

H.S.QASIMOVA, İ.T.BABAYEVA

**TƏBİƏTDƏ
MADDƏLƏR DÖVRANINDA
MİKROORQANİZMLƏRİN ROLU**
(dərs vəsaiti)

Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirinin 05.03.2009-cu il tarixli
262 sayılı əmri ilə təsdiq edilmişdir.

BAKI – 2009

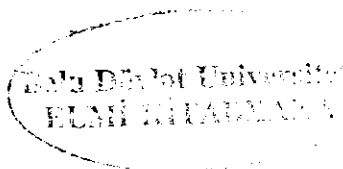
Bakı Dövlət Universitetinin 90 illiyinə həsr olunur

Elmi redaktor: b.e.d., prof. R.A.ABUŞEV

Rəyçilər: b.e.n., dos. F.R.ƏHMƏDOVA
b.e.n., dos. M.Ə.QASIMZADƏ

576.8
Q 25

Qasımova H.S., Babayeva İ.T. Təbiətdə maddələr dövranında mikroorqanizmlərin rolu. Bakı: «Bakı Universiteti» nəşriyyatı, 2009, 112 s.



Q 1905000000 - 17 - 2009
M - 658(07)

© «Bakı Universiteti» nəşriyyatı, 2009.

Ön söz

Bütün yaranmış canlı varlıqlar mikroskopik və makroskopik orqanizmlər tərkibində eyni orqanogen elementin C, N, O, H və onlara yaxın mineral elementlər, S, P, Fe və s. varlığı sayəsində yaranmış və formalaşmışdır. Van Kliver və K'van Nillə birlikdə bütün orqanizmlərin biokimyəvi eynilik nəzəriyyəsini irəli sürməklə bütün canlıların orqanogen elementlərin və onlara yaxın bəzi mineral elementlərin varlığı ilə yarandıqlarını göstərmişlər. Mikroorqanizmlər elementlər dövründə rolunun ayrıca tədris vəsaiti kimi verilməsi bakalavr və magistrlərin mikroorqanizmlərin təbiətində icra etdiyi mühüm rolunu ətraflı dərk etməyə səbəb olacaqdır.

Məlum mikrobiologiya dərsləklərində (1985, 1998) elementlər dövrünə aid qısa məlumat verilsə də, hazırdakı kitabda orqanogen elementlərin dövrü sxemi verilməklə eyni zamanda həmin mikroskopik orqanizmlərin biokimyəvi proseslərdə rolu, onların Yer kürəsinin örtüyünü, onun canlı təbiəti idarə etdiklərini, ən əhəmiyyətli isə insan təfəkküründə təbiətin sirrlərini bir daha açıqlamağa səy göstərilmişdir.

Giriş

Mikroorqanizmlərin təbiətdə maddələr dövranında iştirakı barədə məlumat XIX əsrin 70-80-ci illərdə daha da genişlənir.

1877-ci ildə Fransa kimyagərlərindən T.Şlezinq (1824-1919) və A.Myuns (1848-1917) nitritləşmənin mikrobioloji təbiətini açıqlandırmışlar.

1882-ci ildə P.Dekezen (1830-1902)denitritləşmə prosesinin mahiyyətini, sonra isə bitki qalıqlarının anaerob parçalanmasını tədqiq edir.

1867-ci ildə H.Helrikel (1831-1895) və H. Vilfart (1853-1904) tərəfindən M.S.Voroninin təsvir etdiyi kök yumruları bakteriyalarının azot fiksə etdiyi aydınlaşır. Beləliklə, XX əsrin 20-30-cu illərində təsviri mikrobiologiya artıq eksperimental elmə çevrilir və kimya, biologiya ilə sıx əlaqələndirilir. M.Beyerinqin laboratoriya müdiri biokimyəçi A.Klyuver (1888-1956) mikroorqanizmlərin kimyəvi fəallığının öyrənilməsinə qarşıya qoyur. O, Amerikalı K.Van Nil ilə birlikdə müxtəlif fizioloji qruplardan olan mikroorqanizmlərin müqayisəli biokimyəvi fəallığını öyrənməklə hazırda məlum biokimyəvi vahidliyi nəzəriyyəsinin əsası verilir.

A.Klyuver K.Van Nillə 1954-cü ildə «Mikrobların biologiyaya xidməti» adlı monoqrafiyada mikroorqanizmlərdə gədən energetik və konstruktiv proseslərin vahidliyi açıqlanır.

Artıq məlum olur ki, bütün yaranmış canlı varlıqlar-mikro və makroorqanizmlər eyni orqanogen və bəzi mineral elementlərin varlığı sayəsində yaranmış, inkişaf etmiş və müəyyən funksiya qazanmışlar. Orqanogen elementlərə C, N, O, H aid edilsə də lakin canlı varlıqların əmələ gəlməsində bəzi mineral elementlər - S, P, Fe və s. iştirak edir. Bütün bu elementlərin sayəsində canlı orqanizmlər meydana gəlmişdir. Demək, hər bir canlı öz varlığı ilə göstərilən bu elementlərdən törəmənin məhsuludur. Onlar inkişaflarının müəyyən mərhələsində mikroorqanizmlərin biokimyəvi fəa-

liyyəti nəticəsində müxtəlif proseslərə məruz qalıb və beləliklə yenidən elementlər - maddələr dövrünə daxil olur.

I MIKROORQANİZMLƏRİN BİOKİMYƏVİ FƏALİYYƏTİ

Təbiətdə kimyəvi maddələrin çevrilmələri, faydalı qazınların əmələ gəlməsi, dağ süxurları, mineralların parçalanması, elementlərin yer dəyişməsi və s. kimi bioloji proseslər bilavasitə mikroorqanizmlərin fəaliyyəti ilə gedən proseslər olub, L. Pasterin mikrobiologiyada əsasını qoyduğu fizioloji dövrün başlanması ilə S.N. Vinqradski, Beiyerinq, Van Nil, V.L. Omelyanski, V.İ. Vernadski və başqaları tərəfindən daha da inkişaf etdirilmişdir.

Müasir biosfera təliminin əsasını vermiş V.İ. Vernadski təbiətdə gedən elementlər dövründə mikroorqanizmlərin rolunu xüsusilə qeyd edir. O, göstərir ki, həyat, Yer üzərini əhatə edən materiyanın atomlarının çox hissəsini zəbt etmiş və onun təsiri ilə atomlar arasındakı kəsilmədən intensiv hərəkət olub, onlardan milyonlarla müxtəlif birləşmələr törəyir.

Mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyəti nəticəsində Yer üzərində bitki qalıqları, heyvan cəsədləri toplanıb qalmır, onlar sadəcə elementlərə parçalanıb suda həll olur və bitkilərin, bəzi heyvanların qidasına çevrilib bioloji dövrə daxil olur.

Məlumdur ki, təbiətdə elementlərin bioloji dövründən əlavə böyük geoloji dövrə də fəaliyyət göstərir. Bu isə fiziki-kimyəvi amillər, dağ süxurlarının ovulması prosesi, mineralların həll olub, dəniz və okeanlara daxil olması ilə baş verir.

