مدرسان شریف

فصل اول

«فتوسنتز»

درسنامه (۱): مفاهیم اولیه نور در فتوسنتز

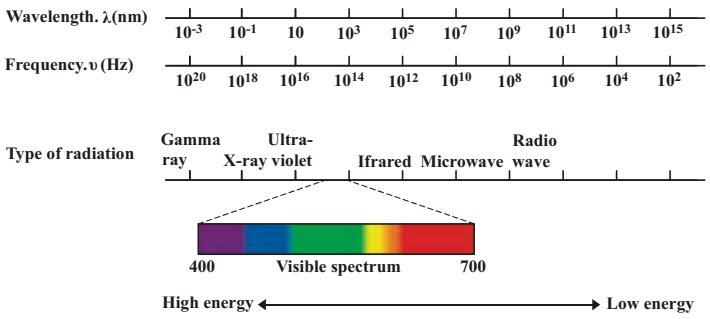
فتوسنتز از نظر لغوی به معنی تولید با استفاده از نور خورشید است و تنها فرایند مهم بیولوژیکی است که قادر به ذخیره انرژی خورشید می‌باشد؛ به عبارت دیگر در فرایند فتوسنتز، انرژی نور خورشید سنتز کربوهیدرات‌ها از آب و دی‌اکسید کربن را همراه با تولید اکسیژن پیش می‌راند.

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

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

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

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 کوانتومی گیاهان $C_۳$ 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 گلوکز) 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.

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.

درسنامه (۲): اکسین‌ها

اکسین‌ها اولین هورمون کشف‌شده و شناخته‌شده‌ترین هورمون در بین هورمون‌های گیاهی می‌باشند که طیف وسیعی از عکس‌العمل‌های رشد را موجب می‌گردند. چندین ترکیب طبیعی در گیاهان عالی وجود دارد که همان فعالیت اکسین را ارائه می‌دهند اما اسید ایندول استیک (IAA) مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد که به‌عنوان اکسین اصلی شناخته شده است. اسید ایندول استیک (IAA) معمولاً در حالت طبیعی به شکل آزاد وجود ندارد بلکه بیشتر به حالت متصل با اسید اسکوربیک، قند، اسیدآمینه و ترکیبات آلی دیگر موجود است. شکل‌های پیوسته به آسانی توسط هیدرولیز آنزیمی تبدیل به IAA آزاد می‌گردند. واژه «اکسین» برای مواد شیمیایی طبیعی و مصنوعی که رشد کولئوپتیل و ساقه را موجب می‌گردند، به‌کار می‌رود. چنانچه نوک کولئوپتیل به طول چند میلی‌متر برداشته شود، رشد آن به‌سرعت کند می‌گردد.

قرار دادن نوک بریده‌شده بر روی کولئوپتیل موجب افزایش سرعت رشد آن و گاهی رسیدن به سرعت رشد اولیه می‌گردد، در حالی‌که اگر به‌جای نوک کولئوپتیل، قطعه‌ای از قسمت پایین‌تر آن بریده شود و جای نوک بریده‌شده قرار داده شود، افزایشی در سرعت طویل شدن قسمت باقی‌مانده به‌وجود نمی‌آید یا مقدار آن ناچیز است. این موضوع نشان می‌دهد، طویل شدن کولئوپتیل که از قسمت‌های پایین صورت می‌گیرد به دلیل تولید نوعی محرک است که در نوک کولئوپتیل ساخته شده و به قسمت‌های پایینی منتقل می‌گردد. این ماده همان اکسین است.

انتقال اکسین‌ها در گیاه

ـ جهت حرکت اکسین‌ها، به طرف قاعده و عمدتاً از بالا به پایین است.

ـ سرعت انتقال اکسین به‌صورت خطی و معادل ۶ میلی‌متر در ساعت می‌باشد.

ـ انتقال اکسین عموماً به‌صورت سیمپلاست (درون سلولی) است که از طریق آوند آبکش و به‌صورت فعال انجام می‌گیرد؛ زیرا سرعت انتقال آن در غیاب O_2 یا در حضور CO_2 کاهش می‌یابد. سطوح بالاتر از حد مطلوب اکسین نیز ممکن است علاوه بر حرکت درون سلولی موجب حرکت آپوپلاستیک (حرکت بین‌سلولی) آن توسط آوند چوبی نیز شود.

ـ سیتوکنین و به‌ویژه جیبرلین‌ها موجب افزایش سرعت انتقال اکسین می‌گردند، درحالی‌که بازدارنده‌های رشد از انتقال اکسین جلوگیری می‌کنند. فلوئورسدیم و اسید تری‌یدوبنزوئیک از بازدارنده‌های انتقال اکسین هستند.

محل تولید اکسین در گیاهان

اکسین‌ها در بافت‌های مریستمی فعال (نظیر: جوانه‌ها، برگ‌های جوان و میوه‌ها) تولید می‌شوند.

مثال ۶: هورمون ..... تولید و در ..... عمل می‌کند. (دکتری ۹۳)

۱) اکسین در رأس ساقه ـ ریشه
۲) اکسین در ریشه ـ اندام‌های هوایی
۳) اکسین در رأس ریشه ـ ریشه
۴) اکسین در رأس ساقه ـ اندام‌های هوایی و ریشه

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» اکسین (IAA) در نواحی رشد فعال گیاهان از اسیدآمینه تریپتوفان ساخته می‌شود. انتقال IAA قطبی است و جهت آن عمدتاً از بالا به پایین (Basipetal) است. IAA به سادگی به فرم‌های غیرفعال اکسید می‌شود.

اکسین IAA عموماً در همه قسمت‌های گیاه وجود دارد. بالاترین غلظت‌های هورمون در نواحی مریستمی و اندام‌های فعال رشدی مانند انتهای کلئوپتیل، نوک ریشه‌ها، جوانه‌های انتهای ساقه‌های در حال رشد و بذور در حال جوانه‌زنی قابل تشخیص است، همچنین برگ‌های جوان و در حال رشد سریع، گل آذین جوان و جنین‌های حاصل بعد از گرده‌افشانی و باروری مکان‌های عمده سنتز IAA هستند. سلول‌های برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های مسن‌تر مقادیر قابل توجهی IAA تولید نمی‌کنند.

عوامل جلوگیری‌کننده از تولید و فعالیت اکسین

ـ اکسیداسیون آنزیمی (IAA- اکسیداز) که در سرتاسر گیاه به‌ویژه در بافت‌های مسن‌تر اتفاق می‌افتد از تولید اکسین جلوگیری می‌کند.

ـ پراکسیداسیون (H_2O_2) در حضور اکسیژن برای کاهش عمل اکسین در سرتاسر گیاه اتفاق می‌افتد.

ـ اتصال اکسین به ترکیبات آلی دیگر (نظیر: اسید اسکوربیک، قندها و اسیدهای آمینه) موجب کاهش فعالیت آن می‌شود.

اثرات فیزیولوژیکی اکسین‌ها

اکسین اثرات متنوعی بر روی رشد و ریخت‌زایی گیاه دارد که بستگی به عواملی نظیر: مرحله نموی بافت یا اندام، غلظت اکسین، نوع اکسین (طبیعی یا مصنوعی) و حضور سایر هورمون‌های گیاهی دارد.

اثرات سلولی اکسین عبارتند از: ۱ـ افزایش در نوکلئوتیدهای DNA و RNA و ساخت پروتئین و آنزیم؛ ۲ـ افزایش در تبادل پروتون، بار غشایی و جذب پتاسیم؛ ۳ـ تأثیر روی عمل فیتوکروم با نورهای قرمز.

