می باید و تقسیم سلولی را تحریک می کند (گرتز وبیزلینگ ۲۰۰۲ ) اتیلن در ناحیه دایره محیطیه ساخته شده، درون پوست اولیه انتشار می باید و تقسیم سلولی را د ر نقطه مقابل قطب های آبکش ریشه متوقف می کند .

رشته سیرات پرشده با ریزوبیوم رشد یافته ، از درون رشته های مویی و لایه های سلولی پوست اولیه به سمت آغازی های گره ، طویل میشود . زمانی که ریشه سرایت به سلول های تخصصی شده درون گره برسد . نوک آن با غشای پلاسمایی سلول میزبان ترکیب شده باکتریایی را که در غشای مشتق از غشای پلاسمایی سلول میزبلن محصور شده اند آزاد میکند (شکل ۱۲-۱۲ د) منشعب شدن رشته سرایت در درون گره به باکتری ها این امکان را میدهد که چند سلول را آلوده کنند (شکل ۱۲ـ٬۱۲ ۀ و و )

(میلونا و همکاران،۱۹۹۵ ).

در وهله اول باکتری به تقسیم شده ادامه می دهد وسطح غشای اطراف آن افزایش می یابد تا امکان زشد و پرنمودن قضاهای کوچکتر را فراهم سازد . در مدت زمانی کم بعد از این مرحله بل دخالت یک پیام ناشناخته از گیاه ، تقسیم باکتری ها متوقف میشود د وشروع به بزرگ شدن میکنند و تمایز آنها به اندامک های داخلی تثبیت کننده نیتروژن که در اصطلاح باکتروئید نامیده میشود آغاز میشود غشایی که باکترئید را احاطه می کند غشای پری باکترئید نامیده میشود.

گره در کل ،‌باعث توسعه ساختاری نظیر یک سیستم آوندی (که تبادل نیتروژن تثبیت شده توسط باکتری ها با مواد غذایی تامین شده اوسط گیاه را تهسیل میکند) و یک لایه سلولی میشود که از ورود O2 به فضای داخلی گره های ریشه ممانعت میکند . در برخی از لگوم های مناطق معتدله ( نظیر انواع نخود)، گره های طویل و استوانه ای میشود که علت آن موجود مریستم گره ای است گره های لگوم های گرمسیری نظیز سویا و بادام زمینی فاقد مریستم گره ای هستند و حالت کروی دارند(رولف و گرس هاف ۱۹۸۸) .

کمپلکس آنزیم نیتروژناز، تثبیت N2را سبب میشود

مشابه آنچه درجریان تثبیت صنعبتی نیتروژن اتفاق می افتد، در جریان تثبیت زیستی یتروژن نیز آموناک از نیتروژن مولکولی تولید میشود واکنش کلی این فرایند به شکل زیر است:

توجه داشته باشد که احیای N2 به ۲ مولکول NH3 (که یک انتقال ۶ الکترونی است ) سبب دو پروتون و تشکیل H2 می شود. کمپلکس آنزیم نیتروژناز این را کاتالیز میکند(دیکسون و کان ،۲۰۰۴) کمپلکس نیتروژناز می تواند به دوچیز تفکک شود- پروتوئین آهنی و پروتئین مولیبدن آهن – که هیچ یک به تنهایی قادر به فعالیت کانالیزوری نمیباشند(شکل ۱۲-۱۳ )

پروتئین جزء کوچکترین است و دو زیرواحد مشخص ۳۰ تا ۷۲ کیلودالتونی دارد که بستگی به موجود زنده دارد هر زیرواحد دارای سری انشعاب آهن- گوگرد (4fe و 4S2 -) است که در واکنش های اکسیداسیون احیای دخیل در تبدیل

N2 به NH3 کشارکت دارند. پروتئین آهن به شکلی غیر قابل برگشت به واسطه O2 و با نمیه عمر ۳۰ تا ۴۵ ثانیه غیر فعال میشود (دیکسون و ویلر، ۱۹۸۶) پروتئین مولیبدن- آهن دارای چهار زیرواحد با وزن مالکولی نهایی ۱۸۰ تا ۲۳۵ کیلو دالتون است که بستگی به گونه دارد. هر زیرواحد دارای توده های MO-Fe-S کشارکت دارند. پروتئین MO-Fe نیز به وسیله اکسیژن (با نیمه عمر ۱۰ دقیقه در هوا ) غیر فعال میشود.

