مدرسان شریف

فصل اول

«فتوسنتز»

درسنامه (۱): مفاهیم اولیه نور در فتوسنتز

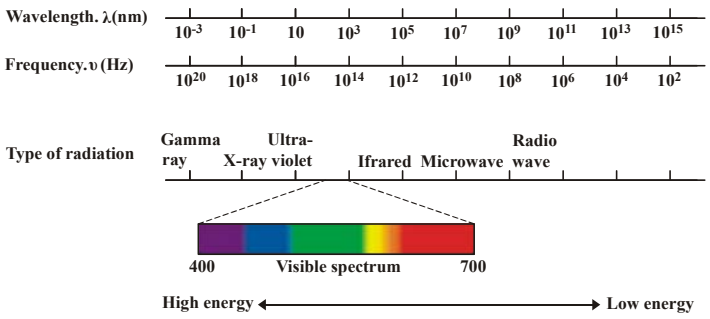
فتوسنتز از نظر لغوی به معنی تولید با استفاده از نور خورشید است و تنها فرایند مهم بیولوژیکی است که قادر به ذخیره انرژی خورشید می‌باشد؛ به عبارت دیگر در فرایند فتوسنتز، انرژی نور خورشید سنتز کربوهیدرات‌ها از آب و دی‌اکسید کربن را همراه با تولید اکسیژن پیش می‌راند.

$$۶CO_۲ + ۶H_۲O \rightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲ \qquad (۱)$$

موجودات زنده فتوسنتزکننده (مانند گیاهان عالی و برخی باکتری‌ها) از انرژی خورشید برای تولید ترکیبات آلی که ساخت آن‌ها مستلزم صرف انرژی می‌باشد، استفاده می‌کنند. انرژی ذخیره‌شده در این ترکیبات بعداً می‌تواند در فرایندهای سلولی در گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌تواند به عنوان منبعی از انرژی برای تمام اشکال حیات ذخیره گردد. در این فصل ماهیت نور، رنگدانه‌ها و نقش آن‌ها، ساختار و عمل دستگاه فتوسنتزی و همچنین عوامل اکولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر بر انجام این فرایند مورد بحث قرار خواهد گرفت.

نور

نور از طریق فتوسنتز توسط گیاه گرفته شده و انرژی آن در پیوندهای شیمیایی اجزای آلی ذخیره می‌شود. انرژی دریافتی زمین از خورشید به صورت امواج الکترومغناطیس با طول موج‌های کمتر از ۱×۱۰^{-۳} نانومتر تا بیشتر از ۱×۱۰^{۹} نانومتر است. این انرژی تحت عنوان «طیف الکترومغناطیس» شناخته شده است. قسمتی از طیف الکترومغناطیس که حدوداً بین ۱ تا ۱×۱۰^{۶} نانومتر است، به عنوان نور در نظر گرفته می‌شود که همه آن قابل رؤیت نیست. نور با طول موجی بین ۱ تا ۳۹۰ نانومتر نور فرابنفش، با طول موجی بین ۴۰۰ تا ۷۶۰ نانومتر نور مرئی و با طول موجی بلندتر از ۷۶۰ و کوتاه‌تر از ۱×۱۰^{۶} نانومتر به عنوان نور مادون قرمز شناخته می‌شود. نور فرابنفش و مادون قرمز برای انسان قابل رؤیت نیست (شکل مقابل).



طیف الکترومغناطیس. طول موج و تواتر با یکدیگر نسبت عکس دارند. چشم انسان تنها به محدوده باریکی از طول موج‌ها (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) حساس است. امواج با طول موج بلند (تواتر کمتر)، انرژی کمتر و امواج با طول موج کوتاه (تواتر بیشتر)، انرژی بالاتری دارند.

چنانچه طول موج نور مادون قرمز بالاتر از ۳۰۰۰ نانومتر باشد، به صورت گرما احساس می‌شود. انرژی خورشید دارای خصوصیاتی است که توسط دو تئوری مربوط به هم بیان می‌شود:

تئوری امواج الکترومانیتیک: این تئوری بیان می‌کند که نور در فضا به صورت موج حرکت می‌کند. فاصله بین دو قله متوالی موج، طول موج (λ) و تعداد امواجی که در یک زمان خاص از یک نقطه معین عبور می‌کنند، تواتر (υ) (Frequency) نامیده می‌شود.

با یک معادله ساده می‌توان بین طول موج، تواتر و سرعت هر موج ارتباط برقرار نمود:

$$C = \lambda\upsilon \qquad (۲)$$

در رابطه فوق، C سرعت نور و برابر با ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه، λ طول موج و υ تواتر است.

تئوری کوانتوم: بر اساس این تئوری نور در فضا به صورت جریانی از ذرات به نام فوتون (Photon) حرکت می‌کند. انرژی موجود در یک فوتون، یک کوانتوم (Quantum) نام دارد. **انرژی نور پیوسته نیست و به صورت بسته‌های مجزای کوانتوم آزاد می‌شود.** بر اساس قانون پلانک (Planck´s law)، انرژی (E) موجود در هر فوتون به تواتر نور بستگی دارد:

$$E = hv = h(\frac{C}{\lambda}) \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، h ثابت پلانک ($۶/۶۲۶\times۱۰^{-۳۴}$ Js) می‌باشد. بر اساس این رابطه انرژی موجود در هر فوتون با طول موج آن نسبت عکس دارد، به طوری که طول موج‌های کوتاه (با تواتر زیاد) نور دارای انرژی زیاد هستند و طول موج‌های بلند (تواتر کم) نور دارای انرژی کمتری می‌باشند (شکل طیف الکترومغناطیس). تمام فوتون‌ها دارای مقدار انرژی لازم برای تحریک رنگیزه‌های برگ نمی‌باشند. تنها فوتون‌های بین طول موج‌های ۷۶۰–۳۹۰ نانومتر (محدوده طیف نور مرئی) دارای انرژی مناسب برای فتوسنتز هستند. با توجه به اینکه تحریک رنگیزه‌ها نتیجه واکنش مستقیم بین یک فوتون و رنگیزه است؛ لذا میزان نور مصرف‌شده در فتوسنتز اغلب بر اساس غلظت جریان فوتون (نه انرژی فوتون‌ها) (Photon Flux Density) بیان می‌شود.