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.

فصل ششم

«عناصر معدنی»

درسنامه (۱): عناصر معدنی ضروری و طبقه‌بندی آن‌ها

اهمیت عناصر معدنی در رشد و تولید گیاهان از چندین قرن پیش به اثبات رسیده است. تغذیه معدنی گیاهان هنوز یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد نهایی گیاهان زراعی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. گیاهان عالی از این جهت که قادر به ساختن همه مواد مورد نیاز خود از قبیل اسیدهای آمینه، هورمون‌ها و ویتامین‌ها می‌باشند، موجودات بی‌نظیری هستند. البته به شرط اینکه عناصر معدنی ضروری را به‌همراه دی‌اکسیدکربن و آب در اختیار داشته باشند. برای اینکه عنصری ضروری به‌شمار آید، بایستی دارای سه ویژگی باشد که عبارت‌اند از:

۱ـ بدون آن عنصر، گیاه نتواند چرخه زندگی خود را کامل کند. اثرات سودمند غیرمستقیم یا ثانویه، ضروری بودن یک عنصر را تعیین نمی‌کند.

۲ـ نقش آن عنصر در گیاه یگانه باشد و عنصر دیگری نتواند جایگزین آن شود.

۳ـ عنصر به‌طور مستقیم در سوخت‌وساز (متابولیک) گیاه شرکت کند؛ به‌عنوان مثال تشکیل‌دهنده یک متابولیت ضروری برای فعالیت یک سیستم آنزیمی باشد (مانند گوگرد در اسیدآمینه متیونین).

بر اساس معیارهای سه‌گانه فوق ۱۶ عنصر به‌عنوان عناصر ضروری برای رشد گیاهان عالی در نظر گرفته شده‌اند که در دو گروه پرنیاز (پرمصرف) و کم‌نیاز (کم‌مصرف) قرار می‌گیرند.

نکته۱: عناصر پرنیاز شامل: کربن، هیدروژن، اکسیژن، ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم‌نیاز شامل: آهن، مس، روی، منگنز، بر، مولیبدن و کلر می‌باشند.

مثال ۱: کدام گروه از عناصر زیر جزء عناصر کم‌مصرف تقسیم‌بندی می‌شوند؟

۱) آهن، منیزیم، کلسیم ۲) روی، منگنز، پتاسیم ۳) مولیبدن، کلر، آهن ۴) مولیبدن، کلر، کلسیم

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» آهن، مس، روی، منگنز، بر، مولیبدن و کلر جزء عناصر کم‌نیاز می‌باشند.

◆ ◆ ◆ ◆

لازم به توضیح است که عناصر ۱۶گانه‌ای که به آن‌ها اشاره شد، برای اکثر گیاهان لازم می‌باشند اما میزان علاقه گیاهان مختلف به این عناصر یکسان نیست. همچنین برخی عناصر معدنی فقط برای برخی گونه‌ها ضروری هستند؛ به‌عنوان مثال، سیلیسیم برای برنج ضروری است و سدیم یک عنصر کم‌مصرف ضروری برای گیاهان C_4 محسوب می‌شود. در چغندرقند و پنبه، سدیم جایگزین بیشتر یا همه پتاسیم مورد نیاز می‌گردد که این امر به علت نقش این عنصر در تعادل یونی می‌باشد. همچنین کبالت عنصر مورد نیاز برای موجودات همزیست و آزادزی تثبیت‌کننده ازت می‌باشد. تمام عناصر شیمیایی در گیاه از بیوسفر (مجموعه آب، خاک و هوا) به‌دست می‌آید. بیش از ۷۵ درصد بخش جامد خاک را سیلیسیم، اکسیژن و آلومینیوم تشکیل می‌دهد. ۷۹ درصد اتمسفر شامل ازت بوده و تنها منبع کربن، دی‌اکسیدکربن می‌باشد. به‌طورکلی عناصر موجود در خاک، از هوادیدگی کانی‌های غیرآلی (مواد مادری) و تجزیه بیولوژیکی مواد آلی سرچشمه می‌گیرند.

نکته۲: مواد غذایی خواه منبع آلی داشته باشند (مانند کودهای حیوانی) خواه غیرآلی (مانند کودهای شیمیایی)، به‌صورت یونی وارد گیاه می‌شوند.

فراهم بودن عناصر غذایی (بیشتر از مقدار مطلق آن) در خاک تعیین‌کننده وضع عناصر غذایی در درون گیاه است. pH خاک عامل عمده مؤثر در محلولیت و فراهم بودن عناصر غذایی برای گیاه است. اغلب عناصر غذایی در pH بین ۶ و ۷ فراهم‌تر هستند.

مثال ۲: عمده‌ترین عامل مؤثر در فراهم بودن عناصر غذایی برای گیاه ..... می‌باشد.

۱) وجود عناصر غذایی به میزان کافی در خاک ۲) pH خاک

۳) افزودن کود شیمیایی به خاک ۴) افزودن کود حیوانی به خاک

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» pH خاک عامل عمده مؤثر در محلولیت و فراهم بودن عناصر غذایی برای گیاه است.

درسنامه (۲): عناصر پرنیاز (پرمصرف)

ازت

ازت در بین عناصر ضروری برای گیاهان وضعیت منحصر به‌فردی دارد؛ زیرا مقدار نسبتاً زیادی برای رشد بهینه گیاهان لازم است. ازت ۷۹ درصد اتمسفر را تشکیل می‌دهد و محتوی ازت در گیاهان به‌طور متوسط بین ۲ تا ۴ درصد است و ممکن است به ۶% هم برسد. از این مقدار نیتروژن به میزان ۸۵% آن در ساختمان پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک گیاه شرکت می‌کند. گیاهان می‌توانند ازت را به شکل یون‌های NO_3^- (نیترات) و NH_4^+ (آمونیوم) جذب کنند. ازت اتمسفری (N_2) یا ازت ترکیب‌شده در رسوبات آلی خاک قابل استفاده برای گیاه نیستند.

شکل ازت که توسط گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بستگی به بارندگی و pH خاک دارد. در خاک‌های اسیدی جذب NO_3^- مطلوب بوده و جذب NH_4^+ کاهش می‌یابد. مقادیر زیاد NH_4^+ در بافت می‌تواند رشد را به تأخیر بیندازد. به‌طورکلی NO_3^-، یون غالب جذب‌شده توسط گیاهان زراعی به استثنای برنج می‌باشد. قسمت عمده‌ای از آمونیوم در ریشه‌ها به ترکیبات آلی وارد می‌شود، درحالی‌که نیترات در آوند چوبی متحرک است و همچنین می‌تواند در واکوئل‌ها، ریشه، ساقه و اندام‌های ذخیره‌ای نگهداری شود. ذخیره نیترات در واکوئل‌ها برای موازنه کاتیون ـ آنیون و تنظیم اسمزی به‌ویژه در گیاهان نیترات‌دوست می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد. برای اینکه نیترات وارد ساختمان‌های آلی شود و نقش اساسی خود را به‌عنوان عنصر غذایی بازی کند، باید به آمونیاک احیا شود.

