

ÁREA 08 - FISILOGIA VEGETAL

CHAVE DE CORREÇÃO

Em termos de atendimento às questões, espera-se que o candidato estabeleça uma resposta atendendo ao seguinte propósito:

1ª. No solo a água flui entre suas partículas. Um contato íntimo entre a superfície das raízes e o solo é essencial para a absorção efetiva de água pelas raízes. Após a absorção pela raiz, a água flui por rotas específicas. Cite as rotas, e relate como ocorre em cada rota, a movimentação da água da epiderme até a endoderme.

Resposta:

Da epiderme até a endoderme da raiz, a água pode fluir por três rotas: a rota apoplástica, simplástica e a rota transmembrana.

O **apoplasto** é o sistema contínuo de paredes celulares, espaços intercelulares de aeração e os lumes de células não vivas. Nesta rota, a água move-se pelas paredes intercelulares e por espaços extracelulares, ou seja; sem atravessar qualquer membrana; à medida que se desloca ao longo do parênquima cortical da raiz. Na endoderme, o movimento da água através do apoplasto é obstruído pela estria de Caspary. Esta estria corresponde a uma banda dentro das paredes celulares das paredes radiais da endoderme que é impregnada com uma substância cerosa e hidrofóbica, a suberina. A estria de Caspary quebra a rota apoplástica, forçando a água a passar pela membrana a fim de atravessar a endoderme.

O **simplasto** consiste da rede de citoplasmas celulares interconectados pelos plasmodesmos. Nesta rota, a água se desloca através do parênquima cortical via plasmodesmos. Os plasmodesmos são divididos em plasmodesmos primários que formam conexões citoplasmáticas entre células-filhas derivadas da mitose, e plasmodesmos secundários que surgem quando áreas de paredes de células adjacentes são localmente digeridas que se fusionam. O simplasto permite que a água seja transportada entre as células sem atravessar as membranas.

A rota **transmembrana** é a via pela qual a água entra em uma célula por um lado e sai pelo outro lado, entra na próxima célula, e assim por diante. Nesta rota, água atravessa a membrana plasmática de cada célula no seu caminho de duas vezes, isto é, uma entrada e uma saída.

Apesar de existirem três rotas, a água não se move de acordo com um único caminho escolhido, mas onde quer que os gradientes e resistências a dirijam. Uma determinada molécula de água movimentando-se no simplasto pode atravessar a membrana e se mover no apoplasto por um momento, e então retornar para o simplasto novamente.

2ª. De forma direta ou indireta, a fotossíntese supre grande parte das necessidades humanas, por meio da produtividade de plantas para alimentos, fibras, fármacos, madeira e combustível. Em condições de campo, em geral, a eficiência fotossintética é baixa. O entendimento e o controle do processo fotossintético podem aumentar a produtividade de plantas, além de aproveitar melhor as áreas cultiváveis. Como a eficiência fotossintética, ou seja, a relação entre a energia química obtida na fotossíntese e a energia luminosa disponível para as plantas realizar o processo, pode ser aumentada?

Resposta:

Uma das primeiras maneiras de aumentar a eficiência fotossintética é a melhoria da captação de luz por meio do aumento do índice de área foliar (IAF); embora IAF's ótimos variem de planta para planta. IAF's podem ser melhorados obtendo-se plantas de melhor arquitetura, isto é, modificar a disposição das folhas na planta, de maneira que as superiores façam o mínimo de sombreamento nas inferiores. Isto pode ser obtido por meio de melhoramento genético, pela seleção de plantas com folhas e ou ramos verticais. Resultados em cereais já são promissores. Usando-se espaçamentos mais estreitos também poderia ser uma opção, mas, com espaçamentos muito pequenos, o auto-sombreamento entre plantas deixaria folhas abaixo do ponto de compensação, de modo que os resultados seriam piores.

Uma outra possibilidade seria, por meio de melhoramento genético com o cruzamento de plantas C3 com C4 e, assim, obterem-se plantas de interesse agrícola com atributos desejáveis de plantas C4. No entanto, experiências de cruzamento entre espécies C4 e C3, têm mostrado, pelos métodos convencionais de melhoramento, ser quase impossível a transmissão das características desejáveis. Talvez, com as técnicas de transgenia progressos sejam alcançados.

