

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.

BAKİ – 2009

Bakı Dövlət Universitetinin 90 illiyinə həsr olunur

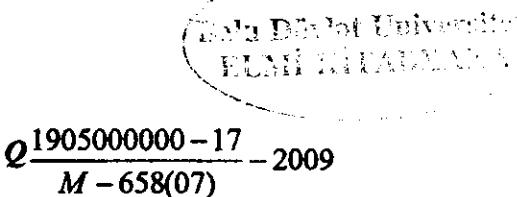
Elmi redaktor: b.e.d., prof. R.A.ABUŞEV

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

576.8

*Q 25

Qasimova H.S., Babayeva İ.T. Təbiətdə maddələr dövründə mikroorganizmlərin rolü. Bakı: «Bakı Universiteti» nəşriyyatı, 2009, 112 s.



$\frac{Q \underline{1905000000-17}}{M-658(07)} - 2009$

Ön söz

Bütün yaranmış canlı varlıklar mikroskopik və makroskopik orqanizmlər tərkibində eyni orqanogen elementin C, N, O, H və onlara yaxın mineral elementlər, S, P, Fe və s. varlığı sayasında yaranmış və formalasılmışdır. Van Kliver və K'van Nilla birlikdə bütün orqanizmlərin biokimyəvi eynilik nəzəriyyəsini irəli sürməklə bütün canlıların orqanogen elementlərin və onlara yaxın bəzi mineral elementlərin varlığı ilə yarandıqlarını göstərmişlər. Mikroorqanizmlər elementlər dövranında rolunun ayrıca tədris vəsaiti kimi verilməsi bakalavr və magistrlerin mikroorqanizmlərin təbiət-də icra etdiyi mühüm rolü ətraflı dərk etməyə səbəb olacaqdır.

Məlum mikrobiologiya dərsliklərində (1985, 1998) elementlər dövranına aid qısa məlumat verilsə də, hazırdaçı kitabda orqanogen elementlərin dövrü sxemi verilməklə eyni zamanda həmin mikroskopik orqanizmlərin biokimyəvi proseslərdə rolü, onların Yer kürəsinin örtüyünü, onun canlı təbiəti idarə etdiklərini, ən əhəmiyyətlisi isə insan təfəkküründə təbiətin sırlarını bir daha açıqlamağa səy göstərilmişdir.

Giriş

Mikroorganizmlerin 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 əlaqələnir. M. Beyerinqin laboratoriya müdürü biokimyaçı A. Klyuver (1888-1956) mikroorganizmlərin kimyəvi fəallığının öyrənilməsini qarşıya qoyur. O, Amerikalı K. Van Nil ilə birlikdə müxtəlif fizioloji qruplardan olan mikroorganizmlərin müqayisəli biokimyəvi fəallığını öyrənməklə hazırda məlum biokimyəvi vahidliyi nəzəriyyəsinin əsası verilir.

A. Klyuver K. Van Nil 1954-cü ildə «Mikrobların biologiyaya xidməti» adlı monoqrafiyada mikroorganizmlərdə gedən energetik və konstruktiv proseslərin vahidliyi açıqlanır.

Artıq məlum olur ki, bütün yaranmış canlı varlıqlar - mikro və makroorganizmlər 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 gəlməsinə 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 mikroorganizmlərin biokimyəvi fə-

liyyəti nəticəsində müxtəlif proseslərə məruz qalıb və beləlik-lə yenidən elementlər - maddələr dövranına daxil olur.

I MİKROORQANİZMLƏRİN BİOKİMYƏTİ FƏALİYYƏTİ

Təbiətdə kimyəvi maddələrin çevrilmələri, faydalı qazıntıların 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. Vinoqradski, Beiyerinq, Van Nil, V.L. Omelyanski, V.I. Vernadski və başqaları tərəfindən daha da inkişaf etdirilmişdir.

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

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

Məlumdur ki, təbiətdə elementlərin bioloji dövranından əlavə böyük geoloji dövran da fəaliyyət göstərir. Bu isə fizi-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 dövrandan 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 mikroorganizmlər və bəzi ibtidailər onları üzvi maddələrinin sintezi üçün istifadə edir. Lakin həmin orqanizmlər tələf olduqdan sonra isə mühitdə olan mikroorganizmlər tərəfindən qalıqlar minerallaşaraq, mühit şəraitində asılı, bioloji və ya geoloji dövrana daxil olurlar.