Bu mineral elementləri su mikroorqanizmləri istifadə edir, tələf olduqdan sonra isə çöküntü süxurun tərkibində toplanaraq bioloji dövrədən xaric olur. Əgər bu proses arasıkəsilmədən getmiş olsa idi, onda Yer üzərində həyat ola

bilməzdi. Bu ona görə baş vermir ki, məlum bioloji vacibli elementlər torpaqda yaşıl bitkilər bir çox avtotrof mikroorqanizmlər və bəzi ibtidailər onları üzvi maddələrinin sintezi üçün istifadə edir. Lakin həmin orqanizmlər tələf olduqdan sonra isə mühitdə olan mikroorqanizmlər tərəfindən qalıqlar mineralaşaraq, mühit şəraitindən asılı, bioloji və ya geoloji dövrəyə daxil olurlar.

Bu proseslər öyrənilməklə Yer səthində gedən elementlər dövrəyə barədə elmi təsəvvürlər aydınlaşa bilər.

II MİKROORQANİZMLƏRİN MADDƏLƏR DÖVRANINDA ROLU

Mikroorqanizmlərin təbiətdə ən böyük fəaliyyəti onların Yer üzərində həyatı təmin edən elementlər dövrəsidir. Yer örtüyünün sakinləri olan insan, heyvan və bitkilər illərlə çoxaldıqları kimi tələf də olurlar. Belə halda onların qalıqları toplanıb qalmış olsaydı, o zaman həmin sahələrdə üzvi birləşmələrdən dağlar əmələ gəlməklə Yerin səthi tezliklə örtülərdi və həyat dayanardı. Lakin belə vəziyyətə heç təsadüf olunmamışdır. Çünki üzvi qalıqlar mikroorqanizmlərin biokimyəvi fəaliyyəti nəticəsində sistematik olaraq zülallar, karbohidratlar, yağlar və sadə birləşmələrə parçalanmaqla bitkilərin qidasına çevrilir və beləliklə, elementlər dövrəsinə cəlb olunur.

Torpaq mikroorqanizmləri, su bitkiləri karbonlu üzvi birləşmələri mineralaşdırmaqla yalnız təbiətdə CO₂ tarazlığının təmin olunması ilə deyil, eyni zamanda digər elementləri – azot, fosfor, kükürd və başqalarını da yenidən bioloji dövrəyə qaytarır.

Yaşıl bitkilər fotosintez prosesində CO₂ fiksə edib, onları nişasta və ona yaxın birləşmələrə çevirir ki, onlardan da müxtəlif canlılar əvəzsiz qida kimi istifadə edir və onların qalıqları da yenidən çevrilməyə məruz qalır. Məlumdur ki,

bütün bu proseslər mikroorqanizmlərin fermentativ fəaliyyəti nəticəsində baş verir və mürəkkəb üzvi maddələr parçalanır və ya yenisi sintez oluna bilər. Hətta atmosferin inert komponenti olan molekulyar azot da belə mikroorqanizmlərin köməyi ilə elementlər dövrəsinə cəlb oluna bilər.

Unutmaq olmaz ki, insanların təsərrüfat və sənaye fəaliyyəti də bioloji dövrəyə öz təsirini göstərir.

Beləliklə, məlum olur ki, canlı materiyanın tərkibindəki biogen və digər kimyəvi elementlərin hamısı (sintetik birləşmələrdən başqa) bioloji dövrdə iştirak edir və burada əsas rol mikroorqanizmlərə mənsubdur.

Elementlərin bioloji dövrədən əlavə təbiətdə böyük geoloji dövrəyə də fəaliyyət göstərir və bu işə fiziki-kimyəvi amillər, dağ süxurlarının ovulması prosesi, mineralların həll olub, dəniz və okeanlara daxil olması ilə baş verir. Həmin elementləri su mikroorqanizmləri istifadə edib, tələf olduqdan sonra çöküntü süxurların tərkibində toplanmaqla bioloji dövrdən geoloji dövrəyə keçmiş olur. Əgər belə bir proses davam etmiş olsaydı, onda Yer üzərində həyat ola bilməzdi. Lakin bu ona görə baş vermir ki, süxurlarda, torpaqda olan bioloji vacibli elementlər yaşıl bitkilər və bir çox avtotrof mikroorqanizmlər onlardan öz üzvi maddələrinin sintezi üçün istifadə edirlər.

Bitkilər və heyvanlar tələf olduqdan sonra onlar yenə də mikroorqanizmlər tərəfindən minerallaşdırılıb, şəraitdən asılı olaraq bioloji və ya geoloji dövrəyə daxil olurlar.

Təbiətdə elə bir element yoxdur ki, o, mikroorqanizmlərin təsirinə məruz qalmasın. Onların fəaliyyəti nəticəsində bəzi birləşmələr assimilyasiya olunur, oksidləşir, digərləri isə reduksiya cəlb olunur, çökür və müxtəlif kimyəvi birləşmələri həll edib onların kompleksini və əvvəlki kompleksdə olanları da sərbəstləşdirə bilər.

Mikroorqanizmlər torpaqda müxtəlif birləşmələrin mürəkkəb çevrilmə prosesində mühüm rol oynamaqla onun məhsuldarlığında da böyük əhəmiyyətə malikdir. Heç də tə-

sadüfi deyildir ki, torpaqşünaslığın klassiklərindən sayılan V.V. Dokuçayev, P.A. Kostıçev və V.R. Vilyams öz tədqiqatlarında mikroorqanizmlərə xüsusi diqqət vermişlər.

III AZOT DÖVRANI

Təbiətdə azot ehtiyatı tükənməzdir, yalnız atmosferin $\frac{4}{5}$ hissəsini, yəni 79 % -ni molekulyar azot təşkil edir. Azot da karbon elementi kimi biogen elementlərdəndir. O, Yer üzərində yaşayan bütün canlı orqanizmlərin tərkibinə daxildir, əsas mənbəyi atmosferin və torpağın mineral azotudur. Azotun atmosferdə çox olmasına baxmayaraq, torpaqda hədsiz azdır. İnert qaz olan azotdan bitkilər və heyvanlar istifadə edə bilmirlər.

Təbiətdə azot dövranı dörd mərhələdə gedir:

Birinci mərhələdə atmosfer azotu mikroorqanizmlər tərəfindən fiksə olunur və bu prosesdə əsasən, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Sianobakteriyalar*, *Rhizobium* və digər mikroorqanizmlər iştirak edir ki, onlarla da azot birləşmələr formasında torpağa daxil olur. Torpaqda belə azotu bitkilər mənimsəyir, onlardan da heyvanlar qida kimi istifadə edərək, onu heyvani zülalə çevirirlər.

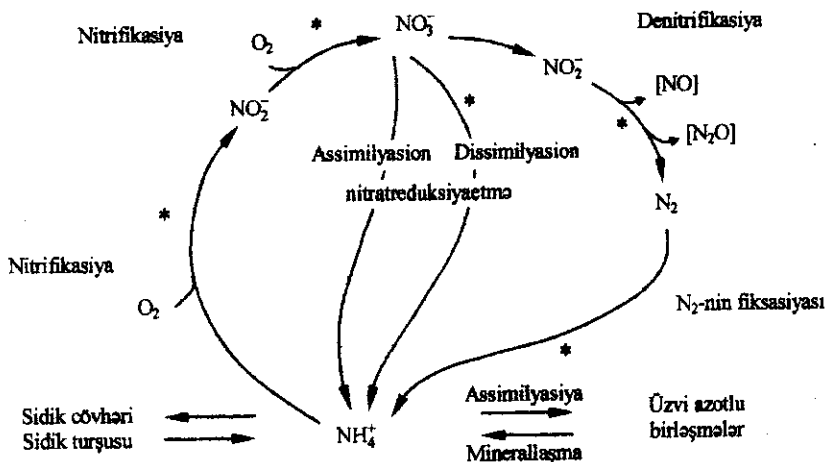
İkinci mərhələdə bitki və heyvani qalıqlar *Pseudomonas*, *Basillus*, *Clostridium* və b. iştirakı ilə ammonifikasiyaya uğrayıb ammonyak, amin turşularına çevirirlər.