3ª. Os produtos de assimilação e metabolismo, incluindo os produtos da fotossíntese (fotossintatos), são necessários para o crescimento das partes da planta que não podem realizar a fotossíntese, e mesmo para algumas partes que podem. Explique o modelo do transporte no floema considerando o carregamento e descarregamento do floema.

Resposta:

Os fotossintatos saem da folha pela *corrente de assimilados* do floema e a maior parte é translocada das áreas de produção, denominadas *fontes*, para área de metabolismo (como ápices caulinares e radiculares) ou armazenamento (como frutos, as sementes e o parênquima de armazenamento de caule e raízes), chamados *drenos*. O movimento de fotoassimilados segue um padrão fonte-dreno. Há rotas específicas, em geral, mais complexas, dependendo da proximidade, do desenvolvimento, das conexões vasculares e da modificação das rotas de translocação. Esse padrão de distribuição de fotossintatos é bastante alterado durante a passagem do crescimento vegetativo para o reprodutivo.

O transporte no floema é impulsionado por uma pressão de fluxo gerada osmoticamente. É a hipótese do fluxo de massa, que explica o transporte de longa distância nos tubos crivados do floema.

Carregamento do floema: constitui um processo ativo em que os açúcares são elevados a concentrações altas nas células do floema, próximo de uma célula fonte, o que diminui o potencial hídrico no tubo crivado. No carregamento do floema, os açúcares são transportados para os elementos crivados e células companheiras considerados como uma unidade funcional, denominada *complexo elemento crivado-célula companheira*. Uma vez dentro dos elementos crivados, a sacarose e outros solutos são translocados para longe da fonte, um processo denominado **exportação**. A translocação por meio do sistema vascular para o dreno é referida como **transporte de longa distância**. Pode ocorrer via apoplasto (requer energia metabólica) ou simplasto (das células do mesofilo até os elementos crivados).

Descarregamento do floema e o transporte para as células-dreno: ocorre a partir dos tubos crivados nas regiões do escoadouro (órgãos dreno), onde a sacarose ou os outros solutos são metabolizados ou ativamente carregados nos vacúolos das células de armazenamento. É um processo considerado como mecanismo de controle crítico no particionamento do carbono. Ocorre no apoplasto e também através dos plasmodesmos, de maneira simplástica. Os açúcares importados deixam os elementos crivados dos tecidos-dreno, são transportados para as células no dreno, por meio de uma rota de transporte a curta distância (transporte pós-elemento crivado) e finalmente os açúcares são armazenados e metabolizados nas células-dreno.

4ª. Todas as células ativas respiram continuamente, absorvendo o O₂ e liberando o CO₂ em volumes iguais, num processo geral de oxidação-redução. Explique como os fatores ambientais disponibilidade do substrato, disponibilidade de oxigênio e tipos e idade da planta influenciam o metabolismo respiratório vegetal.

Resposta:

Disponibilidade do substrato: a respiração depende da presença de um substrato disponível, que pode ser amido, frutanos ou açúcar. Qualquer fator que influencie no aumento da concentração de substrato solúvel na célula estimula a atividade respiratória. Plantas ou órgãos com baixas reservas de substrato respiram em taxas mais baixas. Caso a inanição se torne expressiva até proteínas podem ser respiradas.

Disponibilidade de oxigênio: afeta a respiração vegetal devido seu papel como substrato no processo respiratório como um todo. A disponibilidade difere entre as espécies e dentro de órgãos da mesma planta. Em condições aeróbias, a eficiência respiratória é máxima. Menores concentrações externas de oxigênio reduzem a taxa de respiração aeróbia, mas não necessariamente ocorre redução na taxa de produção de glicídios. As taxas respiratórias diminuem se a concentração atmosférica de oxigênio fica abaixo de 5% para órgãos inteiros ou abaixo de 2 a 3% para partes de tecidos. Há raízes que sobrevivem com metabolismo anaeróbio ou desenvolvem estruturas especializadas para facilitar o movimento de oxigênio até as raízes denominadas *pneumatóforos*. A formação de *aerênquima* é essencial para fornecer oxigênio às mitocôndrias.