در واکنش کلی احیای نیتروژن (شکل ۱۲-۱۳) فرودکسین به عنوان دهنده الکترون به پروتئین آهن عمل میکند که به نوبه خود، سبب هیدرولیز ATP و احیای پروتئین MO-Fe میشود. سپس پروتئین MoFe میتواند مواد زیادی را احیا نماید (جدول ۴-۱۲ ) و این در حال است که در شرایط طبیعی این پروتئین تنها با N2 و H4 واکنش انجام میدهد. یکی ار واکنش هایی که توسط نیتروژناز کاتالیز میشود ،احیای لستیلن به اتیلن است که در تخمین فغالیت نیتروژناز از آن استفاده میشود .

مطالعه تثبیت نیتروژن از دیدگاه انرژی پیچیده است. تولید NH3 از N و H2 یک واکنش انرژی زا با برابر ۲۷-کیلوژول بر مول است (برای کسب اطلاعات درمورد واکنش های انرژی زا به فصل ۲

مراجعه نماید). نیز تغییر در انرژی آزاد رانشان میدهد اما تولید صنعتی NH3 از N3 و H2 یک فرایند انرژی خواه است که به ورود مقداری زیادی انرژی نیاز دارد ، که علت آن نیاز به انرژی فعال سازی مورد نیاز برای شکستن پیوند سه گانه N3 است . دلیلی مشابه، احیای آنزایمی N2 توسط نیتروژناز نیز به مصرف انرژی زیادی نیاز دارد (معادله ۹-۱۲) اگر چه تغییرات دقیق انرژی آزاد این واکنش هنوز مشخص نشده است.

محاسبه انجام شده براساس متابولیسم کربوهیدرات ها د ربقولات نشان داده که یک گیاه ده ازای هر گرمN2 تثبیت شده ۱۲ گرم کرین آلی مصرف می کند (هیتلر و همکاران،۱۹۸۴) بر اساس معادله ۹-۱۲ G کل واکنش تثبیت زیستی نیتروژن حدود ۲۰۰-کیلوژول بر مول است از آنجا که واکنش د رکل یک واکنش بسیار انرژی زاست، تولید آمونیوم دراثر کاهش فعالیت کمپلکس نیتروژنازکند می شود (تعداد مولکول های N2 احیا شده در واحد زمانی در حدود ۵ مولکول بر ثانیه است) ( لادویگ و دوریس،۱۹۸۶) برای انکه سرعت باز احایی پایین ایجاد شوده جبران شود، باکترئید مقادیر زیادی نیتروژناز تولید میکند (پیش از ۲۰ ٪ کل پروتئین موجود در سلول ).

در شرایط طبیعی، مقادیر فابل اوجه H+ به گاز H2 احیا میشود. و این فرایند میتواند با احیای N2 بر سر الکترون های ناشی از نیتروژناز رقابت نماید. در ریزوبیوم ها ممکن است ۳۰ تا ۶۰ ٪ انرژی فراهم شده برای نیتروژناز، در قالب H2 به هدر برود و بدین ترتیب کارآیی تثبیت نیتروژن کاهش می یابد. اما برخی از ریزوبیوم ها، لازم برای احیای N2 را تولید نماید و بدین شکل کارآیی تثبیت نیتروژن را افزایش میدهد(مارشنر،۱۹۹۵).

آمیدها ویورید ها اشکال یافته نیتدرژن هستند

تثبیت زیستی نیتروژن در باکتری ها موجب آزاد شدن آمونیاک میشود که برای ممانعت از سمت ناشی از آن، باید ترکیب به سرعت در گره های ریشه ها و قابل از انکه توسط آوند چوب به اندام هوایی منتقل

شود، به اشکال آلی تبدیل میشود بقولات تثبیت کننده نیتروژن به ترکیب شیره موجود در آوند چوب می میتوانند به دو دسته صادر کننده گان آمیدی یا یوریدی تقسیم بندی شود. آمید ها (به ویژه اسیدهای آمینه آسپارژین یاا گلوتامین ) در بقولات مناطق معتدله نظیر نخود(pisum )، شبدر(trifolium ) باقلا (vicia) و عدس (lens) انتقال می یابند.