غلظت جریان فوتون (PFD) عبارت است از: تعداد فوتون‌هایی که در واحد زمان از یک سطح معین عبور می‌کنند. فتوسنتز در محدوده طول موج‌های ۷۰۰ – ۴۰۰ نانومتر، دارای بیشترین بازده هستند؛ بنابراین اندازه‌گیری مقدار نور مورد استفاده در فتوسنتز بر اساس غلظت جریان فوتون در این طول موج‌ها انجام می‌گیرد. مقدار نوری که به این طریق اندازه‌گیری می‌شود، تشعشعات فعال فتوسنتزی (Photosynthetically Active Radiation (PAR)) یا غلظت جریان فوتون فتوسنتزی(Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)) نامیده می‌شود و اغلب به صورت میکرواینشتین بر مترمربع در ثانیه $\mu E.m^{۲}s^{-۱}$ یا میکرومول بر مترمربع در ثانیه $\mu mol.m^{۲}s^{-۱}$ بیان می‌شود. امرسون در سال ۱۹۹۰ نشان داد که انرژی نورانی در فرایند فتوسنتز موجب ایجاد عملکردی تحت عنوان «عملکرد کوانتوم» (Quantum yield) می‌گردد و آن را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$Q=$ تعداد مول فوتون جذب‌شده/ تعداد مول $O_۲$ آزادشده (۴)

در فرایند فتوسنتز، حداکثر عملکرد کوانتوم برای تولید $O_۲$ تقریباً برابر ۰/۱ است؛ به این معنی که برای آزاد شدن هر مولکول $O_۲$ در حدود ۱۰ کوانتوم جذب می‌شود. همچنین عملکرد کوانتوم در فرایند فتوسنتز را می‌توان به‌صورت تعداد مول‌های $CO_۲$ احیاشده توسط هر مول فوتون جذب‌شده بیان داشت؛ بنابراین: (۵) $Q=$ تعداد مول فوتون جذب‌شده/تعداد مول $CO_۲$ جذب‌شده یا تعداد مول $O_۲$ آزادشده

اصطلاح دیگری که به جای عملکرد کوانتوم به کار می‌رود، بازدهی کوانتوم (Quantum efficiency) است. امرسون در آزمایشات خود عملکرد کوانتومی فتوسنتز را به‌عنوان تابعی از طول موج اندازه‌گیری نمود و اثری را که به‌عنوان افت قرمز (Red drop) شناخته شد، نشان داد. اگر عملکرد کوانتوم برای طول موج‌هایی که کلروفیل آن‌ها را جذب می‌کند، اندازه‌گیری شود، مقادیر به‌دست آمده برای سراسر این محدوده به‌طور قابل ملاحظه‌ای ثابت است. این مسئله نشان می‌دهد که هر فوتون جذب‌شده توسط کلروفیل یا سایر رنگیزه‌ها به اندازه دیگر فوتون‌ها در تحریک فتوسنتز مؤثر است. البته در مرز انتهایی نور قرمز ($>۶۸۰\,nm$) عملکرد شدیداً افت می‌کند. این افت به کاهش جذب مربوط نمی‌شود؛ زیرا عملکرد کوانتوم فقط برای نوری که کاملاً جذب شده است، اندازه‌گیری می‌شود؛ بنابراین نوری با طول موج بلندتر از ۶۸۰ nm نسبت به نورهای با طول موج‌های کوتاه‌تر، کارایی کمتری دارد.

مثال۱: در فرایند فتوسنتز برای آزاد شدن هر $O_۲$ چقدر نور جذب می‌شود؟

۱) ۱۰ کوانتوم ۲) ۱۰ میکروژول ۳) ۲۵۰۰ کوانتوم ۴) ۲۵۰۰ میکروژول

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» در فرایند فتوسنتز برای آزاد شدن هر $O_۲$، ۱۰ کوانتوم نور جذب می‌شود.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۲: به طور میانگین جهت احیای یک مولکول $CO_۲$ در فرآیند فتوسنتز به چه میزان فوتون نیاز است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۶ ۴) ۳۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» فتوسنتز فرایندی است که طی آن آب و دی اکسید کربن مصرف شده و قند و اکسیژن تولید می‌شود. انرژی لازم برای فتوسنتز از نور تأمین می‌شود. برای تثبیت هر مولکول $CO_۲$ در حدود ۹ تا ۱۰ فوتون نور لازم است. در نتیجه عملکرد کوانتومی برای تثبیت یک مولکول $CO_۲$ در حدود ۰/۱ و نیاز کوانتومی آن ۱۰ می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: عملکرد کوانتوم در فتوسنتز عبارت است از: (سراسری ۸۴ و۸۷)

۱) $\frac{\text{مول } CO_۲ \text{ جذب‌شده یا مول } O_۲ \text{ تولیدشده}}{\text{مول فوتون جذب‌شده}}$

۲) $\frac{\text{مول } CO_۲ \text{ جذب‌شده + مول } O_۲ \text{ تولیدشده}}{\text{مول فوتون جذب‌شده}}$

۳) $\frac{\text{مول } CO_۲ \text{ تولیدشده یا مول } O_۲ \text{ جذب‌شده}}{\text{مول فوتون جذب‌شده}}$

۴) $\frac{\text{مول فوتون جذب‌شده}}{\text{مول } CO_۲ \text{ جذب‌شده یا مول } O_۲ \text{ تولیدشده}}$

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» بازده کوانتوم یا عملکرد کوانتومی عبارت است از: میزان $CO_۲$ تثبیت شده به ازای فوتون مصرف شده که این بازده کوانتومی فتوسنتزی می‌باشد. عملکرد کوانتومی می‌تواند بین صفر (هنگامی‌که یک فرآیند به انرژی نورانی نیاز ندارد) تا یک (وقتی تمام نور جذب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد) باشد. در هوای معمولی عملکرد کوانتومی‌گیاهان $C_۳$ کمتر از گیاهان $C_۴$ می‌باشد. عملکرد کوانتومی بسته به درجه حرارت و غلظت $CO_۲$ تغییر می‌کند زیرا این دو عامل بر سرعت واکنش کربوکسیلاز و اکسیژناز رابیسکو مؤثر هستند.

فصل دوم

«تنفس»

درسنامه (۱): انواع تنفس

فتوسنتز تأمین‌کننده واحدهای ساختمانی آلی مورد نیاز گیاهان (و تقریباً تمام موجودات زنده دیگر) است، در حالی‌که طی فرایند تنفس انرژی ذخیره‌شده در ترکیبات کربن‌دار برای استفاده سلول آزاد می‌شود. تنفس هوازی (نیازمند اکسیژن) فرایند زیستی است که توسط آن ترکیبات آلی در حالتی کنترل‌شده اکسید می‌شوند. در خلال فرایند تنفس انرژی آزاد شده و به طور موقت در ترکیبی به نام ATP ذخیره می‌شود که می‌تواند به سهولت برای بقا و رشد و نمو گیاه مورد استفاده قرار گیرد. تنفس هوازی تقریباً در تمام موجودات یوکاریوت متداول بوده و جنبه‌های کلیدی فرایند تنفس در گیاهان عالی مشابه تنفس در جانوران و یوکاریوت‌های پست می‌باشد. اگرچه رایج‌ترین سوبسترا برای تنفس، گلوکز می‌باشد اما در یک سلول گیاهی کربن احیاشده از منابع دیگری مانند دی‌ساکارید ساکارز، هگزوز فسفات‌ها و تریوز فسفات‌های حاصل از تجزیه نشاسته و فتوسنتز، پلیمرهای حاوی فروکتوز (فروکتوزان) و سایر قندها، همین طور از چربی‌ها، اسیدهای آلی و در صورت لزوم از پروتئین‌ها تأمین می‌شود. از نقطه نظر شیمیایی، تنفس را معمولاً به‌صورت اکسیداسیون یک قند ۶ کربنه (مانند گلوگز) بیان می‌کنند:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O \qquad (1)$$