Bu proseslər öyrənilməkla Yer səthində gedən elementlər dövranı barədə elmi təsəvvürlər aydınlaşa bilir.

II MİKROORGANİZMLƏRİN MADDƏLƏR DÖVRANINDA ROLU

Mikroorganizmlərin təbiətdə ən böyük fəaliyyəti onların Yer üzərində həyatı təmin edən elementlər dövranıdır. 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 gəlməkə Yerin səthi tezliklə örtülərdi və həyat dayanardı. Lakin belə vəziyyətə heç təsadüf olunmamışdır. Çünkü üzvi qalıqlar mikroorganizmlərin biokimyəvi fəaliyyəti nəticəsində sistematik olaraq zülalalar, karbohidratlar, yağlar və sadə birləşmələrə parçalanmaqla bitkilərin qidasına çevrilir və beləliklə, elementlər dövranına cəlb olunur.

Torpaq mikroorganizmləri, su bitkiləri karbonlu üzvi birləşmələri minerallaşdırmaqla yalnız təbiətdə CO_2 tarazlığının təmin olunması ilə deyil, eyni zamanda digər elementləri – azot, fosfor, kükürd və başqalarını da yenidən bioloji dövrana qaytarır.

Yaşıl bitkilər fotosintez prosesində CO_2 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 mikroorganizmlərin fermentativ fəaliyyəti nəticəsində baş verir və mürəkkəb üzvi maddələr parçalanır və ya yeni sintez oluna bilir. Hətta atmosferin inert komponenti olan molekulyar azot da belə mikroorganizmlərin köməyi ilə elementlər dövranına cəlb oluna bilir.

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

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

Elementlərin bioloji dövranından əlavə təbiətdə böyük geoloji dövran da fəaliyyət göstərir və bu isə fiziki-kimyəvi amillər, dağ sükurlarının ovuılması prosesi, mineralların həll olub, dəniz və okeanlara daxil olması ilə baş verir. Həmin elementləri su mikroorganizmləri istifadə edib, tələf olduqdan sonra çöküntü sükurların tərkibində toplanmaqla bioloji dövrandan geoloji dövrana keçmiş olur. Əgər belə bir proses davam etmiş olsaydı, onda Yer üzərində həyat ola bilməzdi. Lakin bu ona görə baş vermir ki, sükurlarda, torpaqda olan bioloji vacibli elementlər yaşıl bitkilər və bir çox avtotrof mikroorganizmlər onlardan öz üzvi maddələrinin sintezi üçün istifadə edirlər.

Bitkilər və heyvanlar tələf olduqdan sonra onlar yenə də mikroorganizmlər tərəfindən minerallaşdırıb, şəraitdən asılı olaraq bioloji və ya geoloji dövrana daxil olurlar.

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

Mikroorganizmlər torpaqdə müxtəlif birləşmələrin mürəkkəb çevrilmə prosesində mühüm rol oynamaqla onun məhsüldarlığında da böyük əhəmiyyətə malikdir. Heç də tə-

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

III AZOT DÖVRANI

Təbiətdə azot ehtiyatı tükənməzdır, 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 bitkiler və heyvanlar istifadə edə bilmirlər.

Təbiətdə azot dövrəni dörd mərhələdə gedir:

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

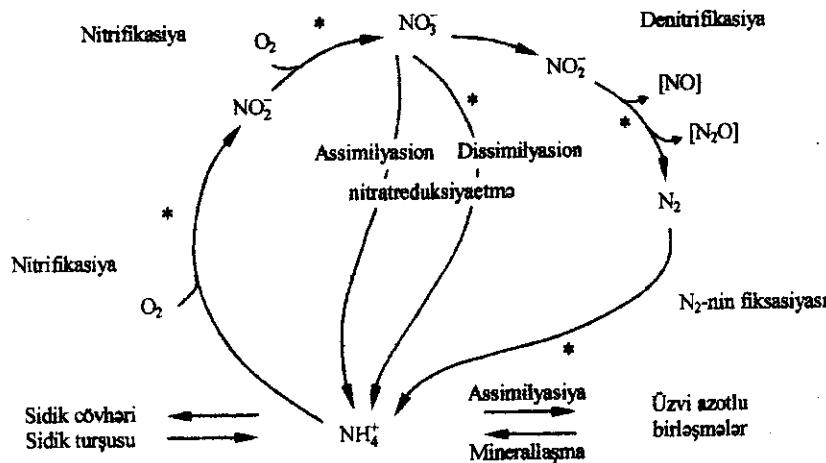
İkinci mərhələdə bitki və heyvani qalıqlar *Pseudomonas*, *Basilus*, *Clostridium* və b. iştirakı ilə ammonifikasiyaya uğrayıb ammonyak, amin turşularına çevirirlər.