یورید ها در بقولاتی نظیر سویا(glycin) لوبیا(phaseolus ) بادام زمینی (Arachis ) و ماش (Vigna) به خواستگاه آنها از مناطق گرمسیری است، انتقال می یابند. آلانتوئین ،اسید النتوئیک و سیترولین سه شکل عمده یورید ها هستند(شکل ۱۲-۱۴). الانتوئین ، در پروکسی زوم ها و از اسید اوریک و اسید آلانتوئیک از الانتوئین و در شبکه آندوپلاسمی ساخته میشود. محل ساحت سیترولین از اسید آمینه اورنیتین هنوز مشخص نشده است .تقرییا هر سه شکل یورند ها د رآوند چوب آزاد شده و به اندام هوایی انتقال می یابند و در اندام هوایی به سرعت به واسطه کاتابولیسم به آمونیوم تبدیل میشود. آمونیوم تولید شده نیز به مسیز آسیمیلاسیون وارد میشود که قبلا توضیح داده شده است.

آسیمیلاسیون گوگرد

گوگرد یکی از عناصر متحرک در موجودات زنده است (هل،۱۹۹۸). پل های سولفید در پروتئین ها نفش های ساختمانی و تنظیم کنند گی بر عهده دارند(فصل ۸ ) گوگرد به واسطه خوشه های آهن- گوگرد، در جریان انتقالی الکترون شرکت می کنند(فصل های ۷ و ۱۱) مکان های کاتالیتیکی بسیار از آنزیم ها و کوآنزیم ها(نظیر اوره آز و کوآنزیم A) حاوی گوگرد هستند. آن دسته از متابولیت های ثانویه (یعنی ترکیباتی که در مسیر اولیه رشد و نمو دخیل نیستند). که هاوی گوگرد هستند دامنه ای از فاکتورهای Nod بیزوبیومی که در بخش قبل به توضیح آن پرداخته شد تا آلین ضدعفونی کننده در سیر و سولفوران ضد سرطان در کلم بروکلی را شامل میشوند.

با گوگرد تا حدود از خصوصیت اشتراک پذیری آ با نیتروژن منتج میشود که به آن حالات اکسیدامیون پایدار چند گانه گفته میشود. در این بخش مراحل آنزیمی که اسیمیلاسیون گوگرد را هدایت می نمایند و نیز واکنش های بیوشیمیایی که احیای سولفات به دو اسید آمینه محتوی گوگرد (سیستئین و متیونین ) را کاتالیز میکنند مورد بحث واقع میشود.

سولفات شکل قابل جذب گوگرد در گیاهان است

بیشتری گو گردی که در سلول های گیاهان عتلی وجود دارد، از سولفات (SO4 2-) جذب شده از محلول خاگ توسط عامل انتقاب دهنده 2H+ \_ SO4 2- مشتق میشود(فصل ۶) غالب سولفات موجود در خاک از هوادید گی سنگ های مادری حاصل میشود. اما بخشی ار سولفات نیز از تریق صنایع به منبع سولفات موجود اضافه میشود. سوزاندن سوخت های فسیلی سبب آزاد شدن اشکال گازی شکل گازی شکل از گوگرد میشود.این اشکال گازی عبارتند از دی اکسید گوگرد (SO2) و سولفید هیدروژن (H2S)که از طریق باران به درون خاک راه پیدا میکنند.

زمانی که SO2 در آب حل میشود.ضمن هیدروژلیز شدن به اسیدسولفوریک (H2SO4) که یک اسید قوی منبعی برای باران های اسیدی است ، تبدیل میشود . همچنان گیاهان قادرند شکل گاز گوگرد را که از طریق روزنه ها جذب نموده اند. تحت تاثیر متابولیسم قرار دهند . با این وجود؛ قرار دادن طولانی مدت گیاه(پیش از ۸ ساعت )در معرض غلظت های بالای SO2 اتمسفر (بیش از ۳ ٪ قسمت در میلیون)

سبب جسازات گسترده بافتی میشود که علت آن تشکیل اسیدسولفوریک است.

برای آسیمیلاسیون سولفات ، لازم است به سیستئین احیا شود

احیای سولفات به آسیدآمینه سیستئین اولین مرحله ساخت ترکیبات آلی محتوی گوگرد به شمار میرود(شکل ۱۲-۱۵) سولفات ترکیبی بسیار باثبات است و بنابراین قبل از اینکه وارد هر واکنش محتملی در مراحل بعد شود، باید فعال شود فعال سازی سولفات با واکنش سولفات ATP و با شکل گیری ۵- آدنیل سولفات (گاهی اوقات به آن ۵- آدینلیل سولفات آدنوزین -۵- فسفوسولفات نیز گفته میشود وبه اختصار آن زا به APS نشان میدهند) و پیروفسفات (PP! ) آغاز میشود(شکل ۱۲-۱۵) .