این واکنش عکس فرایند فتوسنتز است و در آن گلوکز به‌طور کامل به CO_2 اکسید شده و حال آنکه اکسیژن به‌عنوان پذیرنده نهایی الکترون، به‌صورت آب احیا می‌شود. در این واکنش به ازای هر مول (۱۸۰ گرم) گلوکز اکسیدشده، ۲۸۸۰ کیلوژول (۶۸۶ کیلوکالری) انرژی آزاد می‌گردد. این رهاسازی انرژی تحت کنترل بوده و با ساخت ATP (که نقش مهمی در متابولیسم تنفس دارد) همراه می‌باشد. تنفس می‌تواند مقدار قابل توجهی از کربن تثبیت‌شده روزانه توسط فتوسنتز را مصرف نماید و این مقدار، تلفات ناشی از تنفس نوری را شامل نمی‌شود؛ بنابراین برای آگاهی از تأثیر فرایند تنفس گیاه بر عملکرد آن می‌توان تنفس را به دو جزء زیر تقسیم‌بندی نمود:

ـ تنفس رشد (Growth respiration):

تنفسی است که انرژی و اسکلت‌های کربنی حاصل از آن به مصرف رشد و نمو گیاه می‌رسد؛ به‌عبارت دیگر این تنفس موجب افزایش رشد و نمو گیاه می‌شود. تنفس رشد به فتوسنتز گیاه مربوط می‌شود.

ـ تنفس پایه (نگهداری) (Maintenance respiration):

جزئی از فرایند تنفس است که برای حفظ سلول‌های بالغ در وضعیت حیاتی انجام می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، این تنفس برای حفظ وضع موجود گیاه صورت می‌پذیرد. تنفس پایه با وزن گیاه در ارتباط است.

نکته۱: در ابتدای رشد گیاه که وزن گیاه کم و فتوسنتز آن بالاست، میزان تنفس پایه کم و میزان تنفس رشد بالا می‌باشد. در اواخر دوره رشد گیاه با ازدیاد وزن گیاه و کاهش فتوسنتز آن، میزان تنفس پایه بالا و میزان تنفس رشد کم است.

به‌طور کلی برای محاسبه تنفس گیاه به‌عنوان تابعی از وزن گیاه و فتوسنتز آن، از فرمول مقابل می‌توان استفاده نمود: $R = aPg + bW$ (۲)

در فرمول فوق، R: تنفس کل، Pg: فتوسنتز کل، W: وزن گیاه، a و b: ضرایب ثابت معادله می‌باشند.

مثال۱: تنفس رشد از ..... و تنفس نگهداری اندام گیاه از ..... تخمین زده می‌شود.

۱) سرعت رشد و فتوسنتز کل، وزن خشک کل
۲) وزن خشک اندام‌ها، سرعت رشد گیاه
۳) میزان ATP تولیدشده، ATP مصرف‌شده
۴) کاهش فتوسنتز گیاه، افزایش وزن خشک گیاه

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» تنفس پایه (نگهداری) به وزن خشک کل گیاه و تنفس رشد به سرعت رشد و فتوسنتز کل بستگی دارد به طوری‌که با افزایش سرعت رشد گیاه بر میزان این تنفس نیز افزوده می‌شود.

مثال۲: میزان تنفس نگهداری (پایه) گیاه زراعی با:

۱) افزایش شاخص سطح برگ کم می‌شود. ۲) ازدیاد وزن گیاه کم می‌شود.

۳) ازدیاد وزن گیاه زیاد می‌شود. ۴) مسن شدن گیاه کم می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» هرچه وزن گیاه اضافه شود میزان تنفس نگهداری آن نیز افزایش می‌یابد.

مثال۳: با عنایت به اینکه دمای مطلوب فتوسنتز و تنفس متفاوت است بنابراین ..... (سراسری ۸۲)

۱) دمای مطلوب فتوسنتز ناخالص متفاوت از دمای مطلوب فتوسنتز خالص است.

۲) با افزایش دما همراه با افزایش تنفس بر مقدار فتوسنتز خالص نیز افزوده می‌شود.

۳) تغییر دما هیچ تأثیری در مقدار تولید ماده خشک گیاهی نخواهد گذاشت.

۴) با تغییر مقدار تنفس فتوسنتز خالص گیاه دچار تغییر نمی‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» دمای مطلوب تنفس و فتوسنتز با هم متفاوت است و این امر سبب می‌شود تا دمای مطلوب فتوسنتز خالص و ناخالص نیز متفاوت باشد. زیرا فتوسنتز خالص از کسر کردن تنفس از فتوسنتز ناخالص بدست می‌آید به همین دلیل دمای این دو با هم متفاوت خواهد بود. با هر گونه تغییری در میزان تنفس، میزان فتوسنتز خالص نیز تغییر می‌کند. هرچه دما افزایش پیدا کند میزان تنفس بیشتر از فتوسنتز افزایش می‌یابد و سبب کاهش میزان فتوسنتز خالص می‌گردد.

مثال۴: عبارت: «در یک پوشش گیاهی و در شرایط ۲۰ درجه سانتی‌گراد، ضریب ثابت تنفس رشد برابر ۲۵% و ضریب ثابت تنفس نگهداری برابر با ۱۵% در روز است»؛ یعنی گیاه ..... فتوسنتز خود برای رشد و ..... از بیوماس موجود خود در روز را جهت نگهداری بافت‌ها تنفس می‌کند.

۱) ۱۵% ، ۲۵% ۲) $\frac{۱}{۴}$ ، ۱۵% ۳) ۱/۵ ، ۲۵% ۴) $\frac{۱}{۲}$ ، ۲۶۵%

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» اگر در گیاهی ضریب ثابت تنفس رشد برابر ۲۵% و تنفس نگهداری آن ۱۵% است؛ یعنی این گیاه ۲۵% (یک چهارم) فتوسنتز خود را برای رشد و ۱۵% آن را برای نگهداری بافت‌ها تنفس می‌کند.

مثال۵: در مزرعه با زیاد شدن شدت تابش و افزایش دما به ترتیب تنفس ..... و تنفس ..... زیاد خواهد شد. (سراسری ۹۲)

۱) رشد ـ رشد ۲) رشد ـ پایه ۳) پایه ـ رشد ۴) پایه ـ پایه

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» در مزرعه با زیاد شدن شدت تابش و افزایش دما به ترتیب تنفس رشد و تنفس پایه زیاد خواهد شد.

مثال۶: رابطه بین میزان فتوسنتز و تنفس سایه‌انداز گیاهی کدام است؟

۱) معکوس ۲) مستقیم ۳) ارتباطی با هم ندارند. ۴) قابل مقایسه با هم نمی‌باشند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» با افزایش میزان فتوسنتز، میزان تنفس نیز افزایش می‌یابد و بالعکس اما در دماهای بالا میزان تنفس بیش از فتوسنتز افزایش نشان می‌دهد. هر دو فرایند فتوسنتز و تنفس برای ساخت مواد نیاز به انرژی دارند. تنفس برای به دست آوردن انرژی و انجام فرایندهایی مثل ساختن مواد اندوخته‌ای، مواد ساختمانی، ترکیبات متابولیک و اعمالی چون انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال عناصر غذایی به غشاهای سلولی بایستی مولکول‌های آلی را تجزیه کند و انرژی آزادشده آن‌ها را به مصرف موارد فوق برساند.