Üçüncü mərhələdə nitrifikasiya prosesi gedir ki, burada ammonyak nitrit bakteriyalarından *Nitrosomonas*-ın iştirakı ilə nitritə, Nitrobacterlər isə nitriti nitrata – azot turşusuna kimi oksidləşdirir.

Dördüncü mərhələdə isə nitrat bakteriyaları (əsasən *Pseudomonas*) nitratı sərbəst azota kimi çevirir və bu da torpaqdan azot itkisinə səbəb olur. Bu denitrifikasiya adlanır.

Hesablamalar göstərir ki, əgər Yer üzünün bitkiləri hər il 20 milyon ton karbonu CO₂ formada qəbul edirlərsə, onda

həmin bitkilər tərəfindən mənimsənilə biləcək azot da 100 milyon tona kimi olmaqdır, lakin əkin zamanı torpağa cəmi 32 milyon ton azot verilə bilər və bu miqdar azot isə 30 sm-lik torpaq qatında ümumi azotun 3-5%-ni təşkil edir. Çatışmayan azot isə bioloji azotfiksasiya ilə təmin oluna bilər. Mikroorqanizmlərlə həyata keçirilən reaksiyalar sxemdə verilmişdir (şəkil 1).



Şəkil 1. Azot birləşmələri tsiklinin həlledici reaksiyaları. Yalnız mikroorqanizmlərlə həyata keçirilən reaksiyalar ulduzcuqlarla qeyd olunmuşdur.

Molekulyar azotun biokimyəvi fiksasiyası

Azotun bioloji fiksasiyasının təbiəti 1893-cü ildə S.V. Vinqradski, 1901-ci ildə M.V.Veyerinq *Azotobacter chroococcum* və *Clostridium pasteurianum*-u ayırmış *Azotobacter chroococcum*-un təmiz kulturasını əldə edib, ətraflı öyrənməyə başlamışlar. Sonrakı illərdə bu sahədə V.L. Omelyanski,

S.P.Kostiçev, M.V.Fedorov, Y.N.Mişustin və başqa tədqiqatçılar tədqiqatlarını davam etdirmişlər.

Məlumdur ki, sərbəst azotun bioloji fiksasiyasında hazırda 30 növ mikroorqanizmlər iştirak edir. Onlara *Azotobacter* və *Clostridium* cinslərindən əlavə müxtəlif bakteriyalar, göbələklər, göy-yaşıl yosunlar, bəzi vibrionlar, spirillər və b. daxildir. Ali bitkilərin bəzi növləri ilə simbioz həyat tərzini keçirən kök yumruları – *Rhizobium*, *Klebsiella* cinslərinə aid bakteriyalar və b. azotun fiksasiyasında iştirak edirlər. Beləliklə, bioloji azot fiksə edən mikroorqanizmləri iki qrupa – sərbəst yaşayanlara və bəzi ali bitkilərlə simbioz həyat tərzini keçirənlərə bölmək olar.

Atmosfer azotunu fiksə edən bakteriyalar

Təbiətdə azot ehtiyatı tükənməzdir. Yalnız bizi əhatə edən atmosferin 4/5 hissəsini (79%) molekulyar azot təşkil edir. Hesablamalar göstərir ki, hər hektar yer sahəsində 80 min ton molekulyar azot olan hava sütunu yüksəlir. Bu miqdar azot torpaqda olan azotdan 13000 dəfə çoxdur. Əgər bitkilər bu azotdan istifadə edə bilsəydi, o zaman bu miqdarda azot həmin sahənin bitkilərini milyon il müddətində azotla təmin edərdi. Bitkilər nə atmosferdə olan molekulyar azotdan, nə də torpaqda olan mürəkkəb azotlu birləşmələrdən olduğu kimi istifadə edə bilmir. Yalnız azot fiksə edən mikroorqanizmlər adi şəraitdə atmosfer azotundan istifadə edib onu üzvi azotlu birləşmələrə çevirir ki, bu prosesin də torpağın həyatında böyük əhəmiyyəti vardır. Belə bir mühüm proses müxtəlif qrup mikroorqanizmlərin həyat və fəaliyyətləri nəticəsində meydana gəlir.

1866-cı ildə M.S.Voronin kökyumruları bakteriyalarını kəşf etmiş, lakin atmosfer azotunun fiksə edilməsinin bioloji təbiətinin geniş öyrənilməsinə 1893-cü ildə S.N.Vinoqradski başlamış, V.L.Omelyanski, S.P.Kostiçev, M.V.Fedorov və

digərləri onun tədqiqini davam etdirmişlər. Aparılan işlərdən məlum olmuşdur ki, təbiətdə molekulyar azotu fiksə edən mikroorqanizmlər olduqca çoxdur. Bunlara bakteriyalar, aktinomisetlər, göy-yaşıl yosunlar və s. aiddir.

Atmosfer azotunu fiksə edən mikroorqanizmlər əsasən iki qrupa bölünür. Birinci qrupa - torpaqda sərbəst yaşayan aerob *Azotobacter*-lər və yağ turşusuna qıvcırma əmələ gətirən anaerob *Clostridium pasteurianum*, ikinciyə isə - paxlalılar fəsiləsinin bəzi növ bitkiləri ilə simbioz münasibətdə yaşayan və köklərində kök yumruları əmələ gətirən bakteriyalar aiddir. Bunlardan əlavə atmosfer azotunun fiksə edilməsində bir çox digər mikroorqanizmlər də iştirak edir.

Kök yumruları bakteriyaları

Simbioz azot fiksə edən kök yumruları bakteriyaları ali bitkilərin *Leguminosae* sırasına aid olub onun yalnız *Popilionaceae* fəsiləsinin bitki növlərində kökyumruları əmələ gətirmə qabiliyyətinə malikdir.

Bitkilərin əksəriyyəti öz qidalanmaları üçün azotlu maddələrə ehtiyac hiss etdikləri halda, onlar azotlu birləşmələr az olan torpaqda yaxşı inkişaf edib, nəinki həmin torpaqda olan azotlu maddələrin miqdarını azaldır, hətta torpağı daha da azotlu maddələrlə zənginləşdirir.

Əvvəllər belə iddia olunurdu ki, guya azotu həmin bitkilərin yarpaqları alıb, birləşmə halına keçirir. Sonralar isə bu bitkilərin azotu torpağın dərin qatlarından öz kökləri ilə alındığını söyləyirdilər. Hər iki fikir əsassız idi. Rus alimi M.S.Voroninin (1866) tədqiqatları ilə məlum oldu ki, paxlalı bitkilərin kökündə olan yumrularda çöpvarı bakteriyalar vardır və həmin bakteriyaların morfolojiyasını öyrənib onların köklərdə yumru əmələ gəlməyə səbəb olduqlarını qeyd edir. Sonralar bu bitkilərin havada olan azotu fiksə etməsi alman alimləri H.Helrigel və N.Vilfart (1886) tərəfindən

təcrübələrlə isbat olunur.