(۱۲-۱۰)

آنزیمی که این واکنش را کاتالیز میکند یعنی ATP سولفوریلاز داردی دو شکل است. شکل اصلی آن در پلاستید ها و نوع دوم در سیتوپلاسم یافت میشود(لیستک و همکاران.۲۰۰۰) واکنش فغال سازی از

لحاظ انرژی نامطلوت است. برای انیکه این واکنش به پیش بیرود، APS و PP! تولید شده باید به سرعت به سایر ترکیبات تبدیل شوندPP! توسط پیروفسفاتار غیرآلی و بر اساس واکنش ۱۱-۱۲ به فسفات معدنی (P!) هیدرولیز میشود.

(۱۱-۱۲)

فرآورده دیگر، یعنی APS ، به سرعت احیا یا سولفاته میشود و احیا ، مسیر غالب است (لیستک و همکاران ،۲۰۰۰)

احیای APS یک فرایند چند مرحله ای است که انحصارا در پلاستید ها اتفاق می افتد. در وهله اول؛ APS رداکتاز، دوالکترون که ظاهرا حاصل احیای گلوتاتیون (GSH) می باشند را برای سولفیت (SO3 2-) منتقل میکند:

(شکل ۱۲-۱۲)

در این واکنش GSSG فرم اکسیده شده گلوتاتیون را نشان میدهد(GSSG, SS , GSH, SH) به ترتیب معرف پیوند ها S-H و S-S می باشند).

در مرحله دوم ، سولفیت رداکتاز برای تولید سولفید(S2-) شش الکترون از فرودکسن (Fd red) رامنتقل می کند :

سپس سولفید حاصله ،باO – استیل سرین (OAS) واکنش می دهد تا تولیدسیستئین و استات نمایدO – استیل سرین که با S2- واکنش میدهد در واکنشی کاتالیز شده توسط سرین استیل ترانسفراز تولید میشود:

(۱۲-۱۴)

واکنشی که تولید سیستئین واستات را به همراه دارد به واسطه OASـ تیول ـلیاز کاتالیز میشود.

(۱۲-۱۵)

سولفاتی شدن APS که در سیتوسول قرار دارد مسیری جایگزین است در وهله اول APS کیناز واکنش را کاتالیز میکند که در طی آن APS با ARP تولید فسفو آدنوزینی فسفو سولفات (PAPS) می نماید.

(۱۲-۱۶)

سپس ممکن است سولفوتراسفرازها گروه سولفات PAPS را به ترکیبات متنوعی نظیز کولین، براسینواستروئیدها، فلاونول ، گالیک اسید گلیکوزوئید، گلوکوزینولات ها، پپتیدها و پلی ساکریدها منتقل نمایند(لستک و سائیتو،۱۹۹۹).

آسیمیلاسیون سولفات غالبا در برگ ها اتفاق می افتد.

احیای سولفات به سیستئین عدد اکسیداسیون گوگرد را از ۶+ به ۴ تغیر میدهد ، که متضمن انتقال ۱۰ الکترون است ممکن است گلوتاتیون ، فرودکسین NAD(P)H یا O استیل سرین به عنوان دهندگان الکترون در مراحل مختلف مسیر عمل کنند(شکل ۱۲-۱۵).

معمولا در جریان آمیمیلامیون گوگرد ، برگ ها فعال تر از ریشه ها هستند که احتمالا دلیل آن است که در جریان فتوسنتز فرودکسین احیا شده و تنفس نوری سرین تولید می شود که ممکن است تولید O استیل سترین را تحریک نمایند(فصل ۸) گوگرد آسیمیله شده در برگ ها به واسطه آوند آبکش به مکان های ساخته پروتئین (نوک ریشه ها و ساقه ها و میوه ها) منتقل می شود. و عمده تا گلوتاتیون شکل انتقال گوگرد آسیمیله شده است(برگمن و رو ننبرک ،۱۹۹۳).

همچنین گلوتامین به عنوان یک پیام برای بر قراری تعادل بین جذب سولفات توسط ریشه ها و آسیمیلاسیون سولفات توسط اندام هوایی عمل میکند.