مثال۷: در گیاه زراعی یک ساله گندم پس از گلدهی، جزء تنفس رشد و تنفس پایه (نگهداری) به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟ (سراسری ۹۶)

۱) افزایش ـ کاهش ۲) کاهش ـ افزایش ۳) افزایش ـ افزایش ۴) کاهش ـ کاهش

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» در ابتدای رشد گیاه که وزن گیاه کم و فتوسنتز بالاست، تنفس پایه کم و تنفس رشد بالا می‌باشد. در اواخر دوره رشد گیاه با ازدیاد وزن گیاه و کاهش فتوسنتز آن، میزان تنفس پایه بالا و میزان تنفس رشد کم است.

مثال۸: کدام عبارت در معرفی تنفس رشد و تنفس پایه صحیح نمی‌باشد؟ (سراسری ۹۲)

۱) تنفس پایه، چرخش و جابجایی ترکیبات موجود سلولی را تضمین می‌کند.

۲) تنفس رشد مناسب با وزن خشک گیاه یا توده گیاه زراعی است.

۳) تنفس ساخته شدن مواد جدید را حمایت می‌کند.

۴) تنفس رشد متناسب با میزان فتوسنتز ناخالص است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» تنفس پایه متناسب با وزن خشک گیاه یا توده گیاه زراعی است.

مثال۹: در ابتدای فصل رشد با ازدیاد و شدت تابش، تنفس ..... زیاد می‌شود. در انتهای فصل رشد با ازدیاد دمای کانوپی تنفس ..... افزایش می‌یابد. (سراسری ۹۳)

۱) رشد ـ رشد ۲) رشد ـ پایه ۳) پایه ـ رشد ۴) پایه ـ پایه

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» در ابتدای رشد گیاه که وزن گیاه کم و فتوسنتز آن بالاست، میزان تنفس پایه کم و میزان تنفس رشد بالاست. در اواخر دوره رشد گیاه با ازدیاد وزن گیاه و کاهش فتوسنتز آن، میزان تنفس پایه بالا و میزان تنفس رشد کم است.

مثال۱۰: تنفس رشد (aP_g) و تنفس پایه یا نگهداری (bw) به ترتیب به چه عواملی بستگی دارند؟ تنفس رشد و تنفس پایه به ترتیب وابسته به و مستقل از چه عاملی هستند؟ (دکتری ۹۴)

۱) تابش و دما ـ موجودی سوبسترا ۲) دما و تابش ـ موجودی یون‌های معدنی

۳) تابش و آب ـ موجودی نیتروژن گیاه ۴) آب و دما ـ میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» تنفس رشد: تنفسی که انرژی و کربن احیاشده آن صرف بیوسنتز و رشد و نمو گیاه می‌شود و ساخت مواد جدید گیاه را حمایت می‌کند. تنفس رشد متناسب با فتوسنتز ناخالص (شیره پرورده) ولی مستقل از دما و وابسته به تابش می‌باشد؛ به عبارتی هزینه متابولیکی تبدیل مواد فتوسنتزی به ترکیبات مورد نیاز رشد را نشان می‌دهد.

تنفس پایه نگهداری: تنفسی است که به منظور تولید انرژی ساختار کربنی برای حفظ وضعیت موجود گیاه انجام می‌شود که در افزایش وزن خشک نقش مستقیمی ندارند. این تنفس نشان‌دهنده تبدیل و جابه‌جایی موجود در سلول بوده و مناسب با وزن خشک گیاه می‌باشد. این تنفس وابسته به دما ولی مستقل از فتوسنتز ناخالص است و حتی در شرایط کمبود هیدروکربن‌ها از طریق مصرف چربی‌ها و پروتئین‌ها صورت می‌گیرد.

مثال۱۱: از دو مؤلفه تنفس پایه (نگهداری) و تنفس رشد به ترتیب کدام مورد مقدم بر دیگری است، کدام مورد تابع دما است و کدام مورد تابع موجودی سوبسترا است؟ (دکتری ۹۶)

۱) تنفس رشد ـ تنفس رشد ـ تنفس پایه ۲) تنفس پایه ـ تنفس پایه ـ تنفس رشد

۳) تنفس رشد ـ تنفس پایه ـ تنفس رشد ۴) تنفس پایه ـ تنفس رشد ـ تنفس رشد

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» تنفس پایه بر تنفس رشد مقدم است. از عوامل محیطی مؤثر بر تنفس رشد می‌توان به اکسیژن، درجه حرارت و میزان سوبسترای تنفسی اشاره کرد. تنفس پایه با وزن گیاه در ارتباط است.

مثال۱۲: کدام مورد با ویژگی‌های تنفس نگهداری (پایه) گیاه هماهنگ است؟ (دکتری ۹۷)

۱) مستقل از فتوسنتز جاری و مستقل از دمای محیط است. ۲) وابسته به فتوسنتز جاری و تحت‌تأثیر دمای محیط است.

۳) وابسته به فتوسنتز جاری و مستقل از شرایط محیطی به ویژه دما است. ۴) مستقل از فتوسنتز جاری و تحت‌تأثیر شرایط محیطی به ویژه دما است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» تنفس پایه گیاه مصرف انرژی برای نگهداری و زنده‌ماندن تمام اندام‌های گیاهی بوده و مستقل از فتوسنتز جاری می‌باشد. با تغییر در شرایط محیطی از جمله افزایش دما، خشکی، شوری و ... گیاه برای زنده‌ماندن حداکثر انرژی خود را معطوف به تنفس پایه کرده و سهم دیگر فعالیت‌های گیاهی کاهش پیدا می‌کند.

مدرسان شریف

فصل سوم

«انتقال و توزیع مواد فتوسنتزی»

درسنامه (۱): مفهوم منبع و مقصد

آوندهای چوبی و آبکش تبادل مواد خام و پرورده را در مسیرهای طولانی بین ریشه و ساقه امکان‌پذیر می‌سازند. آوند چوبی بافتی است که وظیفه انتقال آب و مواد معدنی از سیستم ریشه به بخش‌های هوایی گیاه را بر عهده دارد. فرآورده‌های فتوسنتزی که توسط برگ‌های بالغ به‌وجود می‌آیند، در سراسر پیکر گیاه برای مقاصد رشد و نمو، ذخیره، ترمیم و نگهداری سلول‌ها از طریق بافت آوند آبکش انتقال می‌یابند. جهت حرکت مواد در آوندهای چوبی یک‌طرفه و از پایین به بالا یعنی از ریشه به سمت برگ‌ها بوده و از طریق کانال تعرق انجام می‌پذیرد، در حالی‌که فرآورده‌های فتوسنتزی در آوندهای آبکش دارای حرکت دوطرفه هستند؛ یعنی جهت حرکت ممکن است از پایین به بالا یا از بالا به پایین باشد؛ به‌عبارت دیگر، جهت انتقال در آوند آبکش از طریق موقعیت نسبی مناطق تولید و مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی تعیین می‌شود. به‌طوری‌که فرآورده‌های فتوسنتزی توسط آوندهای آبکش از نواحی تولید یعنی منبع (Source) به مناطق مصرف (متابولیسم و ذخیره) یعنی مقصد (Sink) منتقل می‌شوند.

