

BAB V

METABOLISME NITROGEN DAN SULFUR

A. PENDAHULUAN

Deskripsi Singkat

Bab ini akan menjelaskan tentang proses metabolisme Nitrogen dan Sulfur.

Relevansi

Pembahasan bab ini penting untuk dipahami. Nitrogen dan Sulfur merupakan mineral yang esensial bagi tumbuhan. Dalam materi ini mahasiswa akan mengetahui bagaimana proses metabolisme nitrogen dan sulfur.

Kompetensi Dasar

Mahasiswa dapat menjelaskan metabolisme nitrogen dan sulfur.

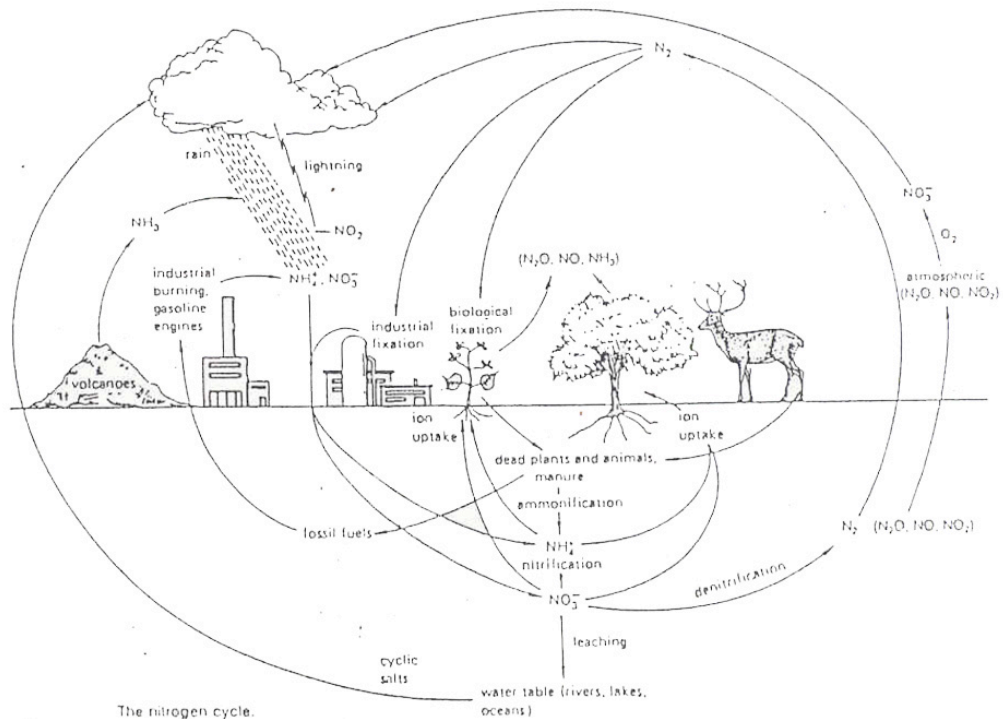
B. PENYAJIAN

5. METABOLISME NITROGEN DAN SULFUR

5.1 Metabolisme nitrogen

Nitrogen di alam berada dalam berbagai bentuk dan berada dalam keadaan dinamis mengikuti perubahan fisik dan kimia dalam suatu daur N. Meskipun nitrogen di udara mampu masuk keluar tubuh tumbuhan, tetapi tidak ada enzim yang mampu menangkapnya. Kebanyakan N yang masuk tubuh tumbuhan telah mengalami reduksi oleh mikroba prokaryotik atau dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ dalam air hujan, atau aktivitas gunung api dan pembakaran fosil.

Daur N yang menyangkut reaksi dinamis tertera di bawah ini.



Penambatan N dapat dilakukan secara non simbiotik atau simbiotik antara tumbuhan tingkat tinggi dan mikroba. Tumbuhan tingkat dapat menggunakan N yang telah tereduksi tersebut. Bagi tumbuhan lain yang tidak bersimbiosis, N diserap dalam bentuk NO_3^- atau NH_4^+ . Umumnya dalam bentuk NO_3^- karena NH_4^+ akan dioksidasi menjadi NO_3^- oleh bakteri nitrifikasi.

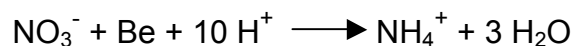
Tempat berlangsungnya asimilasi N

Beberapa jenis tumbuhan akarnya mampu mencukupi kebutuhan bahan organiknya dari NO_3^- , sedang tumbuhan lain tidak mampu dan tergantung pada penyediaan dari daun.