متیونین از سیستئین ساخته میشود

متیونین دیگر اسید آمینه محتوی گوگرد ، که در پروتئین ها یافت میشود. در پلاستیدها و از سیستئین ساخته میشود. بعد از ساخته شدن سیستئین و متیونین است که گوگرد میتواند به ساختار پروتئین ها انواعی از ترکیبات دیگر نظیر استیل کوآنزیمA- و S آندنوزیل متیونین وارد شود (فصل ۲۲) ترکیب آخری در ساخت اتیلن و در واکنش های دخیل در انتقال گروه های متیل نظیر ساخت لیگنین مهم است (فصل ۱۳).

آسیمیلاسیون فسفات

فسفات (HPO4 -2) وجود در محلول خاک به راحتی توسط انتقال دهنده همسوی H+ -HPO4 -2 توسط ریشه های گیاه جذب میشود (فصل ۶) و به ساختار انواعی از ترکیبات شامل فسفات های قندی فسفولییدها و نوکئوتیدها وارد میشود. نقطه اصلی ورود فسفات به مسیرهای آیسمیلاسیون در جریان شکل گیری ATP (که واحد انرژی سلول است) رخ میدهد. در کل واکنش مرتبط با این فرایند فسفات معدنی به دومین گروه فسفات در آدنوزین دی فسفات اضافه میشود تا یک پیوند استری فسفات شکل بگیرد.

انرژی لازم برای ساخت ATP در میتوکندری ها ازاکسیداسیون NADH به واسطه فسفر پلاسیون اکسیداتیو تامین میشود.(فصل ۱۱) ساخت ATP نیز به واسطه فسفرپلاسیون نوری وابسته به نور در کلروپلاست ها انجام میشود (فصل ۷ ) علاوه بر واکنش های مذکور در میتو کندری ها و کلروپلاست ها، واکنش هایی نظیر گلیکولیز که در سیتوسول رخ میدهند نیز سبب آسیمیلاسیون فسفات میشوند.

گلیکولیز سبب وارد شدن فسفات معدنی به ۱و۳ ـ بیس فسفوگلیسریک اسید میشود که در خود یک گروه آسیل فسفات پر انرژی را تولید میکند. این فسفات می تواند به یک ADP داده شود تا در یک واکنش فسفریلاسیون در سطح سوبسترات ،به ATP تبدیل شود (فصل ۱۱) به محض این که فسفات در ساختار ATP وارد شود ، گروه فسفاتی پر انرژی را تولید میکند . این فسفات میتواند به یک ADP داده میشود .

تا در یک واکنش فسفریلاسیون در سطح سوبسترات به ATP آآتبدیل شود گروه فسفاتی ممکن است ضمن انتقال به واسطه تعدادی از واکنش های متفاوت، موجب تشکیل انواع متنوعی از ترکیبات فسفریله شده شود که در سلول های گیاهان عالی یافت میشوند.

آسیمیلاسیون کاتیون ها

کاتیون های جذب شده توسط سلول های گیاهی کمپلکس هایی را ترکیبات آلی تشکیل میدهند که در این حالت ، اتصال کاتیون ها به ترکیبات آلی، به واسطه پیوند های غیر کووالانسی انجام میشود(برای جرئیات بیشتر در مورد پیوند های غیرکووالانسی به فصل ۲ مراجعه نمایید) گیاهان قادرند کاتیون های غذایی پر مصرف نظیر پتاسیم ،منیزیم، و کلسیم و کاتیون های غذایی کم مصرف نظیر مس ، آهن ، منگنر،کبالست، سدیم و روی را آسیمیله نمایند در این بخش،پیوند های کوئوردینایس و پیوند های الکترواستاتیک که آسیمیلاسیون تعدادی از کاتیون های غذایی موردنیاز گیاه را هدایت مینمایند مورد بحث واقع میشوند و نیز به آنچه که گیاهان برای جذب آهن توسط ریشه ها و متعاقب آن آسیمیلاسیون این عنصر در داخل گیاه نیاز دارند، اشاره خواهیم نمود.

کاتیون ها با ترکیبات کربنی، پیوند های غیر کووالانسی بر قرار میکنند

پیوند های غیر کووالانسی که بین کاتیون ها و ترکیبات کربنی شمل میگیرند شامل دو نوع پیوند های کوئوردینانس و پیوندهای الکترواستاتیک هستند. در جریان تشکیل یک ترکیب کوئوردنیانسی تعدادی از اتم های اکسیژن یا نیروژن ترکیب کربنی، الکترون های غیر مشترک خود را برای تشکیل یک پیوند با کاتیون معدنی در اختیار قرار میدهند.در نتیجه این کار ،باری مثبت روی کاتیون خنثی میشود.