منبع شامل هر اندام صادرکننده گیاه به‌ویژه برگ‌های بالغ می‌باشد که قادر به تولید فرآورده‌های فتوسنتزی بیش از نیاز خود هستند. منبع‌های ثانویه (Second sources) نوع دیگری از منبع هستند که طی مرحله خاصی از نمو گیاه به‌عنوان یک اندام ذخیره‌کننده (مقصد) عمل می‌کنند و در مرحله دیگری از نمو گیاه منبع محسوب می‌شوند؛ یعنی گاهی به‌صورت مقصد و گاهی به‌صورت منبع عمل می‌کنند؛ به‌عنوان مثال ریشه ذخیره‌ای چغندر وحشی (Beta maritime) دوساله طی فصل رشد در سال اول، فرآورده‌های فتوسنتزی را از برگ‌های منبع دریافت و ذخیره می‌کند و بر این اساس یک مقصد (مخزن) محسوب می‌شود.

طی دومین فصل رشد، همان ریشه به یک منبع تبدیل می‌شود و تأمین‌کننده قند لازم برای تولید اندام‌های هوایی جدید می‌باشد. مقصد (مخزن) شامل تمام اندام‌های غیرفتوسنتزکننده گیاه و اندام‌هایی است که فرآورده‌های فتوسنتزی را به حد کافی تولید نمی‌کنند تا نیازهای رشدی یا ذخیره‌ای خود را برطرف نمایند. اندام‌های رویشی در حال رشد (رأس ریشه و برگ‌های جوان)، اندام‌های ذخیره‌ای (ریشه‌ها و ساقه‌ها)، اندام‌های تولیدمثلی و پراکنشی (میوه‌ها و بذرها)، همگی مثال‌هایی از بافت‌های مقصد (مخزن) هستند.

برگ‌های جوان در حال نمو، برای تأمین انرژی و کربن لازم برای رشد و نمو نیاز به وارد کردن مواد فتوسنتزی دارند. این وضعیت تا زمانی که برگ‌ها بتوانند احتیاجات خود را برآورده سازند ادامه دارد و پس از آنکه به ۵۰ درصد رشد نهایی خود رسیدند ممکن است حدود ۸۰–۶۰ درصد مواد فتوسنتزی این برگ‌ها در شرایط مساعد به سایر قسمت‌های گیاه منتقل شود.

مثال۱: کدام گزینه صحیح است؟

۱) برگ‌ها تنها Source گیاه می‌باشند.

۲) جهت حرکت مواد در آوندهای چوبی دوطرفه است و از طریق کانال تعرق انجام می‌گیرد.

۳) از جمله بافت‌های مخزن می‌توان به اندام‌های ذخیره‌ای، اندام‌های تولیدمثلی و پراکنشی (میوه‌ها و بذرها) اشاره داشت.

۴) جهت انتقال در آوند چوبی، از طریق موقعیت نسبی مناطق تولید و مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی تعیین می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» منبع شامل هر اندام صادرکننده گیاه می‌باشد که قادر به تولید فرآورده‌های فتوسنتزی بیش از نیاز خود هستند. جهت حرکت مواد در آوندهای چوبی یک‌طرفه و از پایین به بالا یعنی از ریشه به سمت برگ‌ها بوده و از طریق کانال تعرق انجام می‌پذیرد. جهت انتقال در آوند آبکش، از طریق موقعیت نسبی مناطق تولید و مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی تعیین می‌شود.

مثال۲: مقصد فیزیولوژیک (sink) جایی است که در آن فعالیت متابولیکی ..... و ورود مواد پرورده ..... از خروج آن‌هاست. (سراسری ۸۳)

۱) زیاد ـ زیادتر ۲) زیاد ـ کمتر ۳) کم ـ زیادتر ۴) کم ـ کمتر

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» مخزن مکانی است که از نظر متابولیکی فعال بوده و به مواد پرورده فراوانی نیاز دارد بنابراین مخزن وارد کننده مواد فتوسنتزی می‌باشد نه صادر کننده. انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن به موقعیت مخزن نسبت به منبع و ارتباطات آوندی بین منبع مخزن وابسته است. عامل دیگر تعیین کننده الگوهای انتقال در سرتاسر گیاه، رقابت بین مخزن‌ها می‌باشد. برخی آزمایش‌ها نشان داده‌اند که قدرت مخزن (توانایی مخزن برای حرکت مواد فتوسنتزی به سوی خود) به دو عامل اندازه مخزن و فعالیت آن بستگی دارد. فعالیت مخزن عبارتست از سرعت جذب مواد فتوسنتزی در واحد زمان در واحد وزن بافت مخزن و اندازه مخزن، وزن کل بافت مخزن می‌باشد. تغییر اندازه یا فعالیت مخزن سبب تغییر الگوی انتقال می‌شود.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: مواد پرورده داخل آوند آبکش ..... است و با بریدن شاخه مواد آن ..... . (سراسری ۸۸)

۱) پیوسته ـ به طرف ریشه برمی‌گردد. ۲) ناپیوسته ـ قطع می‌شود.

۳) تحت فشار ـ به بیرون تراوش می‌کند. ۴) تحت مکش ـ به داخل کشیده می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» لوله‌های غربالی تحت فشار بالای تورژسانس داخلی قرار دارند (مواد پرورده داخل آوند آبکش تحت فشار هستند) و عناصر غربالی آن نیز از طریق منافذ باز روی صفحات غربالی قطع یا سوراخ شود مواد پرورده داخل آوند به بیرون تراوش خواهد شد. فرضیه جریان فشار هیدرواستاتیک نیز به عنوان محتمل‌ترین مکانیزم انتقال در آوند آبکش پذیرفته شده است و جریان محلول در عناصر غربالی تحت اثر اختلاف شیب اسمزی بین منبع و مخزن صورت می‌گیرد که این اختلاف فشار به دلیل بارگیری در منبع (افزایش فشار اسمزی عناصر غربالی و افت پتانسیل آب و در نتیجه جذب آب به درون عناصر غربالی که فشار تورژسانس آن را افزایش می‌دهد) و تخلیه در مخزن (کاهش فشار اسمزی عناصر غربالی و افزایش پتانسیل آب و در نتیجه خروج آب از عناصر غربالی که منجر به کاهش فشار تورژسانس می‌شود) می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۴: کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد انتقال مواد در آوندهای چوبی و آبکشی صحیح است؟

۱) انتقال مواد در آوندها از طرف ریشه‌ها به قسمت‌های هوایی است.

۲) انتقال مواد در آوند آبکشی در اثر فشار اسمزی و در آوند چوبی در اثر فشار ریشه‌ای است.