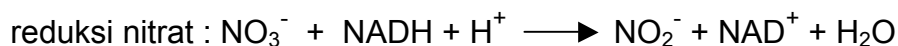
Dari analisis cairan xilem yang mengandung NO_3^- berarti akar tumbuhan itu tidak mampu mengasimilasi NO_3^- . Jenis tumbuhan yang akarnya mampu mengasimilasi N, dalam cairan xilem dijumpai banyak asam amino, amide dan ureide. Tidak dijumpai NH_4^+ dalam cairan xilem. Kalau dalam lingkungan perakaran terdapat NO_3^- dalam jumlah besar, cairan xilem akan mengandung NO_3^- juga.

Reduksi nitrat

Pada dasarnya reduksi nitrat mengikuti reaksi:



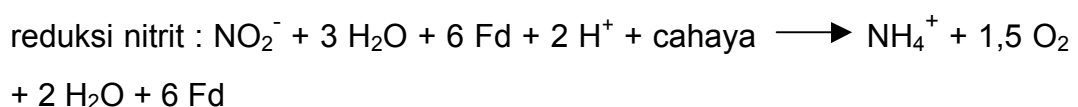
Reaksi ini terbagi atas 2 tahap dengan enzim yang berbeda, yaitu:



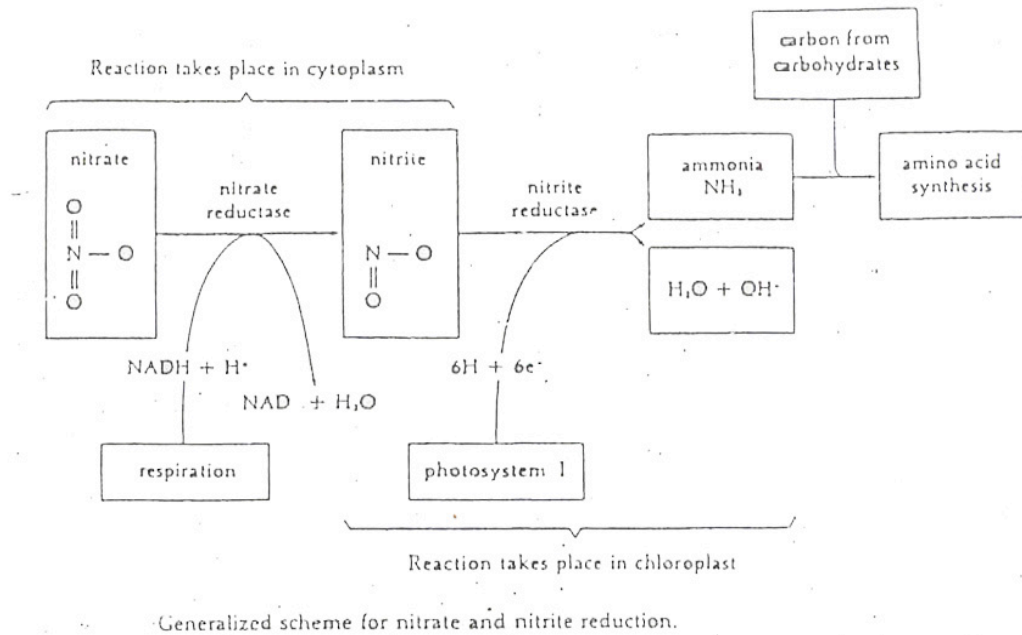
Reaksi ini berlangsung di plasma. Enzim yang berfungsi adalah nitrat reduktase yang berupa enzim molibdoflavoprotein. Nitrat reduktase (NR) merupakan pengatur kecepatan pembentukan protein pada tumbuhan yang menyerap NO_3^- . Aktivitas NR tergantung pada konsentrasinya, sedang konsentrasi NR itu ditentukan oleh sintesis dan penguraiannya. Kadar NO_3^- yang tinggi dalam sel memacu aktivitas NR.

Cahaya memacu aktivitas NR melalui beberapa cara, antara lain:

1. cahaya mengaktifkan fotosistem sehingga dihasilkan ATP untuk menggerakkan NO_3^- dari vakuola ke plasma.
2. cahaya mengaktifkan sistem fitokrom, yang berperan menaikkan kemampuan ribosom membuat protein (termasuk NR).
3. cahaya mengaktifkan protein yang bersifat inhibitor NR.
4. cahaya menaikkan penyediaan karbohidrat, sedang NADH yang diperlukan untuk reduksi berasal dari respirasi.