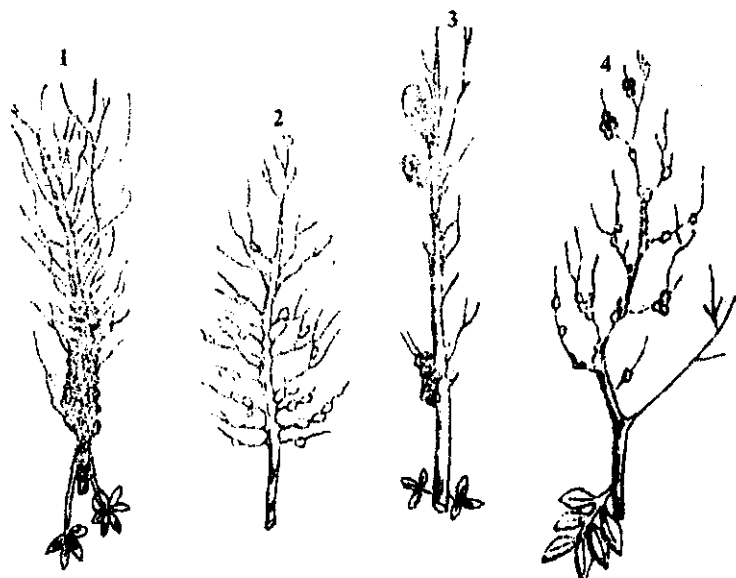
Bu bakteriyalar 1888-ci ildə isə M.Beyering tərəfindən təmiz kulturaya çıxarılıb ətraflı öyrənilmişdir. O, sübut etmişdir ki, kök yumrularında olan bakteriyalar molekulyar azotu təmiz kulturada deyil, yalnız bitki ilə simbioz münasibətdə fiksə edir. Noxudun kökündə olan bakteriyalar əvvəllər *Bact.radicicola*, hazırda isə *Rhizobium* (*rhizo* – kök, *bios* – həyat) cinsinə daxil edilib *Rhizobium radiclecola* adlandırılmışdır (şəkil 23).

Kök yumruları bakteriyaları qram-mənfi, hərəkətli, spor əmələ gətirməyən xırda çöplərdir ($1,2-3 \times 0,5-0,9$ mkm). Torpaqda kök yumrularının fəal, qeyri-fəal və bunların arasında keçid formalı ştammlarına təsadüf olunur. Fəal ştammlar əsasən çəhrayı rəngli yumrular əmələ gətirib, atmosfer azotunu da fəal fiksə edir. Həmin bakteriyalarda olan piqment, kimyəvi tərkibcə qanda olan hemoqlabinə yaxın olduğuna görə leqhemoqlabin (yəni, paxlalıların hemoqlabini) adlanır. Güman olunur ki, bu piqment azot fiksə olunma prosesində kalizətmə qabiliyyətinə malikdir.

Kök yumruları bakteriyalarının torpaqdakı qeyri-fəal ştammları bitkinin bütün kök sistemində çox xırda yaşıl rəngli yumrular əmələ gətirir ki, bunların azot fiksəetmələri nisbətən zəifdir.

Torpaqda fəal kök yumruları bakteriyaları az olduqda və ya heç olmadıqda həmin torpaqda əkilən paxlalı bitkinin özünə uyğun fəal *Rhizobium* cinsinin növü ayrılıb səpilən toxuma qarışdırılıb torpağa verilir və beləliklə, torpaq fəal ştammlarla süni yolla zənginləşir.

Kök yumruları bakteriyaları neytral mühitli (pH-6,5-7,5) gübrələnmiş bitki əkilən torpaqlarda, 24-26° temperatorda daha da çoxala bilir (şəkil 2).



Şəkil 2. Müxtəlif paxlalı bitkilərin kökündə olan yumrular: 1-acı paxla; 2- üçyarpaq yonca; 3-lobya; 4-çöl noxudu.

Kök yumruları bakteriyalarının aşağıdakı növləri torpaqda geniş yayılmışdır:

1) *Rhiz. trifolii* – üçyarpaq yonca bitkisinin kökündə yumrular əmələ gətirir. Hərəkətli çöplərdən ibarət olub, eni 0,6 mkm, uzunluğu isə 2-3 mkm-dir.

2) *Rhiz. janonicum* – soya bitkisinin kökündə yumrular əmələ gətirir. Hərəkətli çöplərdən ibarət olub, öndə olan bir qamçısı ilə hərəkət edir (eni 0,7 mkm, uzunluğu 2-5 mkm).

3) *Rhiz. phaseoli* –lobya bitkisinin köklərində yaşayır. Çöplərin (eni 0,6 mkm, uzunluğu 2-5 mkm) hərəkəti hüceyrənin nahiyəsindəki dəstə halında olan kirpiklərlədir.

4) *Rhiz. meliloti* –yonca və xəşənbül bitkilərinin kökündə yumrular əmələ gətirir, çöplər hərəkətlidir (eni 0,6-0,7 mkm, uzunluğu 1-2 mkm).

5) *Rhiz. simplex* – xaşa bitkisinin kökündə yaşayır, hərəkətli çöplərdir (eni 0,6-0,8 mkm, uzunluğu 1,5-3,5 mkm).

6) *Rhiz. leguminosarum* – noxud, çöl noxudu, lərgə və s. bitkilərin kökündə yumrular əmələ gətirən (0,7x2-5 mkm) çöplərdir.

7) *Rhiz. lupini* – acı paxla bitkisinin kökündə inkişaf edir, hərəkətli çöplərdir (0,6x5-7 mkm).

8) *Rhiz. ornithopi* – saradəl bitkisinin kökündə yaşayan hərəkətli çöplərdir (0,6x5-7 mkm).

9) *Rhiz. pschati* – iydə bitkisinin kökündə yaşayır, hüceyrələri hərəkətlidir (eni 0,4-1,2 uzunluğu 2,2-0,5 mkm).

Bu bakteriyaların torpaqda çoxalmaları 2 dövrdə gedir: hərəkətli çöpvarı və bakteriodlar dövrü. Həmin bakteriyalar əvvəllər torpaqda saprofit halda yaşayırlar. Bunlar paxlalı bitkilərin köklərinə əmici tellər vasitəsilə keçib infeksiyon sapları əmələ gətirir.

Belə güman olunur ki, kökün ifrazları bakteriyalara müsbət xemotaksis təsir edib, onları cəzb edir.

Məlum olmuşdur ki, kökün ifrazları içərisində digər birləşmələrlə yanaşı az miqdarda triptofan da var. Bu kök yumruları bakteriyaların təsiri ilə indolil üç sirkə turşusuna çevrilir. Bu maddə kökün əmici tellərində müəyyən dəyişkənlik, xüsusilə çətir dəstəyinə bənzər əyilmə verməklə kök yumruları bakteriyalarının əmici tellərin daxilinə keçməsinə asanlaşdırır.

Digər tərəfdən əmici tellərin qılaflı daxilində olan poliqlakturonaza fermenti ilə yumşalır, onun keçiricilik qabiliyyəti artır və bununla kök yumruları bakteriyalarının kökə asan keçməsi təmin olunur. Hər əmici teldə bir infeksiyon sap əmələ gəlir və bu da epidermis hüceyrələrinə doğru hərəkət edir (saatda 5-8 mkm sürəti ilə).

Bitki hüceyrələrinə keçmiş infeksiyon sapın üzəri sellülozdan ibarət qılafla örtülür. İnfeksiyon sap kökdə tetraploid hüceyrələrə rast gəlir və sapda olan bakteriyaların bir hissəsi həmin hüceyrələrin sitoplazmasına keçib orada çoxalır. İnfeksiyon sapın və bakteriyaların kök hüceyrələrinə daxil olması ilə nüvə, nüvə membranı, endoplazmatik şəbəkə və s.