این امر محتاج الکترون می‌باشد. دهنده‌های اولیه الکترون، NADH یا NADPH هستند که فرآورده‌های فتوسنتز می‌باشند. احیای نیترات در گیاه به وسیله دو آنزیم نیترات‌ردااکتاز و نیتریت‌ردااکتاز انجام می‌شود. نیترات‌ردااکتاز، نیترات را به نیتریت و نیتریت‌ردااکتاز، نیتریت را به آمونیاک احیا می‌کند. به‌نظر می‌رسد شدت نور و سرعت فتوسنتز زیاد برای فعالیت آنزیم نیترات‌ردااکتاز مؤثر هستند. در اکثر گونه‌های گیاهی احیای نیترات هم در ریشه و هم در ساقه انجام می‌گیرد. ریشه‌ها بین ۵ تا ۹۵ درصد نیترات جذب‌شده را احیا می‌کنند. **ازت یک جزء لازم ساختمانی اسیدهای آمینه، آمیدها، نوکلئوتیدها و نوکلئوپروتئین‌ها می‌باشد و برای تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و در نهایت رشد گیاه ضروری است.** ازت در گیاه متحرک است و در مواقع کمبود ازت به بافت‌های جوان انتقال می‌یابد؛ به همین دلیل کمبود ازت ابتدا در برگ‌های پیرتر آشکار می‌گردد. کمبود ازت مانع فرایندهای رشد گردیده و موجب کوتاه ماندن، زرد شدن و کاهش عملکرد ماده خشک می‌شود.

سلول‌های گیاهی به واسطه تبدیل سریع آمونیوم تولید شده از فرآیند آسیمیلاسیون نیترات یا تنفس نوری به اسیدهای آمینه، از سمیت آمونیومی جلوگیری می‌کنند. مسیر اولیه‌ای که در این سمیت‌زدایی دخیل است، از فعالیت‌های مستمر گلوتامین سنتتاز وگلومات سنتتاز ناشی می‌شود. گلوتامین سنتتاز (GS) سبب الحاق آمونیوم به گلوتامات و شکل‌گیری گلوتامین می‌شود. $\text{گلوتامات} + NH_4^+ + ATP \rightarrow \text{گلوتامین} + ADP + P_i$

این واکنش به هیدرولیزیک ATP و یک کاتیون دو ظرفیتی نظیر Mg^{2+}، mn^{2+} یا Co^{2+} به عنوان کوفاکتور نیاز دارد.

مثال ۳: نتیجه زیاد شدن مقدار نیتروژن گیاه چیست؟ (دکتری ۹۳)

۱) باعث رشد مناسب ریشه گیاه خواهد شد.
۲) سطح فتوسنتزکننده گیاه افزایش یافته و گل و میوه آن زیاد می‌شود.
۳) اعمال حیاتی گیاه مانند تولید برگ و بارور شدن گیاه را می‌افزاید.
۴) نسبت کربن به نیتروژن (C/N) کاهش یافته و گیاه گل و میوه تولید نمی‌کند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» در صورتی که مقدار نیتروژن گیاه بیش از اندازه باشد، رشد رویشی گیاه تسریع می‌یابد. در این هنگام نسبت $\frac{C}{N}$ کاهش خواهد یافت که ماحصل این وضعیت کند شدن یا تشکیل نشدن گل خواهد بود. گیاهان برای اینکه به فاز زایشی وارد شوند، باید نسبت $\frac{C}{N}$ در آن‌ها ۱۵–۱۰ باشد تا گلدهی صورت گیرد، در غیر این صورت گلدهی با نقصان روبه‌رو خواهد شد.

◆ ◆ ◆ ◆

مثال ۴: آمونیوم در گیاه ..... (دکتری ۹۱)

۱) به راحتی در سیتوسول قابل ذخیره است.
۲) ماده اصلی تولیدی در گره‌های هم‌زیستی است و مادهٔ اصلی است که از گره صادر می‌شود.
۳) به راحتی در کلروپلاست قابل ذخیره است.
۴) سبب اختلال جدی در تولید ATP در زنجیره‌های انتقال الکترون کلروپلاست و میتوکندری می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» در عین اینکه یون آمونیوم به راحتی در دسترس خیلی از گیاهان قرار دارد (چه به عنوان حامل ثبت نیتروژن یا به وسیله جذب از خاک) ولی برای گیاهان بسیار سمی است. در سیستم‌های تثبیت نیتروژن، یون آمونیوم از عمل آنزیم دی‌نیتروژناز جلوگیری می‌کند. آمونیوم همچنین در متابولیسم انرژی سلول، به ویژه تولید ATP ایجاد اختلال می‌کند. حتی غلظت‌های پایین آمونیوم سبب عدم تشکیل ATP در طی انتقال الکترون هم در میتوکندری و هم در کلروپلاست می‌شود. در نتیجه گیاهان به سختی قادرند آمونیوم آزاد را در خود جمع کنند. بسیاری از گیاهان با تبدیل سریع آمونیوم به اسیدهای آمینه از آثار سمی آن اجتناب می‌ورزند.

سیستم آوندی گیاه قندها، آب و مواد معدنی را به باکتروئیدها می‌فرستد و نیتروژن تثبیت شده در گره‌ها به صورت ترکیبات آلی از طریق آوندهای چوبی به سایر قسمت‌های گیاه منتقل می‌شود. صادرات نیتروژن از گره‌ها می‌تواند به صورت آمیدها (گلوتامین، آسپاراژین) و اورئیدها (آلانتوئین) که مشتقات اوره هستند صورت پذیرد و در لگوم‌های بومی مناطق معتدله (نظیر یونجه و شبدر)، اسید آمینه آسپاراژین، ماده اصلی انتقالی از گره است ولی در لگوم‌های بومی مناطق گرمسیری (نظیر سویا و لوبیا چشم بلبلی)، ماده اصلی انتقالی از گره اورئیدها می‌باشد.

بیوسنتز آسپاراژین توسط دو واکنش ترانس آمیناسیون صورت می‌گیرد. واکنش‌های ترانس آمیناسیون توسط گروهی از آنزیم‌ها موسوم به آمینوترانسفراز کاتالیز شده و باعث می‌شوند نیتروژن ثبت شده در گلوماتات به اسیدهای آمینه دیگر منتقل شود تا در نهایت به پروتئین برسد.

نسبت $\frac{C}{N}$ یا به عبارتی مقدار کربنی که برای صدور هر واحد نیتروژن لازم است در اورئیدها برابر با یک، در آسپاراژین و سیترولین برابر با ۲ و در گلوتامین برابر ۲/۵است. با توجه به اینکه هزینه تولید این مواد از لحاظ مصرف ATP برابر است، بنابراین گیاهانی که اورئید را منتقل می‌کنند میزان کربن کمتری را برای انتقال یک واحد نیتروژن مصرف می‌کنند و از لحاظ اقتصاد کربن مناسب‌تر هستند.

در صورتی که آمونیوم در مقادیر زیاد در بافت‌های زنده تجمع یابد، هم برای گیاهان و هم جانوران سمیت می‌کند. آمونیوم سبب انقطاع شیب‌های انتقال پروتون غشایی می‌شود که وجود آن برای انتقال الکترون در جریان فتوسنتز و تنفس و جداکردن متابولیت‌ها در واکوئل ضروری است. از آن جا که مقادیر زیاد آمونیوم خطرساز است حیوانات زیادی از بوی این ترکیب فراری هستند. ماده فعال عامل بو در نمک، یک بخار دارای اثر دارویی است که اگر در بین فردی که دچار غش شده آزاد شود، احیاء می‌شود.