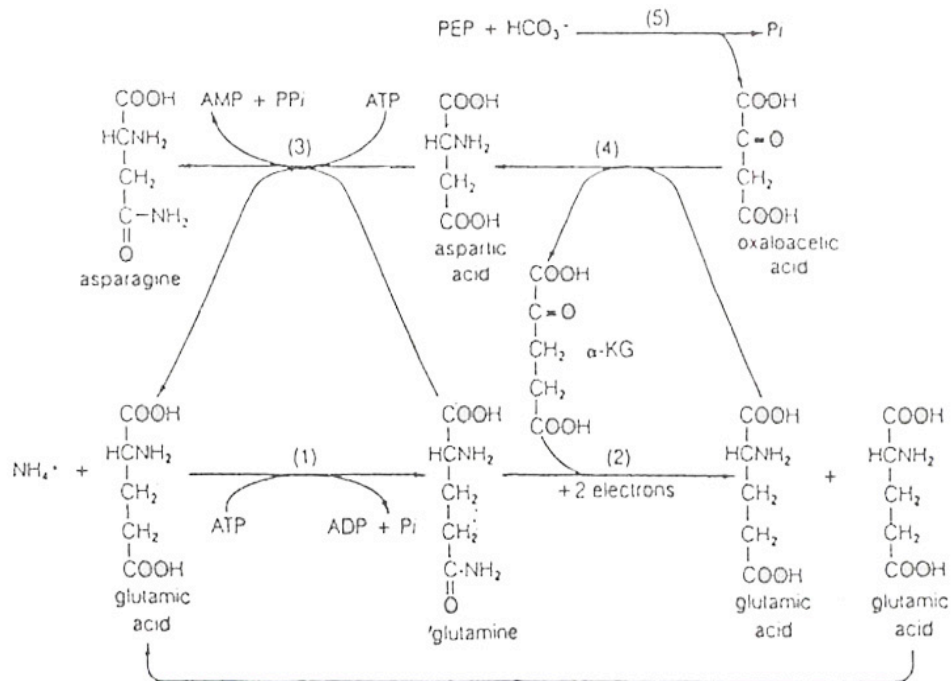


Reaksi ini berlangsung di kloroplas (pada daun) atau pada proplastida (pada akar), dengan enzim nitrit reductase. Sebagai pengganti Fd di akar belum diketahui.



Pengubahan NH_4^+ menjadi senyawa organik

NH_4^+ yang berasal dari penyerapan langsung, dari penyematan secara simbiotik atau dari reduksi nitrat tidak pernah dijumpai tertimbun dalam tubuh tumbuhan. Amonium ini bersifat racun bagi tumbuhan, mungkin menghambat pembentukan ATP di kloroplas maupun mitokondria. Amonium itu segera ditangkap oleh asam glutamat untuk menjadi glutamin dengan bantuan enzim glutamin sintetase. Dengan bantuan enzim glutamat sintesa glutamin direaksikan dengan asam α keto glutarat menjadi 2 molekul asam glutamat. Untuk reaksi ini juga diperlukan elektron yang berasal dari Fd (kloroplas) atau NADH/NADPH (proplastida) di sel yang non fotosintetik.



Selain membentuk glutamat, glutamin dapat memberikan gugus amidanya kepada asam aspartat untuk menjadi asparagin (enzimnya asparagin sintetase).

Glutamin dan asparagin menjadi senyawa organik N pertama yang terbentuk, selanjutnya gugus NH_2 dapat diberikan kepada α keto karbositat, membentuk asam amino. Proses ini dinamakan transaminasi. Dengan transaminasi berbagai macam asam amino dapat dibuat, tergantung kepada keto kabsilatnya.

Transformasi N

Asam amino yang terbentuk akan digabung membentuk peptida dan selanjutnya menjadi protein. Dalam biji protein disimpan dalam bentuk badan protein (butir aleuron), yang nanti pada perkecambahan dihidrolisis dengan enzim protease menjadi asam amino.

Setelah kecambah mampu hidup tanpa cadangan makanan, akan menyerap N anorganik dari lingkungan. Sintesis protein berlangsung kembali. Protein dalam sel daun terutama dalam kloroplas, kalau daun

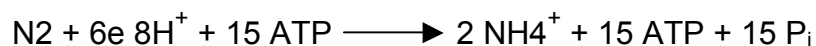
mulai gugur protein ini dipindahkan ke bagian muda atau biji. Translokasi itu dalam bentuk amide glutamin, asparagin dan asam amino glutamat dan aspartat.