۳) انتقال مواد در آوند چوبی در اثر فرایند فیزیکی صورت گرفته و در آوند آبکشی به فعالیت محل مصرف بستگی دارد.

۴) انتقال مواد در آوند آبکشی دو طرفه و در آوند چوبی پتانسیل اسمزی برگ‌ها آب را به طرف بالا می‌کشند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» آوند آبکش و آوند چوب در نقل و انتقالات مواد در گیاهان مؤثر هستند. سلول‌های آوند چوب سلول‌هایی رده هستند بنابراین فرایند انتقال در آنها فرایندی فیزیکی محسوب می‌شود در آوند چوب بیشتر آب و مواد معدنی انتقال می‌یابد که در اثر مکش که حاصل از تعرق است پیدا می‌شود اما در آوند آبکش انتقال به میزان نیاز و فعالیت و در حقیقت ظرفیت مخزن بستگی دارد. به عبارت دیگر عواملی که قدرت مقصد را کنترل می‌کنند می‌توانند توزیع مواد فتوسنتزی را نیز کنترل می‌نماید. هر عاملی که فتوسنتز را افزایش می‌دهد سرعت انتقال و پذیرش مقصد هم افزایش می‌یابد مشروط به آنکه ظرفیت مخزن کافی باشد وگرنه با یک فیدبک تجمع مواد فتوسنتزی سبب کاهش فتوسنتز می‌شود.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۵: تخلیه آوندهای آبکشی و بارگیری آوندهای آبکشی به ترتیب احتیاج به صرف انرژی ..... . (آزاد ۸۸)

۱) دارد ـ ندارد ۲) ندارد ـ دارد ۳) دارد ـ دارد ۴) ندارد ـ ندارد

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» فرایندهای بارگیری و تخلیه بار آوند آبکش با صرف انرژی انجام می‌گیرند.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۶: نقش انتقال مجدد مواد پرورده از منابع ثانویه به مخازن در چه هنگام بارزتر است؟ (سراسری ۸۹)

۱) در زمان گلدهی در گیاهان دو ساله ۲) در زمان پیری و ریزش برگ‌ها

۳) در هنگام جوانه‌زنی بذر ۴) در زمان وقوع تنش در انتهای فصل

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» مواد فتوسنتزی تولید شده به نقاط مختلفی از گیاه منتقل می‌شود و به ترکیبات مختلفی تبدیل می‌گردند. برخی از آنها به صورت ترکیبات ساختمانی (سلولز) در آمده و برخی نیز به صورت ترکیبات ذخیره‌ای در می‌آیند که این ترکیبات ذخیره‌ای در صورت نوسان فتوسنتز برای بقای گیاه مهم هستند. انتقال مواد از منطقه‌ای که قبلاً ذخیره شده‌اند به منطقه‌ای دیگر که این مواد را دوباره استفاده می‌نمایند، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نامیده می‌شود. مثلاً در اواخر عمر برگ عناصر قابل انتقال آن (قندها، ترکیبات ازت، فسفر و ...) به مقصدهای جاری گیاه منتقل می‌شود. در انتهای فصل که گیاه در حال تولید میوه و بذر می‌باشد، با وقوع هر گونه تنش در گیاه و کاهش میزان فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی اهمیت بسیاری دارد.

مدرسان شریف

فصل چهارم

«هورمون‌های گیاهی»

درسنامه (۱): انواع هورمون‌های گیاهی

در گیاهان عالی، رشد و تکامل توسط مواد شیمیایی با غلظت‌های بسیار کم کنترل می‌شود. این مواد به نام‌های «مواد رشددهنده گیاه» (Plant growth substances)، «هورمون‌های گیاهی» (Plant hormones)، «فیتوهورمون» (Phytohormones) یا «تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه» (PGR) (Plant growth regulators) خوانده می‌شوند.

اصطلاح تنظیم‌کننده‌های رشد، دسته وسیعی از مواد آلی (به استثنای ویتامین‌ها و عناصر کم‌مصرف) را شامل می‌شود. این مواد در مقادیر ناچیز، فرایندهای فیزیولوژیک را پیش برده یا از انجام آن‌ها جلوگیری می‌کنند یا اینکه سایر فرایندها را تغییر می‌دهند. مواد تنظیم‌کننده رشد چه در داخل گیاه تولید شوند و چه منشأ خارجی داشته باشند، الزاماً عکس‌العمل‌های مشابه‌ای در گیاه به‌وجود می‌آورند.

رشد و نمو گیاه به‌وسیله پنج نوع هورمون مختلف: اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها، اتیلن و آبسیزیک‌اسید تنظیم می‌شود.

نکته۱: در بین اندام‌های گیاه ریشه از دوره طولانی‌تری از رشد برخوردار می‌باشد.

مثال۱: کدام‌یک از اندام‌های گیاه دوره طولانی‌تری از رشد را شامل می‌شود؟ (سراسری ۸۲)

۱) برگ ۲) ریشه ۳) ساقه ۴) میوه

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» زیرا ریشه اولین اندامی است که پس از جوانه زنی بذر از آن خارج شده و سبب جذب آب و املاح مورد نیاز برای گیاه می‌گردد و رشد آن در تمام طول دوره رشد گیاه ادامه دارد. بعد از ریشه در جوانه‌زنی بذر، ساقه و برگ‌ها تشکیل می‌شوند و در انتها نیز گیاه وارد فاز زایشی شده و تولید گل و میوه می‌کند.

◆ ◆ ◆ ◆

از بیشتر هورمون‌هایی که در این پنج گروه قرار دارند، مشتقات بسیاری تولید شده است و بسیاری از آن‌ها کاربردهای مهمی در کشاورزی دارند.

برای اینکه یک ترکیب به‌عنوان هورمون گیاهی شناخته شود، خواص مشخصی را لازم دارد که عبارتند از:

۱ـ محل ساخته شدن با محل اثر آن‌ها در گیاه فرق کند (برای مثال ساختن این مواد در جوانه‌ها و برگ‌های جوان صورت گیرد اما عکس‌العمل آن‌ها در ساقه‌ها، ریشه‌ها یا اعضای دیگر انجام شود). با این حال این امر همیشه صادق نیست و ممکن است هورمون‌های گیاهی در همان بافت یا حتی همان سلول که تولید می‌شوند اثر خود را بر جای بگذارند.

۲ـ با مقادیر بسیار کم عکس‌العمل انجام شود (برای نمونه غلظت پایینی در حد 10^{-9} M).

۳ـ برعکس ویتامین‌ها و آنزیم‌ها، عکس‌العمل‌ها ممکن است تغییر شکل‌دهنده و پلاستیک (غیرقابل‌برگشت) باشد؛ به عنوان مثال «عکس‌العمل‌های گرایشی» (Tropic responses).

۴ـ شدت انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی بستگی به غلظت هورمون و حساسیت‌های سلول‌های مورد نظر به هورمون دارد.

۵ـ بین هورمون‌ها ممکن است اثر متقابل وجود داشته باشد و برخی از هورمون‌ها متابولیسم هورمون‌های دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

مثال۲: تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ترکیباتی هستند که:

۱) فقط سبب واکنش گیاه به تشعشع خورشیدی می‌شوند.

