항성을 확보하려는 노력이 진행 중이다.

1. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 플로어의 유전자-유전자 상호작용 가설은 식물과 병원체 간 유전적 상호작용을 설명한다.

- ② Avr 유전자는 병원체가 식물에 감염되는 것을 돕는 기능을 가지고 있다.
 ③ 식물의 면역 체계는 병원체를 인식하는 단일 방어층으로 구성되어 있다.
 ④ 과민성 반응은 감염 부위 주변 세포의 프로그램된 사멸을 통해 병원체의 확산을 막는다.
 ⑤ 식물과 병원체의 공진화는 농업에서 '붐앤버스트' 사이클이라는 현상으로 나타나기도 한다.

2. 지그재그 모델에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① PTI는 R 유전자가 특정 이펙터를 인식할 때 활성화되는 방어 반응이다.
 ② ETS는 병원체가 식물의 방어 체계를 회피하지 못하고 사멸하는 단계이다.
 ③ ETI는 PTI보다 약한 방어 반응으로 병원체의 확산을 늦추는 역할을 한다.
 ④ 식물은 패턴인식수용체를 통해 병원체의 보존된 분자 패턴을 감지하여 PTI를 유도한다.
 ⑤ 지그재그 모델은 병원체가 식물의 방어 체계를 돕는 단백질을 분비하는 이유를 설명한다.

3. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

연구팀 A는 토마토와 잎곰팡이병균 간의 상호작용을 연구했다. 토마토의 Cf-4 단백질은 곰팡이병균의 Avr4 이펙터를 인식하여 저항성 반응을 유도했다. 새로운 곰팡이병균 변종에서는 Avr4 유전자에 돌연변이가 생겨 Cf-4에 의한 인식을 회피했고, 이에 감염된 토마토는 저항성을 보이지 못했다. 연구팀 B는 벼에서 도열병에 저항성을 가진 품종을 개발했다. 이 품종은 Pi-ta라는 단일 R 유전자를 포함했으며 초기에는 매우 효과적이었다. 그러나 5년 후, Pi-ta 유전자의 인식을 회피하는 도열병균이 출현하여 대규모 감염이 발생했다. 이후 연구팀은 여러 다른 R 유전자들(Pi-b, Pi-z 등)을 함께 도입한 새로운 벼 품종을 개발했다. 연구팀 C는 유전체 편집 기술을 이용해 밀의 MLO 유전자를 변형시켰다. MLO 유전자는 흰가루병균이 감염 과정에서 이용하는 식물의 단백질을 암호화한다. 변형된 MLO 유전자를 가진 밀은 기존 저항성 품종보다 더 넓은 범위의 흰가루병균에 지속적인 저항성을 보였다.

- ① 연구팀 A의 사례는 식물과 병원체 간 유전자-유전자 상호작용 가설을 뒷받침한다.
- ② 연구팀 B가 경험한 현상은 윗글에서 설명한 '봄엔버스트' 사례의 사례로 볼 수 있다.
- ③ 연구팀 B의 새로운 벼 품종 개발 방식은 윗글에서 언급한 '유전자 스택킹' 기술을 적용한 것이다.
- ④ 연구팀 C가 이용한 MLO 유전자는 병원체가 감염 과정에서 이용하는 식물의 Avr 유전자에 해당한다.
- ⑤ 연구팀 C의 접근법은 R 유전자에 의존하는 전통적 방식과 달리 식물의 감수성 유전자를 표적으로 한다.

4. 다음은 식물 방어 물질에 관한 추가 자료이다. 윗글을 참고하여 <보기>를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

<보 기>

식물은 다양한 방어 물질을 생산하는데, 이들은 (가) 항상 존재하는 '구성적 방어 물질'과 (나) 병원체 감염이나 스트레스에 의해 새롭게 합성되는 '유도성 방어 물질'로 구분할 수 있다. 대두(콩)는 병원체가 침입하면 글리세올린이라는 이소플라보노이드계 파이토알렉신을 합성한다. 글리세올린은 병원체의 세포막을 손상시키고 미토콘드리아 기능을 저해한다. 고추의 캡사이신은 포유류의 통각 수용체를 자극해 강한 매운맛을 느끼게 함으로써 열매를 보호하지만, 조류는 이 수용체의 구조적 차이로 매운맛을 느끼지 못해 고추 씨앗을 멀리 퍼뜨리는 역할을 한다.