مثال ۵: مقدار نیتروژن موجود در پروتئین‌ها چند درصد نیتروژن کل گیاه را شامل می‌شود؟ (سراسری ۹۴)

۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۶۰ ۴) ۸۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» اشکال اکسیدشده مثل NO_3 و احیاشده مثل NH_4 ازت قابل استفاده گیاه هستند. مقدار نیتروژن به میزان ۸۵% آن در ساختمان پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک گیاه شرکت می‌کند.

مثال ۶: اولین آنزیم برای آسیمیله کردن NH_4^+ کدام است؟ (دکتری ۹۳)

۱) گلوتامین سنتتاز ۲) آمونیوم ترانسفراز ۳) گلوتامات دهیدروژناز ۴) آسپاراجین سنتتاز

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» اولین آنزیم برای آسیمیله کردن NH_4^+ گلوتامین سنتتاز است.

فسفر

فسفر بعد از ازت مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است. شکل‌های یونی فسفر معدنی به pH خاک وابسته هستند. در pH بین ۴ تا ۶ بخش اعظم فسفر موجود در محلول خاک به‌صورت یون H_2PO_4 است و به‌راحتی توسط ریشه گیاه جذب می‌شود. در pH بین ۶/۵ تا ۷/۵ فسفر در خاک به‌صورت یون‌های $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{-2} وجود دارد که یون HPO_4^{-2} به میزان کمتری نسبت به $H_2PO_4^-$ توسط گیاه جذب می‌شود. در pH ۸ تا ۱۰ HPO_4^{-2} غالب است و در pH بیشتر از ۱۰شکل غالب فسفر یون PO_4^{-3} است که برای گیاه قابل جذب نیست. فسفر معمولاً در غلظت‌های خیلی پایین در محلول خاک وجود دارد و ریشه‌های گیاه آن را به‌صورت فعال جذب می‌کنند. فسفر یک جزء ضروری ترکیبات انتقال‌دهنده انرژی (ATP) و دیگر نوکلئوپروتئین‌ها، سیستم انتقال اطلاعات ژنتیکی (DNA و RNA)، غشاهای سلولی (فسفولیپیدها) و فسفوپروتئین‌ها می‌باشد. اسید فیتیک یک منبع مهم ذخیره فسفات است که معمولاً در ترکیب دانه‌ها یافت می‌شود. این شکل فسفات ذخیره‌شده به منظور تأمین نیاز شدید متابولیسم در مرحله جوانه‌زنی به‌صورت متحرک درمی‌آید. فسفر در گیاه متحرک است و از بافت‌های پیر به بافت‌های جوان انتقال می‌یابد؛ به همین دلیل ابتدا برگ‌های پیرتر نشانه‌های کمبود فسفر را ظاهر می‌کنند. علائم قابل رؤیت کمبود فسفر کمی با نشانه‌های حاصل از کمبود ازت متفاوت است؛ از جمله در مواقع کمبود فسفر، برگ‌ها سبز تیره تا سبز مایل به آبی هستند و گیاهان از رشد باز می‌مانند.

در گیاهانی که با کمبود فسفر مواجه‌اند، قند در قاعده ساقه و رگبرگ‌ها به‌صورت آنتوسیانین به‌ویژه در ذرت تجمع می‌یابد.

مثال ۷: وجود کدام عنصر، برای صدور قند از کلروپلاست ضروری است؟ (سراسری ۹۶)

۱) روی ۲) منیزیم ۳) فسفر ۴) نیتروژن

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» فسفر یکی از ۱۶ عنصر ضروری برای رشد گیاهان است. عناصر دیگری نمی‌توانند وظایف این عنصر را انجام دهند. گیاه برای رشد بهینه و تکثیر به یک مقدار کافی از عنصر فسفر نیاز دارد. فسفر در سری عناصر اصلی قرار دارد. خیلی اوقات مقدار این عنصر برای تولید محصول کم است و گیاه برای تولید محصول به مقدار زیاد به این عنصر نیاز دارد. مجموع غلظت فسفر در تولیدات کشاورزی به طور کلی از ۵ تا ۱۰ درصد متغیر است. فسفر برای رشد گیاه حیاتی است و در سلول‌های گیاهی زنده یافت می‌شود. فسفر در انتقال انرژی، فتوسنتز انتقال قند از کلروپلاست، انتقال قند و نشاسته، حرکت مواد در داخل گیاه و انتقال فسفات ژنتیکی از یک نسل به نسل دیگر نقش دارد.

پتاسیم

مقدار پتاسیم در بسیاری از خاک‌ها بیشتر از نیتروژن و فسفر است. به طورکلی، میزان پتاسیم خاک‌ها متغیر می‌باشد. محتوی پتاسیم در خاک‌های آلی و شنی معمولاً پایین بوده، درحالی‌که خاک‌های دارای رس زیاد حاوی پتاسیم نسبتاً بیشتری هستند. گیاه پتاسیم را به شکل یک‌ظرفیتی K^+ جذب می‌کند. جذب پتاسیم به‌صورت فعال می‌باشد و انتقال آن می‌تواند برخلاف شیب‌های شیمیایی و الکتریکی صورت گیرد. درجه حرارت خاک بر جذب پتاسیم اثر می‌گذارد. درجه حرارت مطلوب برای اغلب گونه‌ها حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد اما این مقدار در گونه‌ها متغیر است. ضمن اینکه پتاسیم برای تمامی گیاهان عالی و پست ضروری است اما جزء شناخته‌شده هیچ‌یک از قسمت‌های گیاه نیست. پتاسیم به مقدار زیاد در واکوئل‌ها ذخیره می‌شود و عمدتاً به‌صورت فعال‌کننده آنزیم‌ها یا کوآنزیم برای ۴۶ آنزیم عمل می‌کند. پتاسیم همچنین در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد. پتاسیم پتانسیل اسمزی را افزایش می‌دهد و موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد.

گیاهان با ذخیره پتاسیم آب کمتری از دست می‌دهند. پتاسیم به موازنه بار الکتریکی آنیون‌ها کمک نموده و در جذب و انتقال آن‌ها مؤثر می‌باشد. پتاسیم موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها می‌شود. این عنصر غذایی نقش حیاتی در فتوسنتز دارد؛ زیرا موجب افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و در نتیجه جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ می‌گردد. این امر در نتیجه تشکیل ATP بیشتر است که برای تجمع مواد فتوسنتزی در آوند آبکش ضروری می‌باشد. در تعدادی از گیاهان به‌خصوص چغندرقند و پنبه، سدیم به مقدار جزئی می‌تواند جایگزین پتاسیم شود. پتاسیم متحرک‌ترین عنصر غذایی در گیاه می‌باشد و در هنگام کمبود از اندام‌های پیرتر به اندام‌های جوان‌تر منتقل می‌شود (انتقال مجدد). تقریباً از همه پتاسیم جذب‌شده در طی مرحله رشد رویشی، مقدار اندکی به دانه‌ها یا میوه‌ها انتقال می‌یابد. کمبود شدید پتاسیم باعث ایجاد لکه‌های کوچک نکروتیک بین رگبرگ‌ها و سوختن نوک و حاشیه برگ‌های پیرتر در برخی از گونه‌ها می‌شود.

مثال ۸: کدام عنصر باعث افزایش فشار اسمزی گیاه برای مقابله با کم‌آبی می‌شود؟ (سراسری ۹۳)

۱) پتاسیم ۲) نیتروژن ۳) فسفر ۴) روی

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» پتاسیم با حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب در مقابله با کم‌آبی نقش دارد.