Tipos e idade da planta: vários órgãos ou tecidos das plantas exibem ampla variação na taxa de respiração, de forma que, em geral, existe uma correlação entre a taxa de crescimento de determinado tipo celular e sua taxa respiratória. Ápices radiculares e outras regiões contendo células meristemáticas (ápices caulinares, embriões) possuem taxas respiratórias altas. Já tecidos senescentes apresentam taxas respiratórias menores, assim como também sementes, o que modifica à medida que sementes secas absorvem água e germinam.

5ª. A assimilação de nutrientes minerais corresponde a incorporação desses nutrientes em substâncias orgânicas. Na assimilação do nitrogênio, assim como do enxofre, há uma série complexa de reações bioquímicas que estão entre as de maior consumo de energia nos organismos vivos. Explique como ocorre a assimilação do nitrato, abordando os processos de redução, conversão e os locais em que ocorrem.

Resposta:

As raízes absorvem o nitrato da solução do solo. A primeira etapa é a redução do nitrato a nitrito no citosol pela enzima nitrato redutase que catalisa a reação, que envolve transferência de elétrons. A reação é $\text{NO}_3^- + \text{NAD(P)H} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{NAD(P)}^+ + \text{H}_2\text{O}$

O nitrito é convertido em amônio pela nitrito redutase, e as células vegetais transportam rapidamente o amônio do citosol para o interior dos cloroplastos nas folhas e nos plastídios. Nessas organelas, a enzima nitrito redutase reduz o nitrito a amônio. O amônio é tóxico para as plantas. No entanto, as células vegetais evitam essa toxicidade pela rápida conversão do amônio em aminoácidos. Essa conversão envolve duas ações

sequenciais, a da glutamato sintetase (GS) e da glutamato sintase (GOGAT). As plantas possuem duas classes de GS, uma no citosol e outra nos plastídios. No citosol, há produção de glutaminas para transporte do nitrogênio intracelular e nos plastídios há formação do nitrogênio amida para consumo local. A GOGAT transfere o grupo amida da glutamina. Uma outra rota, do tipo alternativa para assimilação do amônio é a GDH, que catalisa uma reação reversível que sintetiza ou desamina o glutamato.

6ª. A auxina é um fitormônio que influencia praticamente todos os estádios do ciclo de vida de um vegetal, da germinação à senescência, incluindo a regulação da dominância apical, a abscisão foliar, a formação de raízes laterais, a diferenciação vascular, formação de gemas florais e desenvolvimento do fruto. Conceitue fototropismo e explique, segundo a Teoria de Cholodny-Went, a relação da auxina com este efeito fisiológico nas plantas.

Resposta:

O fototropismo é o movimento de uma ou várias partes da planta em resposta a um fluxo direcional ou um gradiente de luz. É expresso em todas as partes aéreas e algumas raízes e garante que as folhas receberão luz solar suficiente para realizar a fotossíntese.

Segundo a teoria de Nicolai Cholodny e Fritz Went, a luz incidida direcional e unilateralmente causa o transporte (migração) de auxina (AIA) para o lado sombreado, aumentando a concentração de auxina, o que promove maior alongamento celular desta região, provocando inclinação/curvatura fototrópica para o lado iluminado. Quando há bloqueio desta migração auxínica, não se observa o fototropismo. Assim, a auxina produzida no ápice, em vez de ser transportada de forma basípeta (de forma polar, da extremidade apical para a basal), é transportada lateralmente para o lado sombreado. Nos coleóptilos, a síntese de auxinas ocorre no ápice. No lado não iluminado ocorre também, como resultado da presença de uma maior concentração de auxinas, a produção de etileno, que impede o transporte transversal de auxinas para o lado iluminado. Os pigmentos riboflavina e β -caroteno são apontados como receptores prováveis do estímulo fototrópico. Ex: girassol. Um potencial elétrico transversal aparece algum tempo após irradiação unilateral. Como no geotropismo, este potencial parece depender de uma redistribuição prévia da auxina. As fototropinas são proteínas quinases autofosforilantes, com suas atividades estimuladas pela luz azul, que induzem a curvatura fototrópica em hipocótilos de *Arabidopsis* e coleótilos de aveia.

7ª. A respeito do fotoperiodismo e seu efeito no controle do florescimento: conceitue este mecanismo e discorra como ocorre a indução fotoperiódica.