əsaslı dəyişikliyə uğrayır, sitoplazmada ribosomların və mitoxondrilərin sayı çoxalır.

Yoluxmuş kök hüceyrələrinin sürətlə və qeyri-müəyyən bölünməsi nəticəsində kökdə yumrular əmələ gəlir.

Kök yumrularında azot fiksə olunduğuna görə burada olan azotun miqdarı bitkinin digər hissələrinə nisbətən çox yüksəkdir. Kök yumrularından azotlu maddələr amin turşuları şəklində xaric olunur.

Vaxtaşırı kök yumruları degenerasiyaya uğrayıb tələf olur. Yumrular dağıldıqdan sonra bakteriyalar yenidən torpağa düşüb, saprofit halda yaşayır.

Torpaqda azot çatışmamazlığından zəifləmiş paxlalı bitkilər həmin bakteriyalarla daha tez yoluxur. Buna görə də əvvəllər hətta bu bakteriyaların parazitliyi barədə fikirlər var idi. Sonralar məlum oldu ki, bitki köklərində daxil olmuş bakteriyalar paxlalı bitkilərlə simbioz münasibətdədir. Bitkilər bakteriyaları azotsuz üzvi maddələrlə (şəkərlərlə), su və mineral duzlarla, bakteriyalar isə bitkiləri atmosferdən fiksə edib üzvi azotlu birləşmələrə çevirdiyi maddələrlə təmin edir.

Bakteriyalar sərbəst atmosfer azotunu fiksə edib, onun bir hissəsi ilə özlərinin tələbatını ödəyir, digər hissəsini isə bitkilərin mənimsəyə bildikləri halda xaricə ifrazat şəklində verir. Odur ki, paxlalı bitkilərin torpağın azotlu maddələrlə zənginləşməsində böyük əhəmiyyəti vardır. Yığılan məhsullarla bir hektar torpaqdan hər il 0, 5 milyon ton azot azalır. Kök yumruları bakteriyaları isə bu azotun 0, 2 milyon tonunu atmosfer hesabına yenidən torpağa qaytara bilər. Hesablamalar göstərir ki, kök yumruları bakteriyalarının fəaliyyəti nəticəsində torpağın hər hektar əkin qatı 100 kq-a qədər üzvi azotlu maddələr ala bilər.

Torpaqda uzun müddət taxıl bitkiləri əkildikdə orada azotun miqdarı azalır və beləliklə torpaq məhsuldarlığını itirir. Həmin torpaqlara paxlalı bitkilər əkməklə (növbəli əkin) yenidən onların məhsuldarlığını yüksəltmək olur. Pax-

lali bitkilərdən əlavə 200-ə qədər digər bitki növləri də azot-fiksətmə qabiliyyətinə malikdir. Məsələn, saqoviklər, şamlar, ağcaqayın, qızılağac, çay tikanı və s. Bir çox tropik bitkilərdə (400-ə qədər növdə) belə yumrular yarpaqlarda əmələ gəlir. Bunlara yarpaq yumruları deyilir. Məsələn, *Pavetta* və *Psychotria* bitkilərində olduğu kimi. Bu yumrularda *Klebsiella* cinsinə aid bakteriyalar iştirak edir.

Kənd təsərrüfatında torpaqların məhsuldarlığını artırmaq üçün kök yumruları bakteriyalarından hazırlanmış bakterial gübrə-nitragindən geniş istifadə edirlər.

Azotobakterlər, Clostridium və digər mikroorqanizmlərin azot fiksə etməsi

1. *Azotobakter* cinsinin növlərinin azot fiksə etməsi.

Azotobakterlər torpaqda sərbəst yaşayır. Bunlar ilk dəfə 1901-ci ildə Hollandiya alimi M.V.Beyerinq tərəfindən bağça torpağından ayrılıb, təmiz kulturaya çıxarılmışdır. Azotobakterlərin torpaqda yayılmış növləri, bir-birindən morfoloji, kultural və fizioloji xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Bunların bütün növləri aerobdur. İnkişaflarının ilk dövründə iri yoğun çöpvari formada olub (2-7x1,0-2,5 mkm) hərəkətlidir. Hüceyrə yaşlaşdıqdan sonra hərəkətini itirib, üzərləri kapsula ilə əhatə olunur. Bunlar karbon və enerjini müxtəlif üzvi birləşmələrdən - şəkərlərdən, spirtlərdən, üzvi turşulardan alır. Azotsuz qidalı mühitlərdə yaxşı inkişaf edir. Bunların inkişafı üçün 28-30°C temperatur, oksigenli şərait, pH – 7,2-8,0 mühitdə kalsium, fosfor duzları, mikroelementlər və normal rütubət olmalıdır. Azotobakterlərin aşağıdakı növləri torpaqda yayılmışdır:

1) *Azotobacter chroococcum* – dairəvi və ya azca oval şəkilli iki hüceyrənin birləşməsindən ibarət olub, hüceyrələrinin üzəri xüsusi selikli kapsula ilə örtülmüşdür. Bir sutkalıq çöp formalı olub (eni 1,5-2,5 mkm, uzunluğu isə 3-7

mkm), peritrixal kirpiklərlə hərəkət edir. Bu bakteriyalar qatı qidalı mühit üzərində nisbətən hündür koloniyalar əmələ gətirir. Koloniya bir qədər qaldıqdan sonra qonur rəngli piqmentlə boyanır, lakin piqment qidalı mühitə keçmir (qidalı mühiti boyamır). Bu növ 1 q istifadə olunan şəkərə görə 15 mq azot fiksə edir (şəkil 3).

2) *Azot. agile* – birinciyə nisbətən daha hərəkətli və iri hüceyrələri olur (3-5 mkm və ya daha böyük). Bu növ piqment əmələ gətirmir, lakin yaşıla çalan fluoressensiya verir və 1 q sərf olunan şəkərə görə 10-15 mq azot fiksə edir.

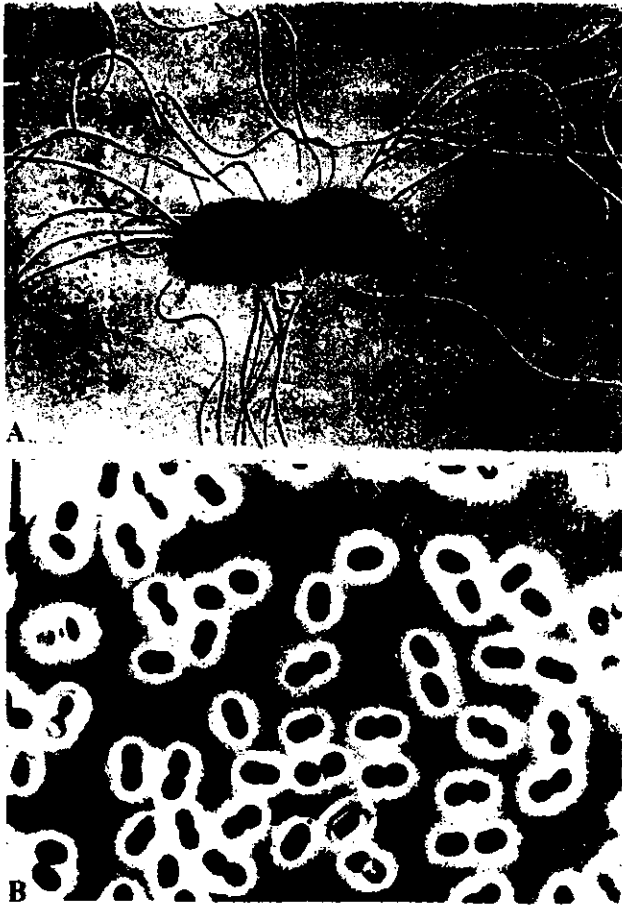
3) *Azot. vinelandii* – cavan kulturada hüceyrələri çöpəbənzər (0,8x2-3 mkm) olub, peritrixal kirpiklərlə çox hərəkətli olurlar. Qatı qidalı mühidə rəngsiz, şəffaf, selikli koloniya əmələ gətirir. Göy-yaşıl fluoressensiyaedici piqment ifraz edir ki, bu qidalı mühiti boyaya bilir və 1 q şəkərə 10 mq azot fiksə edir.