- ① 글리세올린은 (가)에 해당하는 방어 물질로, 대두가 병원체에 감염되기 전부터 생산한다.
- ② 캡사이신은 병원체 감염에 의해 새롭게 합성되는 (나)에 해당하는 파이토알렉신의 일종이다.
- ③ 글리세올린과 캡사이신은 모두 병원체에 직접적인 독성을 나타내는 테르펜계 화합물에 속한다.
- ④ 고추의 캡사이신은 모든 초식동물을 무차별적으로 기피시키는 비특이적 방어 기능을 한다.
- ⑤ 캡사이신은 초식동물 방어와 종자 산포라는 두 가지 생태학적 기능을 동시에 수행한다.

정답 및 해설

1. 정답: ③

[해설] 이 문항은 지문의 내용을 정확히 이해하고 일치하지 않는 내용을 찾는 사실적 이해 능력을 측정합니다.

③ 식물의 면역 체계는 단일 방어층이 아니라 다층적 방어 체계로 구성되어 있습니다. 지문에서는 "제프리 뎡글의 '지그재그 모델'은 식물 면역의 다층적 방어 체계를 더 포괄적으로 설명한다"라고 명시하고 있으며, PTI, ETS, ETI의 여러 단계에 걸친 방어 체계를 설명하고 있습니다.

① 지문 1문단에서 "해럴드 플로어는 식물과 병원체 간의 유전적 상호작용에 주목하여 '유전자-유전자 상호작용 가설'을 정립했다"라고 언급하고 있습니다. ② 지문 1문단 후반부에서 "Avr 유전자는 본래 병원체의 감염을 돕는 역할을 하며, 식물은 진화 과정에서 이를 인식하는 능력을 갖게 된 것이다"라고 설명하고 있습니다. ④ 지문 2문단에서 "ETI는 PTI보다 더 강력하며, 감염 부위 주변 세포의 프로그램된 사멸인 '과민성 반응(HR)'을 동반하여 병원체의 확산을 차단한다"라고 명시하고 있습니다. ⑤ 지문 4문단에서 "이 원리는 농업에도 중요한 영향을 미친다. 특정 R 유전자를 도입한 저항성 품종이 재배되면 초기에는 병방제 효과가 뛰어나지만('봄'), 병원체가 진화하여 이를 극복하면 저항성이 무력화되는('버스트') 현상이 반복된다"라고 설명하고 있습니다.

2. 정답: ④

[해설] 이 문항은 지그재그 모델의 구성 요소와 각 단계의 의미를 정확히 이해하고 있는지를 평가하는 추론적 이해 문항입니다.

④ 지문 2문단에서 "첫 단계인 'PAMP 유발 면역(PTI)'에서 식물은 병원체의 보존된 분자 패턴(PAMPs)을 패턴인식수용체(PRRs)로 감지하여 기본적인 방어 반응을 일으킨다"라고 명시하고 있습니다.

① PTI는 패턴인식수용체가 PAMPs를 인식할 때 활성화되는 반응이며, R 유전자가 특정 이펙터를 인식할 때 활성화되는 것은 ETI입니다. ② ETS는 병원체가 사멸하는 단계가 아니라, 병원체가 이펙터를 통해 식물의 PTI를 억제하여 감염에 성공하는 단계입니다. ③ 지문에 따르면 "ETI는 PTI보다 더 강력하며" 병원체의 확산을 차단한다고 했으므로, ETI가 PTI보다 약하다는 서술은 잘못되었습니다. ⑤ 지그재그 모델은 병원체가 식물의 방어 체계를 돕는 단백질을 분비하는 이유가 아니라, 식물과 병원체 간의 공격과 방어의 단계적 진화 과정을 설명합니다.