مثال ۹: کدام‌یک از عناصر زیر در تحمل به تنش‌های اسمزی نقش بیشتری دارند؟ (دکتری ۹۳)

۱) فسفر ۲) منیزیم ۳) نیتروژن ۴) پتاسیم

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» پتاسیم موجود در گیاه به صورت کاتیون K^+ بوده و نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند. این عنصر همچنین بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فرایند تنفس و فتوسنتز را فعال می‌کند.

مثال ۱۰: مهم‌ترین نقش عنصر ..... است. (دکتری ۹۳)

۱) گوگرد در گیاه، مشارکت در مولکول کلروفیل ۲) نیتروژن در گیاه، ساخت لیپیدها و ساختارهای سلولی

۳) فسفر در گیاه، ساخت اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها ۴) پتاسیم در گیاه، حفظ تعادل بار الکتریکی در سلول‌ها و تنظیم اسمزی

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» گوگرد در ساختمان پروتئین‌هایی که در آن‌ها پیوندهای دی‌سولفیدی بین واحدهای سیستئین و متیونین مجاور در ایجاد ساختمان ثانویه مشارکت دارند دارای اهمیت است. همچنین گوگرد بخشی از ویتامین‌های تیامین و بیوتین و نیز فردوکسین و کوآنزیم A می‌باشد. نیتروژن یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی از هورمون‌ها و کلروفیل است. فسفر در گیاه به صورت استرهای فسفات نظیر قندهای فسفری یافت می‌شود و در فتوسنتز و متابولیسم نقش مهمی دارد. نوکلئوتیدهای DNA و RNA و فسفولیپیدهای موجود در غشاها از استرهای مهم فسفات هستند. فسفر در ترکیب نوکلئوتیدهای به‌کار رفته در متابولیسم انرژی گیاه به صورت ATP و ADP و P_i، اسیدهای آلی فسفره نقش مهمی در متابولیسم انرژی سلول ایفا می‌نماید. پتاسیم نقش مهمی در تنظیم پتانسیل سلول‌های گیاهی دارد و عامل مهمی در حرکات گیاهی نظیر باز و بسته شدن روزنه‌ها، حرکات خواب یا تغییرات روزانه آرایش برگ‌ها می‌باشد.

مثال ۱۱: بیشترین نقش پتاسیم در تخفیف تنش‌های محیطی در تنظیم کدام مورد است؟ (سراسری ۹۴)

۱) اسمزی ۲) رفتار روزنه‌ای ۳) انتقال پیام‌های سلولی ۴) تعادل کاتیونی و آنیونی

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد. گیاهان با ذخیره مطلوب پتاسیم آب کمتری از دست می‌دهند؛ چون پتاسیم پتانسیل اسمزی را افزایش می‌دهد و نقش مثبتی در بستن روزنه‌ها دارد. همچنین به موازنه بار الکتریکی آنیون‌ها کمک نموده و در جذب و انتقال آن‌ها مؤثر است.

کلسیم

مقدار کلسیم خاک تابع اقلیم، سنگ مادر و بافت خاک است. خاک‌های نواحی مرطوب که مواد مادری آن‌ها سنگ‌های آذرین می‌باشند، دارای کمترین مقدار کلسیم بوده و خاک‌های نواحی خشک که مواد مادری آن‌ها سنگ‌های آهکی می‌باشند، دارای بیشترین مقدار کلسیم هستند. کانی‌های حاوی کلسیم شامل: کلسیت (کربنات کلسیم)، دولومیت (کربنات‌های کلسیم و منیزیم)، آپاتیت (فسفات کلسیم)، فلدسپات کلسیم، آمفیبول‌ها و گچ در بیشتر خاک‌ها یافت می‌شوند. در خاک‌های مناطق مرطوب، معدنی شدن ازت و تبدیل آن به نیترات و تشکیل اسید کربنیک در طول زمان منجر به تشکیل خاک‌های اسیدی با کلسیم و منیزیم پایین می‌گردد و جایگزینی این کاتیون‌ها با یون آلومینیوم (Al^{+3}) و یون هیدروژن (H^+) در کلوئیدها موجب از بین رفتن

مدرسان شریف

فصل هفتم

«روابط آب و گیاه»

درسنامه (۱): مفاهیم اولیه آب در خاک

آب فراوان‌ترین جزء تشکیل‌دهنده سلول‌های زنده گیاه است و معمولاً ۸۰ تا ۹۵ درصد از وزن بافت‌های گیاهی در حال رشد را تشکیل می‌دهد. دانه‌ها با آبی معادل ۵ تا ۱۵ درصد، خشک‌ترین بافت‌های گیاهی می‌باشند که قبل از جوانه زدن می‌بایستی مقدار قابل توجهی آب جذب نمایند. به‌طور کلی اهمیت آب در گیاه عبارت است از:

ـ آب حلال قوی است که بسیاری از مواد را در خود حل کرده و محیطی مناسب را برای واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌نماید.

ـ آب موجب حرکت مواد معدنی و غذایی به‌سوی ریشه‌های گیاه می‌شود.

ـ مواد آلی موجود در خاک با کمک آب به مواد معدنی تبدیل می‌شوند.

ـ آب از مواد مؤثر در فرایند فتوسنتز است اما باید در نظر داشت که از مجموع آب جذب‌شده توسط گیاه فقط ۰/۱ درصد آن به مصرف فتوسنتز می‌رسد.

ـ نیازهای تعرق گیاه را فراهم کرده و مانع گرم شدن زیاد گیاه می‌شود.

ـ آب ظرفیت فوق‌العاده زیادی برای نگهداری گرما دارد و وجود آن در گیاه باعث می‌شود که نوسانات درجه حرارت در گیاه آرام‌تر رخ دهد.

ـ نقل و انتقال مواد مختلف در گیاه از اندامی به اندام دیگر به‌وسیله آب صورت می‌گیرد.

ـ در ساختمان پروتوپلاسم و شیره سلول، به مقدار فراوان آب وجود دارد که محیط مناسبی برای اجرای اعمال زیستی سلول و متابولیسم آن فراهم می‌سازد.

ـ آب موجب تورژسانس سلول و شادابی گیاه می‌گردد. کمبود آب و ادامه یافتن مدت خشکی سبب پژمردگی گیاه و از بین رفتن تورژسانس آن می‌گردد.

در میان تمامی منابعی که گیاه برای رشد و فعالیت به آن‌ها نیاز دارد، آب فراوان‌ترین و هم‌زمان محدودکننده‌ترین عامل برای کشاورزی محسوب می‌شود. آبیاری محصولات زراعی به دلیل محدودیت آب است. قابلیت دسترسی به آب تولید اکوسیستم‌های طبیعی را نیز محدود می‌کند.

نکته۱: غشای سلولی ماهیت غیرقطبی دارد؛ زیرا تقریباً نیمی از غشا از مولکول‌های فسفولیپیدی تشکیل شده است. این مولکول‌ها به صورت دو لایه‌ای قرار می‌گیرند و دو لایه لیپیدی را تشکیل می‌دهند. هر مولکول لیپید یک سر آب‌دوست دارد که آن را در مجاورت آب قرار می‌دهد و یک دنباله آبگریز که آن را دور از آب و در وسط دو لایه نگاه می‌دارد؛ بنابراین با این وصف غشا ماهیت غیرقطبی دارد و از این‌رو نسبت به یون‌ها یا مولکول‌های قطبی غیرقابل نفوذ است یا نفوذپذیری بسیار پایینی دارد ولی آب با وجود ماهیت قطبی خود به راحتی از غشای سلول عبور می‌کند. خاصیت قطبی بودن آب سبب حلالیت آسان‌تر مواد در آن می‌شود؛ زیرا مولکول‌های آب، اطراف یون‌ها و مواد محلول قطبی موجود در محلول را احاطه می‌کنند و بارهای الکتریکی آن‌ها را می‌گیرد.