پیوندهای کوئوردینانس معمولا بین کاتیون های چند ظرفیتی و مولکول های کربنی نظیر کمپلکس های بین من و اسید تار تاریک (شکل ۱۲-۱۶، الف) و مینزیونم و کلروفیل a(شکل ۱۲-۱۶، ب) شکل میگیرند ، عناصر غذایی به عنوان کمپلکس های کوئوردنیانسی آسیمیله میشوند.دربرگیرنده مس، روی، آهن ومنیزیوم میشوند. کلسیم نیز میتواند با اسید پلی گالا کتورونیک دیواره های سلولی، کمپلکس های کوئوردینانسی تشکیل دهد(شکل ۱۲-۱۶ ج).

پیوند های الکترواستاتیکی در نتیجه جذب کاتیون دارای بار مثبت توسط یک گروه دارای بار منفی نظیر کربوکسیلات (-COO – ) روی یک ترکیب کربن تشکیل میشود. بر خلاف شرایطی که در مورد پیوند کوئوردینانسی گفته شد ، در جریان شکل گیری پیوند الکتروستاتیکی ، کاتیون بار مثبت خود را حفظ میکند. کاتیون های تک ظرفیتی نظیر پتاسیم (K +) قدرند با گروه های کربوکسیلی بسیاری از اسیدهای آلی پیوند الکتروستاتیک تشکیل دهند.(شکل ۱۲-۱۷، الف) با این حال ، بیشتر پوتاسیمی که در سلول هال گیاهی تجمع داده میشود. و در تنظیم اسمزی و فعال سازی آنزیمی کار کرد دارد به شکل یون آزاد در سیتوسول و واکوئل های باقی مانده . یون های دوظرفیتی نظیر کلسیم با پکتات ها (شکل ۱۲-۱۷، ب) و گروه های کربوکسلی اسید پلی گالا کترونیک(فصل ۱۵) پیوند الکترواستاتیکی برقرار مینمایند .

در کل ، کاتیون های نظیر منیزیوم (Mg2+) و کلسیم (Ca2+) به واسطه شکل گیری همزمان کمپلکس های کوئوردینانس و پیوند های الکترواستاتیک با اسید های آمینه فسفولیپیدها وسایر مولکول های دارای با منفی ،آسیمیله میشوند.

ریشه ها ریشه سپهر را به نحوی تغییر می دهند که بتوانند آهن را جذب نمایند

آهن در پروتئین آهن ـ گوگرد (فصل ۷) و به عنوان یک کاتالیت در واکنش های آنزیمی اکسیداسیون و احیای(فصل ۵) نظیر آن دسته از واکنش هایی که در متابولیسم نیتروژن دخیلند و قبلا هم توضیح داده

شده اند، حایز اهمیت بسیار زیادی است. گیاهان آهن را از خاک میگیرند.آهن در خاک وهله اول در قالب آهن فزیک (Fe3+) در اکسیدهایی نظیر حضور دارد در PH خنثی ،آهن فزیک به شدت نام محلول است برای آنکه بیشه های بتوانند مقادیر کافی زا آهن را از محلول خاک جذب نمایند چندین ساروکار را در خود توسعه دادند که ضمن افزایش حلالیت آهن درسترسی به آن را افزایش میدهند (شکل ۱۲ـ۱۸) این ساز گارها عبارتند از :

اسیدی نمودن خاک که حلالیت آهن فزیک را افزایش میدهد

احیای فزیک به شکل آهن فرو(Fe2+) به حلالیت بیشتر

آزاد کردن ترکیباتی که کمپلکس های قابل انحلال و پانداری را با آهن تشکیل میدهند (مارشنر۱۹۹۵) از فصل چنج به یاد آورید که به چنین ترکیبات تولید کنندگان کلات های آهن گفته میشود(شکل ۲-۵)

شکل ۱۲-۱۷ مثال های از کمپلکس های الکترواستاتیک (یونی) .(الف) کاتیون تک ظرفیتی K+ و مالات راشکل می دهد(ب) کاتیون دوظرفیتی Ca2+ و پکتات را شکل میدهد کاتیون های دو ظرفیتی میتوانند بین ریشته های موازی واجد گروه های کربوکسیل دارای بار منفی ارتباطات عرضی انجاد نمایند. این نوع ارتباطات که به واسطه کلسیم ایجاد میشوند نقش ساختمانی در دیوارهای سلولی ایفا میکنند.