3. 정답: ④

[해설] 이 문항은 지문의 내용을 바탕으로 <보기>의 사례를 정확히 이해하고 적용하는 능력을 평가합니다.

④ MLO 유전자는 <보기>에서 "흰가루병균이 감염 과정에서

이용하는 식물의 단백질을 암호화한다"고 설명하고 있습니다. 이는 식물의 감수성 유전자(S 유전자)에 해당하며, Avr 유전자는 병원체가 가지고 있는 유전자입니다. 따라서 MLO 유전자가 식물의 Avr 유전자에 해당한다는 설명은 적절하지 않습니다.

① 연구팀 A의 사례에서 토마토의 Cf-4 단백질(R 유전자 산물)이 곰팡이병균의 Avr4 이펙터(Avr 유전자 산물)를 인식하여 저항성 반응을 유도한다는 내용은 유전자-유전자 상호작용 가설과 일치합니다. ② 연구팀 B의 사례는 R 유전자를 포함한 저항성 품종이 초기에는 효과적이었으나(봄), 이후 이를 극복하는 병원체가 출현하여 저항성이 무력화된(버스트) 상황을 보여주므로, '봄앤버스트' 사이클의 사례로 볼 수 있습니다. ③ 연구팀 B가 여러 다른 R 유전자들(Pi-b, Pi-z 등)을 함께 도입한 새로운 벼 품종을 개발한 것은 윗글에서 언급한 "여러 R 유전자를 하나의 품종에 집적시키는 '유전자 스택킹' 기술"에 해당합니다. ⑤ 연구팀 C는 MLO라는 감수성 유전자를 변형시켰으며, 이는 윗글에서 언급한 "병원체가 감염 과정에서 이용하는 식물의 감수성 유전자를 편집하는 기술"에 해당합니다.

4. 정답: ⑤

[해설] 이 문항은 식물 방어 물질에 관한 추가 자료를 지문의 내용과 연관지어 이해하는 능력을 평가합니다.

⑤ <보기>에 따르면, 고추의 캡사이신은 "포유류의 통각 수용체를 자극해 강한 매운맛을 느끼게 함으로써 열매를 보호하지만, 조류는 이 수용체의 구조적 차이로 매운맛을 느끼지 못해 고추 씨앗을 멀리 퍼뜨리는 역할을 한다"고 설명하고 있습니다. 이는 캡사이신이 초식동물(특히 포유류)로부터의 방어와 조류를 통한 종자 산포라는 두 가지 생태학적 기능을 동시에 수행함을 의미합니다.

① <보기>에서 글리세올린은 "병원체가 침입하면 ... 합성한다"고 설명하고 있으므로, 병원체 감염 전부터 생산되는 (가)가 아니라 병원체 감염에 의해 새롭게 합성되는 (나) 유도성 방어 물질에 해당합니다. ② 캡사이신은 윗글에서 "커피의 카페인이나 고추의 캡사이신과 같은 알칼로이드도 본래 식물의 생존을 위한 방어 물질이다"라고 언급되었으며, <보기>에서도 '병원체 감염'에 의해 합성된다는 언급이 없습니다. 따라서 파이토알렉신이 아닌 구성적 방어 물질에 가깝습니다. ③ 윗글에 따르면 캡사이신은 알칼로이드계 화합물이며, <보기>에 따르면 글리세올린은 이소플라보노이드계 화합물입니다. 따라서 두 물질이 모두 테르펜계 화합물이라는 설명은 적절하지 않습니다. ④ <보기>에 따르면 캡사이신은 "포유류의 통각 수용체를 자극"하지만 "조류는 이 수용체의 구조적 차이로 매운맛을 느끼지 못"합니다. 따라서 모든 초식동물을 무차별적으로 기피시키는 것이 아니라, 선택적으로 포유류만 기피시킨다고 볼 수 있습니다.