۲) اغلب در برگ گیاهان تولید شده و به سایر اندام‌های گیاه منتقل می‌شوند.

۳) قابلیت افزایش سرعت بسیاری از فرایندها و مراحل نمو گیاه را دارند.

۴) قابلیت افزایش و کاهش بسیاری از فرایندها و مراحل رشد و نمو گیاه را دارند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» ارتباط بین سلولی در گیاهان عالی (همانند جانوران) به وسیله عمل پیام‌آورهای شیمیایی به نام هورمون انجام می‌شود. در سلول، هورمون‌ها با پروتئین‌های مخصوصی به نام گیرنده وارد واکنش می‌شوند.

کمپلکس هورمون ـ گیرنده شکل فعال هورمون می‌باشد. هورمون‌ها بسته به نوع خود در قسمت‌های مختلفی از گیاه ساخته می‌شوند و اعمال گوناگونی را انجام می‌دهند. برخی از هورمون‌ها تحریک‌کننده رشد و برخی بازدارنده هستند؛ مانند اتیلن و اسیدآبسیزیک.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: ..... نام مناسبی برای ترکیباتی نظیر اکسین، جیبرلین و اتیلن است. (دکتری ۹۳)

۱) هورمون ۲) بازدارنده رشد ۳) تحریک‌کننده رشد ۴) تنظیم‌کننده رشد

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» گیاهان عالی موجودات زنده پیچیده‌ای‌اند؛ از این‌رو نمو منظم و حساب‌شده آن‌ها نیازمند سازوکاری است که بتواند بین سلول‌های ایجادکننده این گیاهان هماهنگی برقرار کند. برای ایجاد هماهنگی در فعالیت سلول‌ها، ایجاد نوعی ارتباط بین این سلول‌ها که اغلب موارد در مجاورت همدیگر نیستند ضروری است. مواد تنظیم‌کننده رشد عوامل اصلی ارتباطات بین سلولی‌اند.

مواد تنظیم‌کننده رشد پیام‌رسان‌های شیمیایی‌اند که کار انتقال و تبادل اطلاعات بین سلول‌ها و در نتیجه تنظیم و هماهنگی رشد و نمو آن‌ها را انجام می‌دهند. از حدود سال ۱۹۲۵ میلادی که هورمون‌های گیاهی برای اولین بار کشف شدند تاکنون تحقیقات فراوان و گاه جنجال‌برانگیزی روی آن‌ها صورت گرفته است.

واژه تنظیم‌کننده رشد به مواد معینی اطلاق می‌شود که در بخشی از موجود زنده ساخته شده و پس از انتقال اثرات فیزیولوژیکی محسوسی در دیگر قسمت‌های آن به جا می‌گذارد و در تراکم‌های بسیار کم فعالند. این تصور کلی در اصل در قلمرو فیزیولوژیکی حیوانی به وجود آمده است.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۴: نحوه تأثیر هورمون‌های گیاهی چگونه است؟ (دکتری ۹۴)

۱) همواره متناسب با غلظت آن‌ها است و این تأثیر در بافت مولد هورمون هم رخ می‌دهد.

۲) ضرورتاً متناسب با غلظت آن‌ها نیست و هیچ‌گاه این تأثیر در بافت مولد هورمون رخ نمی‌دهد.

۳) همواره متناسب با غلظت آن‌ها است و این تأثیر هیچ‌گاه در بافت مولد هورمون رخ نمی‌دهد.

۴) ضرورتاً متناسب با غلظت آن‌ها نیست و این تأثیر در بافت مولد هورمون هم رخ می‌دهد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» شدت انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی بستگی به غلظت هورمون و حساسیت‌های سلول‌های مورد نظر به هورمون دارد. محل ساخته شدن با محل اثر آن‌ها در گیاه فرق کند با این حال این امر همیشه صادق نیست و ممکن است هورمون‌های گیاهی در همان بافت یا حتی همان سلول که تولید می‌شوند اثر خود را بر جای بگذارند.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۵: کدام مورد، وجه اشتراک تمام هورمون‌های گیاهی است؟ (سراسری ۹۶)

۱) همراه شیره آوند آبکش منتقل می‌شوند. ۲) ماهیت کربوهیدراتی دارند.

۳) در افزایش رشد گیاه نقش دارند. ۴) در تنظیم رشد گیاه نقش دارند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» در گیاهان عالی رشد و تکامل توسط مواد شیمیایی با غلظت‌های بسیار کم کنترل می‌شود. این مواد به نام‌های مواد رشددهنده گیاه، هورمون‌های گیاهی، فیتوهورمون و یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه خوانده می‌شوند.

اصطلاح تنظیم‌کننده‌های رشته دسته وسیعی از مواد آلی (به استثنای ویتامین‌ها و عناصر کم‌مصرف) را شامل می‌شود. این مواد در مقادیر ناچیز فرایندهای فیزیولوژیک را پیش برده یا از انجام آن‌ها جلوگیری می‌کنند و یا این که سایر فرایندها را تغییر می‌دهند. مواد تنظیم‌کننده رشد چه در داخل گیاه تولید شوند و چه منشأ خارجی داشته باشند الزاماً عکس‌العمل‌های مشابهی در گیاه به‌وجود می‌آورند.

فصل پنجم

«تثبیت CO_2 توسط جوامع گیاهی»

درسنامه (۱): برگ و تثبیت CO_2

با توجه به اینکه تشعشع خورشید در طول فصل رشد به‌طور یکنواخت روی سطح زمین توزیع می‌گردد؛ بنابراین انرژی خورشیدی جذب‌شده و بازده استفاده از آن برای تثبیت CO_2 از عوامل عمده تأثیرگذار بر عملکرد کل ماده خشک گیاهان می‌باشند. در رابطه با جذب CO_2 در سلول، داخل سلول و بافت‌های جامعه گیاهی تحقیقات زیادی صورت گرفته و اطلاعات مشروحی نیز به‌دست آمده است اما در مورد جذب CO_2 توسط جوامع گیاهی اطلاعات کمتری موجود است که دلایل آن عبارتند از:

ـ عوامل محیطی از جمله: میزان تشعشع، طول روز، درجه حرارت، میزان آب در دسترس، غلظت CO_2، مقدار مواد غذایی، غلظت اکسیژن و باد که دائماً در حال تغییر و نوسان هستند.

ـ گیاهان بسته به محیط بسیار متغیر مزرعه به طرق مختلف عکس‌العمل نشان می‌دهند.

سطح برگ و دریافت تشعشع خورشید

چنانچه یک گیاه بخواهد از انرژی نور خورشید به‌طور کارآمد استفاده کند، بایستی حداکثر تشعشع توسط بافت‌های سبز گیاه جذب گردد. برگ‌ها اندام‌های اصلی دریافت نور و فتوسنتز در گیاهان زراعی هستند. برای اینکه یک برگ بتواند فتوسنتز را به بهترین و کارآمدترین شکل انجام دهد نیاز دارد که حداکثر نور خورشید را جذب نماید و همچنین قادر به تبادل گازی کارآمد باشد تا بتواند CO_2 لازم برای فتوسنتز را نیز جذب نماید. بعد از انجام فتوسنتز نیاز به انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن مورد نظر می‌باشد و عدم انتقال مواد پرورده فتوسنتزی به مکان‌های دیگر در گیاه سبب کاهش سرعت فتوسنتز گیاه می‌گردد. اگر برگ‌ها دارای سطح براق بوده و یا لوله‌ای باشند این امر سبب بازتاب نور خورشید و کاهش کارایی جذب نور در برگ می‌گردد.