Selain disintesis menjadi protein asam amino juga diubah menjadi asam nukleat. Perubahan komponen DNA dan RNA menjadi asam amino kembali sedikit diketahui jalurnya. Hanya diketahui bahwa DNA lebih stabil dan jumlahnya lebih sedikit dari pada RNA. RNA dipecah oleh ribonuklease menjadi purin dan pirimidin, tetapi untuk translokasinya dalam floem diubah lebih dulu menjadi asam amino sederhana atau amide.

Penambatan N

Pengubahan N_2 menjadi NH_4^+ tidak dapat dilakukan oleh tumbuhan tinggi, namun proses ini penting bagi tumbuhan tinggi. Proses ini menjadi sumber perolehan N dari lingkungan, baik secara langsung (pada simbiosis) atau melalui pengubahannya menjadi NO_3 lebih dahulu.

Reaksi penambatan itu adalah:

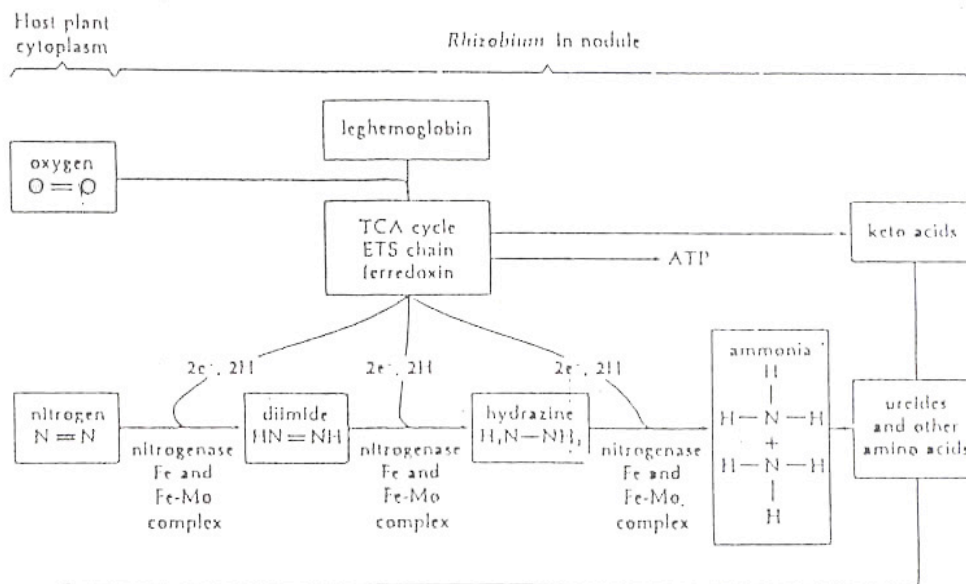


Terlihat di sini bahwa untuk berlangsungnya reaksi ini diperlukan sejumlah elektron dan energi dengan kompleks enzim disebut nitrogenase. Enzim ini terdiri dari dua bagian disebut komponen I (terdiri dari Fe-Mo protein) dan komponen II (terdiri dari Fe-protein). ATP diduga mengikat komponen II sehingga menjadi aktif.

Sumber ATP dan H^+ adalah respirasi karbohidrat (yang diperoleh dari daun pada simbiosis) berupa $NADH + H^+$ atau $NADPH + H^+$ NH_4^+ yang terbentuk dikeluarkan dari bakteroid dan diterima oleh sel tumbuhan inang diubah menjadi glutamin atau pada beberapa jenis tumbuhan menjadi alantoin dan asam alantoat. Sel-sel akar di luar bintil berfungsi sebagai sel transfer dan mengekskresikan asam amino atau amide itu ke xilem akar

untuk selanjutnya diangkut ke atas. Bagian akar yang tidak ikut dalam proses penambatan ini memperoleh N organik dari floem.

Semua faktor yang memacu fotosintesis memacu penambatan N. Pada waktu sore, translokasi karbohidrat ke akar banyak terjadi, penambatan lebih cepat. Pagi hari saat transpirasi cepat, akan mengurangi jumlah NH_4^+ dari akar, akan mempercepat penambatan. Pada proses simbiotik ini faktor genetik tumbuhan inang, serta tingkat pertumbuhannya juga menentukan, karena pada saat pengisian biji misalnya diperlukan N organik dalam jumlah besar.

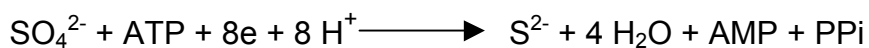


Major N_2 fixation reactions taking place in *Rhizobium* bacteroid as catalyzed by enzyme nitrogenase, an iron and molybdenum protein complex.