مثال۱: خواص آب برای گیاهان چه اهمیتی دارد؟

۱) آب پیوند هیدروژنی دارد و انرژی نهان آن کمتر بوده بنابراین دمای گیاه را کاهش می‌دهد.

۲) آب نیروی پیوستگی و چسبندگی و کشش سطحی دارد که در جذب آن توسط گیاه مهم است.

۳) آب یک ماده غیرقطبی و حلال مواد آلی و معدنی بوده که مواد در آن حل شده و جذب گیاه می‌شوند.

۴) پیوند هیدروژنی آب خواص حرارتی و نیروهای مولکولی آن را منحصر به فرد کرده که در انتقال آن مؤثر است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» در حقیقت آب برای بسیاری از فعالیتهای گیاه لازم است از جمله اینکه: ۱) آب حلال بوده و محیطی مناسبی برای انجام واکنش‌های شیمیایی مهیا می‌سازد. ۲) موجب تورژسانس و بزرگ شدن سلول می‌شود. ۳) در انتقال مواد معدنی و آلی مؤثر است. همچنین با داشتن خاصیت کشش سطحی در نتیجه پیوند هیدروژنی حائز اهمیت است و پیوند هیدروژنی باعث شده آب خواص حرارتی خاصی پیدا کند که در انتقال مؤثر است.

مثال۲: غشاهای سلولی ماهیت ..... دارند و تا حد زیادی نسبت به یون‌ها و مولکول‌های ..... غیرقابل نفوذ هستند، اما مولکول آب علی‌رغم ..... بودن به طور غیرمعمول از نفوذپذیری بالایی در غشاهای سلول برخوردار است. (سراسری ۹۱)

۱) قطبی، قطبی، قطبی　　۲) غیرقطبی، قطبی، قطبی　　۳) قطبی، غیرقطبی، غیرقطبی　　۴) غیرقطبی، غیرقطبی، غیرقطبی

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» غشاهای سلولی ماهیت غیرقطبی دارند و تا حد زیادی نسبت به یون‌ها و مولکول‌های قطبی غیرقابل نفوذ هستند، اما مولکول آب علی‌رغم قطبی بودن به طور غیرمعمول از نفوذپذیری بالایی در غشاهای سلول برخوردار است.

پتانسیل آب

یک عامل مؤثر بر توزیع آب در هر سیستمی، پتانسیل آب اجزای مختلف آن سیستم است. پتانسیل آب میزان توانایی آب برای انجام کار است و با حرف یونانی سای (ψ) نشان داده می‌شود و واحد اندازه‌گیری آن معمولاً بار یا پاسکال است. آب تمایل دارد که از یک محل با پتانسیل آبی بالا به محلی با پتانسیل آبی پایین حرکت کند؛ به بیان دیگر، آب در جهت شیب پتانسیل حرکت می‌نماید. این حرکت تا زمانی ادامه می‌یابد که پتانسیل آب در تمام اجزای سیستم برابر گردد.

نکته۲: انتشار آب تحت تأثیر شیب پتانسیل آب موجب حرکت آب بین سلول‌های گیاهی و همچنین بین گیاه و محیط اطراف می‌شود.

نکته۳: آب خالص دارای پتانسیل آب صفر بار می‌باشد. پتانسیل آب در خاک و گیاه معمولاً کمتر از صفر بار بوده، یعنی مقدار آن منفی است.

پتانسیل آب گیاه و خاک حاصل‌جمع چند پتانسیل به شرح مقابل می‌باشد: $\psi_w = \psi_m + \psi_s + \psi_p + \psi_z$ (۱)

ψ_m (پتانسیل ماتریک):

نیرویی است که توسط آن، آب به گیاه یا سطح ذرات خاک چسبیده است. این جاذبه‌ها را فقط از طریق اعمال نیروی دیگری می‌توان خنثی کرد؛ بنابراین مقدار آن همواره منفی است.

ψ_s (پتانسیل مواد محلول یا پتانسیل اسمزی):

انرژی پتانسیل آب است که تحت تأثیر غلظت مواد حل‌شده قرار می‌گیرد. مواد حل‌شده انرژی پتانسیل آب را کاهش می‌دهند و در نتیجه محلول دارای پتانسیل منفی می‌گردد.

نکته۴: سلولاز و پکتیناز از جمله آنزیم‌های هضم کننده دیواره سلولی هستند و با حذف دیواره سلولی، دیگر سلول قادر به ایجاد پتانسیل فشاری نخواهد بود و چون سلول دارای مواد محلول فراوان است دارای پتانسیل اسمزی بالا بوده و سبب جذب آب به داخل سلول می‌گردد و به دلیل اینکه دیواره سلولی وجود ندارد تا با ایجاد پتانسیل فشاری از جذب بیش از حد آب و ترکیدن سلول جلوگیری کند، سلول آب فراوانی جذب کرده و می‌ترکد.

ψ_p (پتانسیل فشاری یا فشار آماس):

نیرویی است که توسط فشار هیدرواستاتیکی به‌وجود می‌آید. از آنجایی که این نیرو توسط آب به گیاه وارد می‌شود، بنابراین مقدار آن مثبت می‌باشد. معمولاً این پتانسیل در خاک اهمیت کمی دارد اما در سلول‌های گیاهی دارای اهمیت زیادی است.

ψ_z (پتانسیل ثقلی):

این پتانسیل همیشه در گیاهان وجود داشته است لیکن در مقایسه با سه پتانسیل دیگر، در گیاهان کوتاه‌قد دارای اهمیت ناچیز و در گیاهان بلندقد دارای اهمیت زیادی است. پتانسیل آب خاک در خاک‌های زراعی در درجه اول تحت تأثیر پتانسیل ماتریک و در درجه دوم، تحت تأثیر پتانسیل اسمزی قرار می‌گیرد.

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ گیاه با استفاده از دستگاه پمپ فشار:

در روش اتاقک فشار یک شاخه برگ‌دار را از گیاه اصلی جدا می‌کنیم و آن را وارد یک اتاقک کوچک می‌کنیم که می‌تواند فشارهای تا ۵۰ بار یا بیشتر را تحمل کند و انتهای قطع‌شده ساقه را از اتاقک خارج می‌کنیم، به طوری که اتاقک کاملاً مسدود شود و هیچ منفذی به خارج نداشته باشد. سپس یک گاز بی‌اثر را به اتاقک وارد می‌کنیم. هنگامی که فشار گاز در اطراف شاخه برگ‌دار در داخل اتاقک به اندازه کافی افزایش پیدا کند تا شیره خام درون آوند چوبی در سطح مقطع ساقه پدیدار شود، در این صورت انتقال و تبادل آب بین سلول‌های شاخه مزبور و سیستم آوندی چوبی به حالت تعادل درآمده است. در این حالت فشار گاز در داخل اتاقک (با علامت منفی) که برای خارج کردن شیره خام از آوند چوبی و پدیدار شدن آن در سطح مقطع ساقه کافی است، برابر با پتانسیل آب سلول‌های برگ در نظر گرفته می‌شود.