در برخی از گیاهان چندساله که در آب و هوای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رشد و نمو می‌کنند، برگ‌ها سطح زمین را به‌طور کامل می‌پوشانند اما در مناطق معتدله به علت پایین بودن درجه حرارت، در زمستان رشد برگ‌ها متوقف می‌شود و در بهار که درجه حرارت برای رشد مناسب است، با استفاده از مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در گیاه از جوانه‌های در حال استراحت، برگ‌های جدید به‌وجود می‌آید.

در گیاهان یکساله، سطح برگ اولیه که از گیاهچه به‌وجود می‌آید، در ابتدای فصل رشد کوچک می‌باشد و این وضعیت موجب می‌شود که بیشتر تشعشع خورشیدی توسط زمین دریافت شده و موجب گرم شدن زمین شود.

نکته۱: قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش، در جهت توسعه سطح برگ‌ها می‌باشد و در نتیجه می‌تواند از تشعشع خورشیدی با کارایی بیشتری استفاده نماید.

در یک ژنوتیپ و محیط خاص، سلول‌های آغازی برگ در انتهای ساقه به نسبت ثابت ظاهر می‌شوند. فاصله زمانی بین ظهور متوالی آغازی‌های برگ، پلاستوکرون نامیده می‌شود. فاصله زمانی بین ظهور نوک برگ‌های متوالی در یک پنجه، فیلوکرون نامیده می‌شود و ممکن است با پلاستوکرون متفاوت باشد. فواصل زمانی مربوط به فیلوکرون طولانی‌تر از پلاستوکرون بوده و این امر سبب شده که جوانه انتهایی طویل‌تر شود. در گندم وقتی ظهور نوک برگ در پلاستوکرون ۵ قرار دارد، به این معنی است که وقتی اولین برگ ظاهر می‌شود سلول‌های آغازی پنجمین برگ در حال تشکیل شدن است.

مدیریت‌های زراعی که به منظور دریافت نور بیشتر و پوشاندن سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

۱ـ مصرف کود قبل از کاشت؛ ۲ـ تراکم گیاهی زیاد؛ ۳ـ تنظیم فاصله یکنواخت‌تر گیاهان (مانند ردیف‌های باریک).

در گیاهان با رشد محدود (رشد رویشی با گلدهی متوقف می‌شود)، سطح برگ اولیه به‌طور نمایی افزایش می‌یابد اما چون سطح برگ اولیه کم است، لذا مقدار قابل توجهی از انرژی خورشیدی تا مدت چند هفته جذب نمی‌شود. با افزایش سطح برگ میزان دریافت تشعشع نیز بیشتر می‌شود. در این گیاهان گلدهی موجب اتمام افزایش سطح برگ می‌شود. در غلات که قسمت عمده وزن بذر از فتوسنتز بعد از گلدهی حاصل می‌شود، آرایش برگ‌ها به این منظور تأثیر زیادی دارد. در گیاهان علوفه‌ای و حبوبات که گیاهانی با رشد نامحدود می‌باشند، سطح برگ حتی پس از گلدهی نیز افزایش می‌یابد.

مثال۱: تکامل برگ، در جهت تبدیل به یک ماشین فتوسنتزی کارآمد برای گیاه، حول کدام سه محور بوده است؟ (سراسری ۸۴)

۱) افقی قرار گرفتن برگ، براق شدن سطح برگ و لوله‌ای شدن برگ

۲) ضخامت حداقل برگ، نسبت بالای برگ به ریشه و حداقل تنفس برگ

۳) حداقل برخورد نور خورشید با برگ، حداکثر تمرکز کلروفیل در برگ و حداقل تعرق

۴) دریافت حداکثر از نور خورشید، تبادل گازی کارآمد با جوّ و انتقال سریع تولیدات فتوسنتزی

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» تکامل برگ در جهت تبدیل به یک ماشین فتوسنتزی کارآمد برای گیاه حول سه محور زیر می‌باشد:

۱ـ دریافت حداکثر از نور خورشید، ۲ـ تبادل گازی کارآمد با جوّ، ۳ـ انتقال سریع تولیدات فتوسنتزی می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۲: گونه‌های پربازده زراعی:

۱) گسترش سطح برگ قابل توجهی در اوایل دوران رشد خود دارند.

۲) گسترش سطح برگ قابل توجهی در اواخر دوران رشد خود دارند.

۳) گسترش سطح برگ رابطه‌ای با بازده گونه ندارد.

۴) هیچ‌کدام

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش، در جهت توسعه سطح برگ‌ها می‌باشد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۳: وقتی گزارش می‌شود فیلوکرون در گندم، ۱۰۰ درجه ـ روز رشد است، به کدام معنا است؟ (سراسری ۹۴)

۱) فاصله زمانی بین ظهور دو برگ متوالی روی دو پنجه مختلف ۱۰۰ درجه ـ روز رشد (تجمعی) است.

۲) فاصله زمانی بین ظهور آغازی‌های دو برگ متوالی روی یک پنجه ۱۰۰ درجه ـ روز رشد (تجمعی) است.

۳) فاصله زمانی بین ظهور دو برگ متوالی روی یک پنجه ۱۰۰ درجه ـ روز رشد (تجمعی) است.

۴) فاصله زمانی بین ظهور آغازی‌های دو برگ متوالی روی دو پنجه مختلف ۱۰۰ درجه ـ روز رشد (تجمعی) است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» با توجه به تعریف مربوط به فیلوکرون، وقتی فیلوکرون در گندم، ۱۰۰ درجه ـ روز رشد است بدین معنی می‌باشد که فاصله زمانی بین دو برگ متوالی روی یک پنجه ۱۰۰ درجه ـ روز رشد است.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال۴: پلاستوکرون در گیاهان شاخصی از کدام مورد است؟ (سراسری ۹۲ و ۹۷)

۱) روند تشکیل پلاستیدها در سلول

۲) روند تشکیل آغازه‌های برگی متوالی

۳) روند تشکیل آغازه‌های گل متوالی

۴) روند تشکیل پلاستوسیانین در سلول‌های فتوسنتزی

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» برگ‌ها از آغازه‌هایی به‌وجود می‌آیند که به‌طور منظم در طرفین مریستم انتهایی ساقه به‌وجود می‌آیند آغازه همان بافت‌های سازنده برگ یا پریموردیا می‌باشد. فاصله زمانی بین پیدایش دو آغازه متوالی برگی را پلاستوکرون گویند، در حالی که فیلوکرون به فاصله زمانی بین پیدایش دو برگ متوالی گویند که با پلاستوکرون متفاوت است.