4) *Azot. nigricans* – bunun hüceyrələri cavan kulturada çöpvarı formaya malik olub, (1,5-2,0x2-3 mkm), köhnəldikdə dairəvi forma alır. Hüceyrələr tay şəklində toplanıb üzəri selikli kapsula ilə örtülüdür. Koloniya tünd qara rəngdə olur və bu rəng qidalı mühitə keçib, onu boyayır. Bunun azot fiksə etməsi digərlərinə nisbətən azdır (2-3 mq).

5) *Azot. golophilium* – hüceyrələri əvvəlcə çöpvarı, sonradan dairəvi kapsul ilə əhatə olunmuş və tayvari şəkildə toplanmışdır. Koloniyası selikli yapışqanvari olub, qonur və ya qara rəngə boyanır. 1q sərf olunan şəkərə 3 mq azot fiksə edir. Bu növə əsasən duzlu torpaqlarda rast gəlmək olur.

6) *Azot. indicum* – Hindistanın düyü əkini sahəsinin torpağından ayrılmışdır (pH-4, 9), hüceyrələri oval və ya uzunsov formada olub, ölçüsü 0,5-1,2x1,7-2,7 mkm-dir, hərəkətlidir.

Bakı Dövlət Universiteti
ELMİ KİTABXANA



Şəkil 3. *Azotobacter chroococcum*: A) çöpvarı hüceyrə qamçıqlarla; B) selikli kapsula ilə əhatə olunmuş kokkvarı hüceyrələr

Digərlərindən fərqli olaraq hüceyrə daxilində yağ damlası vardır. Əsasən turş mühitdə inkişaf edir, azot fikşə etməsi nisbətən yüksəkdir (1qr sərf olunan şəkərə görə 13 mq).

Azotobakterlər torpaqda, göllərdə, neytral və az qələvi mühitdə geniş yayılmışdır.

Bitkilərin rizosferasında yaşayan azotobakterlər öz növlərinə görə müxtəlifdir. Bunların 75%-ni *Az. vinelandii* və 25%-ni isə *Az. chroococcum* təşkil edir. Bitkilərin rezosferasında təsadüf edilməyən növlərdən *Az. agile* və *Azot. indicum* göstərmək olar (Petrenko, 1953). Torpağın məhsuldarlığını artırmaq üçün azotobakterlərdən *azotobakterin* adlı bakterial gübrə hazırlanıb toxumla birlikdə verilir. Bu xüsusilə qələvi və neytral torpaqlarda daha səmərəli təsir göstərərək, məhsuldarlığını artırır.

2. *Clostridium pasteurianum*-un azot fiksə etməsi

Torpaqda sərbəst yaşayan və atmosfer azotunu fiksə edən növlərdən biri də 1895-ci ildə S.N.Vinoqradski tərəfindən təmiz kulturaya çıxarılıb, öyrənilmiş *Clostridium pasteurianum*-dur. Bu çöpvarı formaya malik olub hüceyrələrinin uzunluğu $2,5-7,5 \times 7-1$ mkm-dir. Bu bakteriya qram-müsbət obliqat anaerobdur.

Clostridium pasteurianum spor əmələ gətirən mikroorqanizmlərdəndir, hüceyrələr vegetativ inkişaf dövründə çöp formasında, hərəkətli, spor əmələ gətirdikdə isə yarım ay şəklində olur. Yetişmiş spor xüsusi kapsula ilə əhatə olunur. Sporları hüceyrənin mərkəzində yerləşib, ona oval və uzunsov forma verir. Bunların inkişafı üçün pH diapazonu nisbətən genişdir. Lakin mühit pH-5,5-8,0 olduqda 25°C temperaturda yaxşı inkişaf edir. Azotobakterlər kimi müxtəlif karbon mənbələrindən istifadə edirlər. Azotsuz qidalı mühitdə atmosfer azotunu fiksə edir. Torpaqda geniş yayılmışdır. Oksigendən özünü qorumaq üçün *Clostridium pasteurianum* inkişaf etdiyi mühitdə saprofit bakteriyalarla birlikdə yaşayır. Saprofit bakteriyalar mühitdə olan oksigeni udur, azotu isə həmin bakteriyalara verir. Beləliklə, *Clostridium pasteurianum* -un sporlarının inkişafı üçün şərait yaradır ki, bunlar

da inkişaf edərək molekulyar azotu mənimsəyib, onun bir hissəsini qidalı mühitə verir və bununla da saprofit bakteriyalarının yaşamasını təmin edir. *Clostridium pasteurianum*-la birlikdə yaşayan mikroorqanizmlərdən *Esch. coli*, *Chromobacter prodigiosum*, *Pseudom. fluorescens*, *Bac. megaterium* və s. göstərmək olar. *Clostridium pasteurianum* molekulyar azotu fiksə etdikdə enerji mənbəyi kimi oksidləşdirici reaksiyalardan deyil, yağ turşusuna qıvcırmadan istifadə edir. Bu proses azotlu maddə az olan mühitdə daha intensiv gedir. Bakteriyalar mənimsənilən şəkərin hər qramına görə 1-3 mq azot fiksə edir. Lakin bu bakteriyaların fizioloji tələbatına uyğun qidalı mühitlər seçməklə azot fiksə etməni yüksəltmək olur (1q sərf olunan şəkərə 10-12 mq-a qədər).

Azotobakterlər inkişaf edə bilməyən, xüsusilə, turş reaksiyalı torpaqlarda atmosfer azotunun fiksə edilməsi, bu bakteriyaların həyat fəaliyyəti ilə əlaqədar gedir. Onlara torpaqdan başqa suda, bataqlıqlarda və bitki qalıqları üzərində rast gəlmək olur. *Clostridium* cinsinin digər növlərində də (*Clost. butyricum*, *Clost. pectinovorum* və s.) azot fiksə etmə qabiliyyəti vardır.

3. Digər qrup mikroorqanizmlərin atmosfer azotunu fiksə etməsi

Son zamanlarda azotun fiksə edilməsində göstərilən mikroorqanizmlərdən əlavə digər bir sıra bakteriya və şüahlı göbələklərin də iştirak etdiyi məlum olmuşdur. Bunlardan *Azotobacter* cinsinə yaxın olan *Beijerinckia* cinsinin bir çox növləri turş cənub torpaqlarında atmosfer azotunu fiksə edirlər. *Azotomonas* cinsinin *Az. insolita*, *Az. fluorescens* növləri 1 q sərf olunan şəkərə görə 0,5-1,0 mq azot fiksə edir. Torpaqda olan sporlu bakteriyalardan *Bac. asterosporus*, *Bac. radiobacter*, *Bac. hidrogenes* və s. 1 q şəkərə 1-2 mq azot toplayır.