مثال۳: پتانسیل آب در ..... است. (سراسری ۹۲)

۱) ریشه منفی‌تر از برگ　　۲) برگ مثبت‌تر از ریشه　　۳) ریشه منفی‌تر از محلول خاک　　۴) ریشه مثبت‌تر از محلول خاک

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» آب خالص دارای پتانسیل آب صفربار می‌باشد. پتانسیل آب در خاک و گیاه معمولاً کمتر از صفربار بوده، یعنی مقدار آن منفی است. بنابراین پتانسیل آب در ریشه منفی‌تر از محلول خاک است.

مدرسان شریف

فصل هشتم

«بذر»

درسنامه (۱): تشکیل بذر و ترکیب شیمیایی آن

کشاورزی با درک این واقعیت آغاز شده است که با کاشت بذر در خاک و دادن آب و مواد غذایی به آن و تا حدودی محافظت از آفات، نه تنها بذر و گیاهی مشابه آنچه کاشته شده به‌وجود می‌آید بلکه موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در تعداد بذر تولیدشده نیز می‌شود. این مقدار اضافی می‌تواند به‌عنوان غذای انسان و دام مورد استفاده قرار گیرد. واضح است که بذرها زیربنای کشاورزی هستند و بنابراین شناخت چگونگی تکامل و ترکیب آن‌ها، به منظور افزایش تولیدات کشاورزی ضروری است. از نظر بیولوژی، بذر را می‌توان تخمک رسیده و بارور تعریف نمود اما تعریف بذر از نظر کشاورزی تا حدودی جامع‌تر است. در اکثر گونه‌ها که شامل خانواده گرامینه نیز می‌شود، بذر میوه‌ای با تخمک منفرد است که خشک و ناشکوفا می‌باشد. در برخی دیگر از گونه‌ها، بذر یک میوه دودانه است که خشک و ناشکوفا می‌باشد. در چغندرقند، بذر تجمعی است از میوه‌های خشک که هر کدام دارای تخمک‌های متعددی هستند (بذر پلی‌ژرم).

تشکیل مگاسپور (Megasporogenesis)

تشکیل بذر با نمو تخمک آغاز می‌شود که در ابتدا به‌صورت برجستگی گنبدی‌شکلی از سلول‌های تمایزنیافته بر سطح جفت در گل پدیدار می‌شود. این گروه از سلول‌ها به‌صورت خورش تمایز می‌یابند که در ابتدا شامل توده‌ای از بافت‌های مریستمی می‌باشند. جداره‌های تخمدان که بعداً پوسته بذر را می‌سازند، از طرفین خورش به سمت بالا رشد می‌کنند و قسمت فوقانی خورش را جز سُفت دربرمی‌گیرند (سُفت منفذ کوچکی در انتهای آزاد تخمک است که از طریق آن لوله گرده برای تلقیح سلول تخم وارد تخمک می‌شود). در تخمک جوان، تمام سلول‌های تشکیل‌دهنده خورش یک اندازه می‌باشند. یکی از سلول‌های خورش که معمولاً در زیر اپیدرم و در نزدیکی قسمت فوقانی قرار دارد، نسبت به سلول‌های پیرامون خود تمایز یافته و سرانجام سلول مادر کیسه جنینی (مگاسپور) را به وجود می‌آورد. این سلول از نظر ژنتیکی $2N$ کروموزومی یا دیپلوئید است.

هسته این سلول مادری در نتیجه دو تقسیم متوالی (میوز)، ردیفی از چهار سلول تشکیل می‌دهد (مگاسپورها از نظر ژنتیکی هاپلوئید یا N کروموزومی هستند). از این چهار سلول، سه سلولی که به سُفت نزدیک‌تر هستند، تحلیل می‌روند و سلول باقی‌مانده رشد کرده و کیسه جنینی بالغ را به وجود می‌آورد. هسته سلول مگاسپور اخیر تقسیم می‌شود و کیسه جنینی چهار هسته‌ای را می‌سازد و سرانجام هریک از این چهار هسته نیز تقسیم می‌شوند و کیسه جنینی بالغ هشت هسته‌ای را به وجود می‌آورند. به این ترتیب کیسه جنینی بالغ معمولاً حاوی هشت هستهN کروموزومی است که عبارتند از: یک سلول تخم (تخم‌زا)، دو سلول سینرجید (قرینه‌ها)، سه سلول آنتی‌پودال و یک سلول آندوسپرم اولیه که دارای دو هسته (هسته مضاعف) می‌باشد.

تشکیل میکروسپور (Microsporogenesis)

دانه‌های گرده در بساک تولید می‌شوند. کیسه بساک در مراحل اولیه تکامل حاوی گروه کوچکی از سلول‌های مریستمی می‌باشد. هم‌زمان با بلوغ بساک، چهار گروه از سلول‌های مادر میکروسپور در درون آن نمو می‌یابند. هر کدام از سلول‌های مادر میکروسپور به طریق میوز تقسیم شده و چهار سلول میکروسپور را به وجود می‌آورند که هریک از آن‌ها هاپلوئید بوده و دارای N کروموزوم است. هریک از این چهار میکروسپور در نتیجه تقسیم میوز، ساختمانی دوهسته‌ای می‌سازند که آن را دانه گرده می‌نامند. هسته دانه گرده شامل: هسته رویشی (هسته مولد لوله گرده) و هسته زایشی می‌باشد. هسته زایشی قبل از پراکنده‌شدن گرده‌ها، تقسیم شده و دو گامت نر را تولید می‌کند.

لقاح

در گونه‌های دگرگُشن، گرده‌افشانی توسط حشرات، باد، جاذبه زمین یا سایر روش‌های انتقال انجام می‌گیرد. در گیاهان زراعی خودگُشن، گرده‌افشانی از طریق انتقال مستقیم دانه گرده یعنی سقوط دانه گرده بر روی کلاله مادگی در گل‌ها انجام می‌شود. دانه گرده بر سطح کلاله جوانه می‌زند، پروتوپلاسم دانه گرده آب جذب کرده و متورم می‌شود و غشای خارجی خود را پاره می‌کند. غشای داخلی دانه گرده از میان قسمت پاره‌شده خارجی توسعه می‌یابد و لوله گرده را به وجود می‌آورد. لوله گرده از میان بافت‌های کلاله عبور و درون خامه به سمت پایین رشد می‌کند و معمولاً از طریق سُفت وارد تخمدان می‌شود. سپس نوک لوله گرده پاره می‌شود و دو هسته اسپرم به درون کیسه جنینی تخلیه می‌شوند.

یکی از هسته‌های اسپرمی به سوی تخم‌زا حرکت می‌کند و در نتیجه لقاح آن‌ها سلول تخم (زایگوت) به وجود می‌آید که ۲N کروموزومی است. دومین هسته اسپرمی با هسته‌های مضاعف متحد می‌شود و در نتیجه لقاح آن‌ها، آندوسپرم اولیه تشکیل می‌شود که ۳N کروموزومی است. بعد از لقاح تخمک، جنین و آندوسپرم به رشد و تمایز سلولی ادامه داده و سرانجام دانه را ایجاد می‌کنند. در جریان نمو جنین و آندوسپرم قسمتی از بافت خورش هضم شده و مواد غذایی را برای رشد آن‌ها فراهم می‌کند. در بذرهای رسیده خورش (در صورت وجود) معمولاً شامل لایه‌های سلولی نازکی است که پریسپرم نامیده می‌شود.