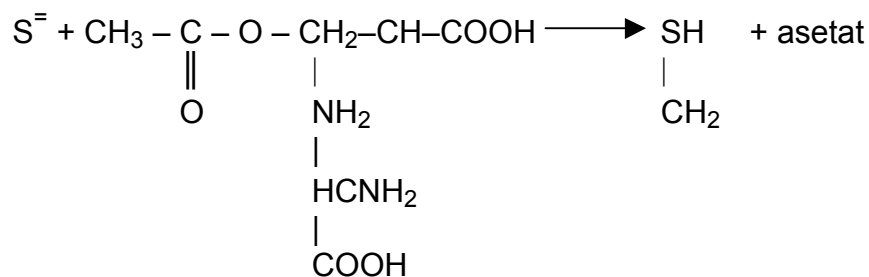
5.2 Metabolisme sulfur

Tumbuhan tingkat tinggi memperoleh sulfur terutama dari penyerapan SO_4^{2-} . Asimilasi sulfat dapat berlangsung di semua sel. Namun kebanyakan ditransport ke daun lebih dahulu baru setelah dimetabolisir dibagikan.

Pada dasarnya reaksi reduksi S berlangsung berikut:



Mula-mula sulfat diaktifkan dengan ATP menjadi adenosin-5'-phosphosulfat (APS) enzimnya ATP_sulfurylase. Dengan enzim APS-kinase direaksikan lagi dengan ATP menghasilkan 3'phosphoadenosin-5'-phosphosulfat (PAPS). Kedua sulfat aktif ini selanjutnya direduksi dengan bantuan enzim sulfat reduktase menjadi sulfida. Senyawa organik S yang pertama adalah sistein. Reaksi pembentukannya adalah sebagai berikut:



Selain sistein senyawa organik S lainnya terutama metionin. Selanjutnya asam amino ini bergabung dengan asam amino lainnya membentuk protein, sebagian membentuk CoA, atau S-adenosylmethionin yang diperlukan untuk pembentukan lignin, pektin antosianin, klorofil dan sebagai prekursor hormon etilen. Beberapa jenis tumbuhan membentuk minyak atsiri mengandung merkaptana (R-SH), sulfida (R-S-R) atau sulfoxida (R-S-O-R).

C. PENUTUP

a. Pertanyaan :

1. Uraikan peran mikroba dalam daur N.
2. Asam amino S merupakan asam amino esensial, mengapa?
3. Jelaskan mengapa S termasuk unsur hara makro.
4. Jelaskan tahap-tahap reduksi N dari N₂ menjadi uraida.
5. Uraikan reaksi: amonifikasi, nitrifikasi, denitrifikasi serta syarat-syarat berlangsungnya.

b. Umpan balik dan Tindak Lanjut

Anda dapat menguasai bagian ini bila melakukan hal-hal berikut :

- Membuat ringkasan materi dan berdiskusi dengan aktif pada pembelajaran yang dilaksanakan di kelas.
- Membuat portofolio yang berkaitan dengan metabolisme nitrogen dan sulfur.

Selanjutnya kerjakan latihan di atas dan cocokkan hasil jawaban anda dengan panduan kunci jawaban di bawah. Bila jawaban saudara mencapai tingkat penguasaan 80 % ke atas ; Bagus !. Anda dapat meneruskan dengan kegiatan belajar selanjutnya. Kalau tingkat penguasaan anda di bawah 80 % anda harus mengulangi kegiatan belajar 4 terutama pada bagian yang tidak anda kuasai.

c. Kunci Jawaban

Lihat uraian sebelumnya

D. DAFTAR PUSTAKA

- Salisbury, F.B. , dan C.W. Ross. 1995. **Plant Physiology**, 4th. Ed. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono. Jilid 2. p : 112 – 130. ITB Bandung.
- Santosa, 1990. **Fisiologi Tumbuhan**. p : 65 – 70. Yogyakarta : Fakultas Biologi - UGM.
- Sasmitamihardja, D., dan A.Siregar. 1996. **Fisiologi Tumbuhan**. p: 200-225. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdikbud. Jakarta
- Salisbury, F.B. , dan C.W. Ross. 1995. **Plant Physiology**, 4th. Ed. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono. Jilid 2. p : 86 – 106. ITB Bandung.
- Taiz, L and E.Zeiger. 2002. **Plant Physiology** , Third Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Masschusetss.