ریشته های معمولا خاک اطراف خود را اسید می کنند و ضمن خارج کردن پروتون ها در اخلال جذب و آسیمیلاسیون کاتیون ها و به ویژه آمونیوم ، اسید های آلی نظیر اسید مالیک و اسید اسیتریک را ازاد میکنند که خود دسترسی به آهن و فسفات را افزایش میدهند(شکل ۴-۵) کمبود آهن خروج پروتون ها توسط ریشه ها را تحریک میکند. علاوه براین ، غشای پلاسمایی ریشه ها و حاوی آنریمی به آهن کلات

رداکتاز است که آهن فزیک (Fe3+) را به آهن فرو(Fe2+) احیا میکند و در این جریان NADH یا NADPH به عنوان دهنده الکترون عمل میکند(شکل ۱۲ـ۱۸ الف) فعالیت این آنریم در شرایط فقدان آهن افزایش می یابد.

تعدادی از ترکیبات مترشحه از ریشته کلات های باثباتی با آهن تشکیل می دهند اسید مالیک ، اسید سیتریک ، فنولیک ها و اسید پیسیدیک از جمله مثال های قابل ذکر در این رمینه هستند .گندمیان (گراس ها) گروه خاصی از کلات های آهنی را به نام سیدروفورها تولید میکنند . سیدروفورها از اسیدهای آمینه ای نظیر اسید ماگینئیک تشکیل میشوند.که در پروتئین ها یافت نیشوند و کمپلکس های بسیار پایداری با Fe3+ تولید میکنند.سلول هال ریشه گندمیان در غشای پلاسمایی خود سیستم های انتقالی Fe3+ سیدروفور دارند که کلات را به داخل سیتوپلاسم وارد میکند در شرایط کمبود آهن ریشه های علف های چمنی سیدروفور را در خود افزایش میدهند(شکل ۱۸-۱۲ ب).

آهن با کربن و فسفات تشکیل کمپلکس میدهند

بعد از این که ریشه ها آهن یا کلات آهن را جذب نمانید ، آن را به شکل فریک اکسیده کرده و بیشتر آن،

را به عنوان کمپلکس الکتروستاتیک با سیترات با برگ ها انتقال می دهند.

به محض ورود آهن به درون برگ ها در یک واکنش آسیمیلاسیونی مهم دخالت دارد که طی آن، آهن به ساختار پیش ماده پورفیرین گروه های هم در سیتو کروم های واقع در کلروپلاست ها ومیتو کندری ها،وارد میشود (فصل ۷) این واکنش به وسیله آنریم فروکلاناز کاتالیز میشود(شکل ۱۹-۱۲)

(جونز ۱۹۸۳) بیشتر آهن موجود در گیاهان در گروه های هم یافت میشود. علاوه بر این پردتئین های آهن گوگرد زنجیره انتقال الکترون (فصل ۷) دارای آهن غیر هم هستند که به واسطه پیوند کروالانسی به اتم های گوگرد بقایای سیستئین در آپوپروتئین متصل شده اند همچنین آهن در مرکزFe2 S2 نیز یافت میشود که دارای دو آهن (که هر کدام با اتم های گوگرد بقایای سیستئین کمپلکس تشکیل می دهند) .و دو سولفید معدنی هستند.

آهن آزاد (یعنی آهنی که با ترکیبات کرین کمپلکس تشکیل نداده است) ممکن است در جهت تشکیل آنیون های سوپراکسیداز (O- 2 ) بر همکنش نشان دهد.این آنیون ها قادرند به واسطه بین بردن ترکیبات لیپیدی غیر اشباع به غشاها آسیب وارد کنند .ممکن است سلول های گیاهی با ذخیره آهن مازاد در یک کمپلکس آهن پروتئین که به آن فیتوفریتین گفته میشود.خسارات احتمالی را محدود نمایند(بین فیت و وان در مارک ۱۹۸۳) فیتوبریتین دارای یک قشر (پیوسته ) پروتئینی با ۲۴ زیرواحد مشخص است که یک کره تو خالی با وزن مولکولی حدود ۴۸۰ کیلو دالتون را تشکیل می دهند در درون این کره هسته ای مشتمل بر ۵۴۰۰ تا ۶۲۰۰ اتم آهن در قالب کن کمپلکس اکسید فسفات وجود دارد .