نکته۱: آپومیکسی نوعی تولیدمثل غیرجنسی است که در آن سلول مادری، تقسیم ناقص انجام می‌دهد و در نتیجه سلول تخم همانند گیاه مادری دیپلوئید می‌باشد. جنین غیرجنسی نیز که دیپلوئید است به‌طور مستقیم از هسته تخم و بدون عمل لقاح حاصل می‌شود.

مراحل رشد دانه

به دنبال لقاح هسته تخم‌زا و هسته مضاعف، جنین و آندوسپرم دوره رشد و تمایز سریع خود را آغاز می‌کنند. مرحله نمو بذر منجر به رسیدن بذر می‌شود. رسیدن مرحله‌ای از فعالیت‌های پیچیده بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در نمو بذر است که جنین و مواد غذایی ذخیره‌شده در بافت‌ها یا اندام‌ها را دربرمی‌گیرد. این فعالیت‌ها نه تنها تولید سلول‌ها بلکه تمایز آن‌ها به سلول‌های اختصاصی بافت و اندام را نیز شامل می‌شود و همچنین دربرگیرنده سنتز و انباشته شدن ذخایر مواد غذایی در بذر می‌باشد. در جریان نمو بذر، مواد غذایی در درون آندوسپرم (عمدتاً در تک‌لپه‌ای‌ها)، در لپه‌ها (عمدتاً در دولپه‌ای‌ها) و گاهی اوقات در پریسپرم (بافت خورش) ذخیره می‌شود. در هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی سلول، آندوسپرم و پریسپرم شامل سلول‌های مرده‌ای هستند که به‌عنوان انبار ذخیره مواد غذایی در بذر عمل می‌کنند.

ترکیب شیمیایی بذر

صرف‌نظر از تکثیر، دانه‌ها از جنبه‌های دیگر از قبیل تغذیه و ماده اولیه برای تعداد زیادی از فرآورده‌های گیاهی حائز اهمیت می‌باشند. دانه‌ها پروتئین، اسیدهای آمینه و سایر موادی را که به‌طور کامل از نظر شیمیایی با بافت‌های رویشی متفاوتند، ذخیره می‌نمایند. دانه‌ها بر حسب ماده غذایی که در خود ذخیره می‌کنند، به دانه‌های دارای کربوهیدرات و لیپید تقسیم می‌شوند. دانه‌ها در هریک از این دسته‌ها که قرار داشته باشند، می‌توانند از نظر پروتئین غنی باشند. یکی از اهداف اولیه در اصلاح نباتات، تغییر ترکیب شیمیایی دانه‌ها می‌باشد. ترکیب شیمیایی دانه‌ها تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد.

کربوهیدرات‌ها

از جمله ذخایر عمده تشکیل‌دهنده بذور گیاهان زراعی و وحشی، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها می‌باشند. دانه‌های غلات و حبوبات، کربوهیدرات (نشاسته) ذخیره می‌کنند. حبوبات همچنین از نظر پروتئین نیز غنی هستند. متداول‌ترین کربوهیدراتی که در دانه‌ها ذخیره می‌شود، نشاسته است. معمول‌تر از همه، دو نوع نشاسته گلوکزی یعنی آمیلوز و آمیلوپکتین می‌باشند که هر دو از زنجیره‌های طولانی پلیمرهای مولکول گلوکز با پیوند ۴-۱ و α تشکیل شده‌اند. از این دو نوع نشاسته در دانه‌های نشاسته‌ای، غلبه با آمیلوپکتین است. تفاوت‌های این دو نوع نشاسته عبارتند از:

ـ آمیلوز از یک زنجیره مستقیم شامل ۳۰۰ تا ۴۰۰ مولکول گلوکز تشکیل شده است.

ـ آمیلوپکتین دارای انشعابات فرعی گلوکزی است که با پیوند ۶-۱ و β به مولکول اصلی متصل است.

ـ آمیلوپکتین احتمالاً شامل بیش از هزار مولکول گلوکز می‌باشد و در نتیجه دارای وزن مولکولی بیشتر و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت از آمیلوز است.

ـ در آزمایش «یدی» برای نشاسته، آمیلوز رنگ آبی و آمیلوپکتین رنگ قرمز به خود می‌گیرد.

ـ با جذب رطوبت، آمیلوپکتین غلیظ‌تر از آمیلوز می‌شود.

ـ آمیلوز توسط α آمیلاز، ۱۰۰درصد هضم می‌شود اما آمیلوپکتین تقریباً قابلیت هضم ۵۰ درصد را دارد.

از هیدرولیز نشاسته‌های گلوکزان، گلوکز (مونوساکارید) و مالتوز (دی‌ساکارید) به دست می‌آید که این دو قند قابل حل در آب بوده و به آسانی قابل تبدیل به ساکارز هستند و لذا به این طریق می‌توانند به ریشه و مریستم‌های هوایی گیاه انتقال یابند. اینولین یک مولکول نشاسته کوچک است که از مولکول‌های قند فروکتوز تشکیل شده است و ماده اصلی ذخیره‌ای در دانه جو و برخی دیگر از گیاهان چمنی مناطق معتدله می‌باشد. فروکتوز موجود در اینولین در آب حل می‌گردد اما نشاسته‌های گلوکزان در آب قابل حل نیستند. پنتوزان‌ها، پلیمرهای قند ۵ کربنه هستند که معمولاً بر روی یا درون پوسته برخی از بذور یافت می‌شوند. پنتوزها آب زیادی جذب می‌کنند؛ به عبارت دیگر، قدرت جذب آن‌ها بالاست. این مسئله یک خصوصیت تطابقی در انتشار بذرها می‌باشد.

موسی‌لاژها ممکن است به عنوان ذخیره غذایی باشند یا به عنوان پوششی برای پوسته بذر نیز عمل نمایند. وقتی آب به موسی‌لاژها می‌رسد، چسبناک می‌شود. این خاصیت چسبندگی به پراکندگی بذرها توسط حیوانات کمک می‌کند. یکی از موارد استفاده از موسی‌لاژها، جدا کردن تعدادی از بذور علف‌های هرز از لگوم‌ها توسط تکنیک‌های صنعتی خاص می‌باشد؛ به‌عنوان مثال، جدا کردن بذرهای بارهنگ باریک‌برگ از بذرهای یونجه یکی از این موارد می‌باشد. به این ترتیب که وقتی بذر علف هرز خیس می‌شود، خاصیت چسبندگی پیدا می‌کند و در ماشین‌های بوجاری که دارای غلتک پرزدار هستند، به غلتک‌ها می‌چسبد، اما بذرهای یونجه از آن عبور می‌نماید. پکتین‌ها، کربوهیدرات‌هایی هستند از پلیمرهای دارای زنجیره بلند اسیدگالاکتورونیک که اتصال و پیوند بین دیواره‌های سلولی (تیغه میانی) بذرها را به عهده دارند. پکتین‌ها از اسید پکتیک و پروپکتین و نمک‌های کلسیمی و منیزیمی ساخته شده‌اند. کربوهیدرات‌های دیگری نیز از قبیل استاچیوز (تتراساکارید)، رافینوز (تری‌ساکارید)، ساکارز (دی‌ساکارید) و قندهای احیاشونده مانند گلوکز (مونوساکارید) نیز در بذر یافت می‌شوند. گیاهان قندی ساکارز را در بذر ذخیره نمی‌کنند بلکه در ریشه یا ساقه جمع می‌نمایند.