M.M.Fyodorov və T.A. Kalininskayanın tədqiqatları

göstərmişdir ki, atmosfer azotunun fiksə edilməsində torpaqda olan *Mycobacterium* cinsli mikroorqanizmlər də mühüm rol oynayır. Bunlardan *M. flavum*, *M. roseo-album*, *M. azobsortum* və başqalarını göstərmək olar ki, bunlar mənim sənətilən şəkərin hər qramına 1-2 mq və bəzən daha artıq miqdarda azot fiksə edirlər.

Torpaqda olan mikroskopik yosunların da azot fiksə etməkdə böyük rolu vardır.

Tədqiqatlar göstərir ki, göy-yaşıl yosunlar arasında çoxlu miqdarda azot fiksə edən növlər məlumdur. Əsasən heterosistaya malik olan *Hormogoniophyceae* sinfinin *Mactigocladales*, *Stigonemales* və *Nostocales* sıralarının növləri hesabına bir çox torpaqlardan ildə 3 kq-dan 26 kq/ha-ya qədər atmosfer hesabına azotlu maddələr alınır. Xüsusilə, göy-yaşıl yosunlardan *Nostoc*, *Cylindrosporum*, *Anabaena* və başqaları bu prosesdə fəal iştirak edir. Hindistanda, Yaponiyada, Çində əkin sahələri göy-yaşıl yosunlar atmosfer azotu hesabına azotlu maddələrlə zənginləşdirilir.

Beləliklə, məlum olur ki, torpaqda həmişə müəyyən miqdarda üzvi azotlu birləşmələrin olmasının, yəni azot balansının dəyişilməsinin əsil səbəbi orada olan müxtəlif azot fiksə edən mikroorqanizmlərdir ki, bunlar daima atmosfer azotu hesabına torpağı azotlu birləşmələrlə zənginləşdirir.

Azot fiksə etmənin kənd təsərrüfatında əhəmiyyəti çox böyükdür. D.N.Pryanişnikov göstərir ki, torpağın əkin qatı azotfiksədən bakteriyalar hesabına üç yarpaq yonca hər il orta hesabla 150-160 kq/ha, yonca 300 kq/ha, acı paxla 160 kq/ha azot toplayır. Y.N.Mişutinın hesablamasına görə paxlalı bitkilər hər il 3,5 mln. ton və sərbəst azot fiksədən bakteriyalar isə təxminən 1,5 mln. ton azot fiksə edir. Bu qədər azotu heç bir kimya sənayesi istehsal edə bilməz, yalnız orta hesabla 0,8 mln. ton (keçmiş SSRİ-də) azot gübrəsi istehsal edilmişdir. Deməli, azotfiksəedicilə mikroorqanizmlər torpağın azot balansında mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Azotun fiksə olunma mexanizmi haqqında

Atmosfer azotunu fiksə edən bakteriyaların kəşf edilməsi ilə yanaşı onların fiksə etmə mexanizmi barədə də bir çox nəzəriyyələr irəli sürülmüşdür.

Məlumdur ki, azot molekulu çox inert olduğuna görə litium metalından başqa (Li_3N) digər elementlərlə aşağı temperatur və az atmosfer təzyiqində reaksiyaya uğramır. Molekulyar azotdan Qaber-Boş üsulu ilə ammonyak almaq üçün $400\text{-}500^\circ\text{C}$ temperatur və $200\text{-}1000$ atm. təzyiqi olmalıdır. Lakin azot fiksə edən mikroorqanizmlər bu prosesi adi şəraitdə aparırlar. Ona görə də bu məsələ bir çox tədqiqatçıların nəzər diqqətini cəlb etmişdir.

İlk dəfə sərbəst azotun fiksə olunma mexanizmi barədə 1894-cü ildə S.N.Vinoqradski nəzəriyyə irəli sürmüşdür. O, azot fiksə etməkdə nitrogenaza fermentinin iştirak etdiyini və azotun fiksə olunmasının ilk məhsulunun ammonyak olduğunu göstərmişdir. Bu nəzəriyyə S.P.Kostıçev (1926) tərəfindən müdafiə olunur və o göstərir ki, azotun fiksə edilməsi reduksiyaedici proses olub, hüceyrədən xaricdə gedir.

M.Beyerinqin (1901) fikrincə azotobakterlər molekulyar azotu nitrat turşusuna çevirmə yolu ilə fiksə edir.

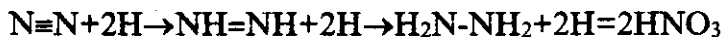
1909-cu ildə Lev və Azo hidrolitik nəzəriyyə irəli sürmüşlər. Bu nəzəriyyəyə görə sərbəst atmosfer azotunun fiksə edilməsi aşağıdakı sxem üzrə gedir:



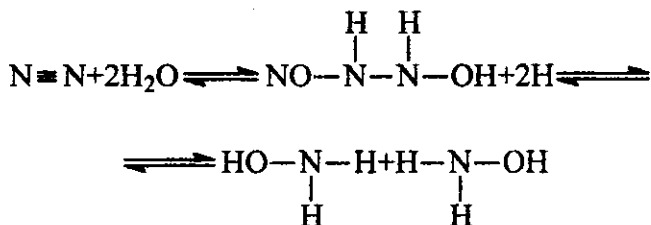
Bu nəzəriyyə də əsassızdır, çünki bu yolla gedən reaksiyada çoxlu miqdarda temperatur və olduqca yüksək atmosfer təzyiqi tələb olunur. Halbuki azotobakter hüceyrələrində azot fiksə etmə prosesində belə şərait yoxdur. Ona görə də hidrolitik nəzəriyyə yalnız tarixi əhəmiyyətə malikdir.

1992-ci ildə Biland yeni nəzəriyyə irəli sürmüşdür və azot fiksə etmə mexanizminin ilk məhsulunun $\text{NH}=\text{NH}$

(diimid) olduğunu, sonradan diimiddən hidrazin, ondan da ammoniyak əmələ gəldiyini göstərmişdir. Bu proses aşağıdakı sxem üzrə təsvir olunur:



1931-ci ildə Y. Blom göstərmişdir ki, azot ilk dəfə hidroliz olunaraq sonra dioksidhidrazini əmələ gətirir. Dioksidhidrazindən hidrosilamin törənir və proses aşağıdakı sxem üzrə gedir:



Əmələ gələn hidrosilamin aktiv birləşmə olub, asanlıqla ammoniyakla oksidləşərək bir çox birləşmələr (N_2O , NO_2 , NO_3) əmələ gətirə bilər. Mürəkkəb üzvi birləşmələrlə hidrosilamin birləşərək amin turşularını verir.

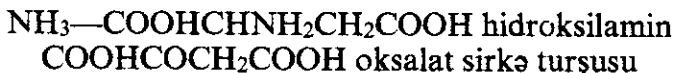
Azot fiksətməni tədqiq edən Amerika alimləri P. Vilson və R. Barris 1947-ci ildə azotobakterləri yalnız şəkərli mühitdə becərmiş və ona görə də kulturada azotlu ifrazat müşahidə etməmişlər. Azotobakterə N_2^{15} və ya $\text{N}_2^{15}\text{H}_3$ izotopu verdikdə onlar dolayı yolla bu nəticəyə gəlmişlər ki, azot fiksətmənin ilk məhsulu diimid və hidrazindir.