Resposta:

Fotoperiodismo é a resposta dos organismos à duração relativa do dia e da noite como desencadeador de, além de outros fenômenos, a sincronização da floração em algumas espécies, como o crisântemo e o bico de papagaio. A sincronização dos organismos com as variações ambientais é muito vantajosa para os seres vivos. Quando todos os membros de uma espécie florescem na mesma época, há o aumento da probabilidade de fecundação cruzada.

Para que o fotoperiodismo possa se manifestar (indução fotoperiódica), a planta deve receber uma combinação adequada de um certo número de horas de luz e escuro. Estes ciclos fotoperiódicos, quando produzem efeito, são chamados de ciclos fotoindutivos. Algumas plantas não necessitam ficar o tempo todo em ciclos fotoindutivos ideais para que o processo fotoperiódico (florescimento, por exemplo) se complete. Muitas plantas, de dias longos, florescem se colocadas em apenas um ciclo fotoindutivo adequado. A recepção do estímulo fotoperiódico acontece nas folhas, podendo a indução fotoperiódica ocorrer em folhas destacadas ou em apenas uma folha da planta. Mas a resposta da floração ocorre no ápice caulinar. Tal distribuição espacial requer a presença

de substâncias inibidoras ou estimuladoras, capazes de serem translocadas ao meristema via floema. Estudos sugerem que um florígeno (substância de natureza química hormonal) seja o responsável pela transmissão do estímulo das folhas para a gema floral. O fitocromo do tipo I (phy A) é estimulador de floração e o tipo II (phyB, C, D, E, F) é inibidor. Por ser o estímulo floral translocado juntamente com os açúcares no floema, ele está sujeito às relações de fonte-dreno. Uma folha induzida posicionada próxima ao ápice do caule tem maior probabilidade de causar florescimento que uma folha induzida na base do caule, que normalmente alimenta as raízes. Da mesma forma, as folhas não-induzidas posicionadas entre folhas induzidas e a gema apenas tendem a inibir o florescimento por servirem de fontes preferenciais para as gemas, impedindo, assim, o estímulo floral da folha induzida mais distal de atingir seu alvo. Esta inibição também explica a razão pela qual uma quantidade mínima de fotossíntese é exigida pela folha induzida para operar a translocação.

8ª. Explique a influência dos estímulos ambientais luz e temperatura na quebra de dormência das sementes.

Resposta:

Fator Luz: pode ser considerado importante na quebra de dormência em sementes, com ação de diferentes comprimentos de onda sobre o fitocromo (pigmento que absorve luz), este que pode se converter em duas formas, ativa (Fve) e inativa (Fv). A Fv absorve luz vermelha, com pico de absorção máxima em 660 nm. Quando o Fv é ativado pela luz vermelha, converte-se em Fve (pico de absorção máxima de 730 nm), que para a maior parte das sementes fotoblásticas, promove a germinação. A passagem de Fv para Fve como o inverso ocorre rapidamente sob efeito do tratamento luminoso. A conversão de Fve para Fv pode ocorrer no escuro, porém considerada uma reação mais lenta. Além disso, sob luz branca, há maior conversão de Fv para Fve. A escarificação de sementes pode também servir como uma quebra de barreira à entrada de luz.

Fator temperatura: Sementes de várias espécies não-tropicais podem ter sua dormência quebrada quando expostas a baixas temperaturas, efeito também conhecido como *estratificação* e comum em horticultura e silvicultura. Em condições naturais, durante o inverno, a exposição das sementes por vários dias a temperaturas entre 1 e 10°C quebra a dormência, e a germinação ocorre na primavera. Mais raramente, outras espécies requerem temperaturas altas para que ocorra a quebra de dormência, havendo relatos de temperaturas entre 34 e 42°C. Normalmente a necessidade de altas temperaturas é exibida por plantas anuais de inverno com floração precoce. A exposição a um calor intenso, como ocorre nas queimadas, pode provocar a ruptura da testa em algumas sementes cuja dormência é claramente imposta pela testa. É importante mencionar, ainda, os efeitos de temperatura alternada, como por exemplo, de 20°C a 30°C. O efeito da alternância de temperatura pode até substituir o efeito da luz na germinação, sendo ainda uma resposta difícil de ser quantificada por poder variar em termos de exposição, magnitude, número de ciclos de exposição.