در مورید این که آهن چگونگی از فیتوفریتین آزاد میشود.نظر قاطعی وجود ندارد ، اما به نظر میرسد تجزیه قشر پروتئینی در این بخش دخالت دارد . مقداری آهن آزاد درسلول های گیاهی تنظیم کننده زیست ساختی فیتوفریتین است(لوبرکس و همکاران ۱۹۹۲) فیتوفریتین ها علاقمندان زیادی دارند چرا که احتمالا آهن در این شکل متصل به پروتئین به مقادیر بسیاری زیاد در اختیار انسان ها قرار دارند و غذاهای غنی از فیتوفریتین یظیر سویا ممکن است بیتواند مشکلات ناشی از کم خونی تغذیه ای (آنمی ) در انسان را بر طرف نمانید(ولچ و گراهامؤ.۲۰۰۴).

آسیمیلاسیون اکسیژن

تنفس فرایندی است که در آن در حدود ۹۰٪ از اکسیژن (02) آسیمیله شده در سلول های گیاهی را به خود اختصاص میدهند (فصل ۱۱) مسیر مهم دیگر که برای آیسمیلاسیون O2 به ترکیبات آلی وجود دارد با دخالت O2 ناشی از آب انجام میشود(واکنش ۱ در جدول ۱-۸ را ملاحظه کنید) بخش کوچکی از اکسیژن نیز می توانند به شکل مستقیم و طی فرانید تثبیت اکسیژن در ساختار ترکیبات آلی آسیمیله شود.در جریان تثبیت اکسیژن اکسیژن مالکولی به شکل مستقیم و طی واکیشی با دخالت آنزیم هایی به نام آنریم های اکسیژناز(رابیسکو) دخالت میکند به ساختار درکیبات آلی وارد میشود رابیسکو آنزیم

تثبیت O2 و CO2 است ( اوگرن، ۱۹۸۴) اولین فراورده باثباتی که از اکسیژن مولکولی حاصل میشود، ترکیب ۲ فسفوگلیسرات است.

در کل ، اکسیژناز ها بر اساس تعداد اتم های اکسیژنی که طی واکنش کاتالیز شده به ترکیب کربنی منتقل میشود، به دو دسته دی اکسیژنازها با منو اکسیژناز ها طبقه بندی میشود.در واکنش های دی اکسیژناز هر دو اتم اکسیژن در یک یا دو ترکیب شیمیایی وارد میشود.(شکل ۲۰-۱۲ الف وب) لیپو کسیژناز که اضافه شده دو اتم اکسیژن به اسیدهای چرپ غیر اشباع را کاتالیز میکند(۲۰-۱۲ الف) و پلی هیدروکیسلاز که پروتئین را به اسید آمینه هیدروکسی پرولین که عمومیت کمتری دارد تبدیل میکند(شکل ۲۰-۱۲) از مثال قابل های ذکر در مورد دی اکسیژنازها در سلول های گیاهان هستند.

هیدروکسی پرولین یک جره مهم از پروتئین های احاطه کننده دیوار سلول است(فصل ۵) ساخته شدن هیدروکسی پرولین از پرولین متفاوت از ساخته شدن سایر اسیدهای آمینه ای است که طی واکنش های بعد از وارد شدن پرولین به ساختمان پروتئین رخ میدهند و بنابراین واکنش از نوع واکنش تعدیلی پس از انتقال به شمار میرود.پرولین هیدروکسیلاز در شبکه آندوپلاسمی قرار دارد که نشان میدهد.اغلب پروتئین های حاوی هیدروکسی پرولین در مسیر ترشحی یافت می شوند. مونواکسیژنازها یکی از اتم های اکسیژن مولکولی را به یک ترکیب کربنی وارد می کند و اتم دیگر اکسیژن به آب تبدیل می شود. برخی اوقات به مونواکسیژنازها اکسیدازهای چندکارکردی نیزگفته می شود چرا که این قابلیت را دارند که به شکل همزمان واکنش اکسیژنی اکسیدازی(منظور از واکنش اکسیدازی واکنش احیای اکسیژن به آب است) را کاتالیز نمایند. واکنش مونواکسیژناز نیز بر اساس معادله زیر به یک سوبسترات احیا شده به عنوان دهنده الکترون نیاز دارد.

در این معادله ترکیب آبی و دهنده الکترون را نشان می دهند.

یکی از مونواکسیژنازهای مهم در گیاهان از خانواده های پروتئین های هم است که در مجموع به آن سیتو کروم