Nişanlanmış azotun köməyi ilə müəyyən olunmuşdur ki, azot hüceyrəyə daxil olan kimi əvvəlcə qlutamin turşusunda, sonra isə asparagin turşusunda müşahidə olunur. Həmin bu formada da ammoniyak bitki və mikroorqanizmlər tərəfindən mənimsənilir, yəni əvvəlcə ketoqlütür turşuları aminləşərək qlütamin turşusunu əmələ gətirir, sonra isə aminləşmə digər amin turşularında gedir.

Clostridium pasteurianum və kök yumruları bakteriyalarında ammoniyak müşahidə olunur. Lakin fin alimi Virtanenin fikrincə kök yumruları bakteriyalarında azot fiksəetmənin ilk məhsulu asparagin turşusudur. N₂-nin NH₃-ə keçməsi arasında çoxlu aralıq məhsulları var ki, onlardan da biri hidroksilamindir. Proses aşağıdakı sxem üzrə gedir:



və ya



M.V.Fyodorov (1952) azotfiksəetmənin mexanizmini azotobakterlərdə izah edərkən oksidləşmə-reduksiya nəzəriyyəsini irəli sürmüşdür. O, qeyd etmişdir ki, azotobakterlərin protoplazmasında olan ferment nitrogenoksidaza azot mənimsəmənin birinci dövründə oksidləşdirici rolunu oynayır. Bu ferment iki komponentli quruluşa malikdir, birincisi – zülal, ikincisi isə fəal karboksilamin və iki karbonil qrupundan ibarətdir. Sərbəst azotun fiksə edilməsində ancaq fəal iki karbonil qrupu iştirak edir.

Deməli, karbonil qrupunun köməyi ilə azot hidrazin törəmələri (R-NH₂=NH₂) kimi fiksə edilir. Sonradan hidrazin törəmələri fəal hidrogenlə birləşib amin turşularına çevrilir və həmin amin turşularından da azotobakterlərin protoplazma zülalı əmələ gəlir. Hələlik bu nəzəriyyənin də dəqiqliyini sübut edən dəlillər yoxdur.

1964-cü ildə V.L.Kretoviç tərəfindən azot fiksəetmə məhsullarından olan hidroksilaminin ketoturşularla birləşib amin turşularını və ketoturşuların ammoniyakla birləşərək amin turşularını əmələ gətirdiyi qeyd olunmuşdur.

Hava azotunu fəallaşdıran ferment barədə hələlik çox az məlumat vardır. Məlumdur ki, azot fiksəedən bakteriyalar digər mikroorqanizmlərdən fərqli olaraq molibdenə böyük ehtiyac hiss edir. Burada məlum olur ki, azot fiksəedən fermentin tərkibində həmin element vardır. Son za-

manlarda Kanadanın Toronto Universitetinin kimyaçıları (1968) azot fiksətmədə rutenium elementinin də böyük rol oynadığını göstərirlər.

Son illərin tədqiqatçıları göstərir ki, molekulyar azotun fiksə edilməsi prosesinin ilk məhsulu həqiqətən ammonyakdır ki, bu da bərpa yolu ilə əmələ gəlir. Prosesdə molekulyar azotun fəallaşması isə kompleks nitrogenaz fermentlərlədir. Bu ferment iki zülal və ya iki ferment komponentindən ibarət olub, birində molibden və 30 atoma qədər dəmir, ikincisində isə yalnız dəmir vardır. Tərkibində molibden və dəmir olan molibdofer redoksin azot molekulunu birləşdirir və tərkibində dəmir olan azoferredoksin çox güman ki, ATF-ə birləşir. Burada azotfiksətmə sisteminin vacib komponenti elektron donoru ferrodoksin və flavindoksin, enerji mənbəyi isə ATF-dir.

Azot fiksəedici mikroorqanizmlərin ATF-ə tələbatı olduqca böyükdür, çünki bir molekul N_2 -ni bərpa etmək üçün 6 elektron 12 ATF molekulunu tələb olunur. Bu reaksiya belə təsəvvür olunur:



Əmələ gəlmiş ammonyak bakteriyaların ketoturşularına təsir edib, onları amin turşularına çevirir.

Bitkilərdə simbioz münasibətdə azot fiksə olunduqda bitkilərlə kök yumrusu bakteriyaları vahid bir sistem kimi işləyir və azot fiksə prosesi bakteriodlarda gedir.

Qeyd etmək lazımdır ki, ali bitkilər molekulyar azotu aktivləşdirmək və fiksə etmək üçün enerji materialı verir, bitkilərin özü isə ammonyakla ketoturşuların birləşməsindən əmələ gələn amin turşularından istifadə edir.

Daşıyıcı elektron vəzifəsini kök yumrularında olan leq-hemoqlabin icra edir. Bu simbiotik sistemdə bir tərəfdən ATF-in əmələ gəlməsi üçün lazım olan oksigeni tənzim edir, digər tərəfdən isə nitrogenaza üçün toksiklik xüsusiyyətinə

malikdir.

Məlumdur ki, bütün azot fiksədən bakteriyalarda hidrogenaza fermenti vardır və bu da molekulyar hidrogeni maddələr mübadiləsinə cəlb edir. Həmin ferment də müəyyən yolla azot fiksətmə fermenti ilə əlaqədardır. V.A.Yakovlev və L.A.Levçenko (1964) göstərirlər ki, azot fiksətmə fermenti hüceyrə daxilində mitoxondrini xatırladan lövhəvari quruluşda tənəffüs fermenti ilə birlikdə olur. Güman olunur ki, azotun fiksə edilməsi tənəffüs prosesi ilə sıx əlaqədardır. Tənəffüs prosesində hidrogen O_2 -nə, azot fiksətmədə isə hidrogen N_2 -yə verilir. Lakin ikincidə əlavə azot da fəallaşmalıdır. Bu azotun hansı yolla fəallaşması məlum deyildir. İ.P.Babyeva və Q.M.Zenova (1983) göstərirlər ki, nitrogenazanın əmələ gəlməsi hüceyrədə olan nif-plazmidi (zülal sintezini idarə edən) ilə əlaqədardır. Bu gen mühəndisliyinin köməyi ilə bir bakteriyadan digərinə keçirməklə azot fiksə edir.

1. Ammonyaklaşma prosesi

Hüceyrənin əsas komponenti olan zülal onun quru çəkisinin 50%-ni təşkil edir. O, torpağa bitki, heyvan və mikroorqanizmlərin qalıqları ilə azot torpağa üzvi birləşmələr formasında daxil olur, lakin nonu bitkilər olduğu kimi deyil, minerallaşdıqdan-ammonyaka çevrildikdən sonra mənimsəyə bilər ki, bu da ammonyaklaşma prosesi nəticəsində mümkündür. Prosesdə hüceyrə xarici proteazlara malik mikroorqanizmlər bu birləşmələri mənimsəyərək sadə molekulu amin turşularına parçalayır və onlar da hüceyrəsinin daxilində olan dezaminaza fermentinin iştirakı ilə ammonyaka çevrilir. Zülalların parçalanmasında aerob və anaerob bakteriyalar, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Proteus* cinsləri, aktinomisetlər, göbələklər iştirak edir. Prosesdə zülal—peptonlar—peptidlər—amin turşuları əmələ gəlir. ammonyakdan əlavə amin turşularının dezaminləşmə məhlulu