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 üzərinin bitkiləri hər il 20 milyon ton karbonu CO₂ formada qəbul edirlərsə, onda

həmin bitkilər tərəfindən mənimşənilə biliçək azot da 100 milyon tona kimi olmalıdır, lakin əkin zamanı torpağa cəmi 32 milyon ton azot verilə bilir və bu miqdardan azot isə 30 sm-lık 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.

Molekuliyar azotun biokimyevi fiksasiyası

Azotun bioloji fiksasiyasının təbiəti 1893-cü ildə S.V. Vinoqradski, 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.Kostic̄ev, M.V.Fedorov, Y.N.Mışustin və başqa tədqiqatçılar tədqiqatlarını davam etdirmişlər.

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

Atmosfer azotunu fiksə edən bakteriyalar

Təbiətdə azot ehtiyatı tükenməzdır. 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 miqdardan 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 mikroorganizmlər adı 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 mikroorganizmlərin həyat və fəaliyyətləri nəticəsində meydana gelir.

1866-cı ildə M.S.Voronin kőkyumruları bakteriyalarını kəşf etmiş, lakin atmosfer azotunun fiksə edilməsinin bioloji təbiətinin geniş öyrənilməsinə 1893-cü ildə S.N.Vinoqradski başlamış, V.L.Omelyanski, S.P.Kostic̄ev, 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-yaşlı yosunlar və s. aiddir.

Atmosfer azotunu fiksə edən mikroorqanizmlər əsasən iki qrupa bölünür. Birinci qrupa - torpaqda sərbəst yaşayan aerob *Azotobacter*-lər və yağ turşusuna qıçırma əmələ gətirən anaerob *Clostridium pasteurianum*, ikinciyi isə - paxlahılar 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 *Papilionaceae* fəsiləsinin bitki növlərində kökyumruları əmələ getirmə 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.

Əvvəller 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, paxlahı bitkilərin kökündə olan yumrularda çöpvari bakteriyalar vardır və həmin bakteriyaların morfologiyasını 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.

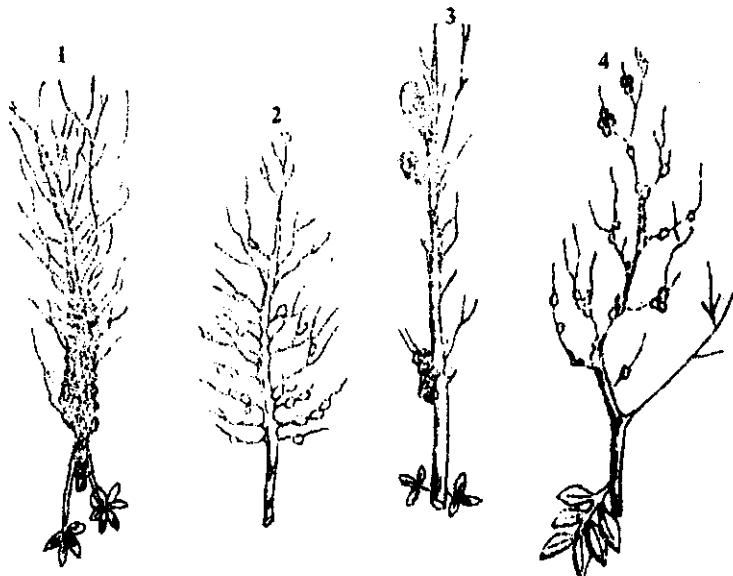
Bu bakteriyalar 1888-ci ildə isə M.Beyerinq tərəfindən təmiz kulturaya çıxarılıb ətraflı öyrənilmişdir. O, sübut etmişdir ki, kök yumrularında olan bakteriyalar molekulyar azotu təmiz kulturada deyil, yalnız bitki ilə simbioz münasibətdə fiksə edir. Noxudun kökündə olan bakteriyalar əvvəller Bact.radicicola,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

Kök yumruları bakteriyaları qram-mənfi, hərəkətli, spor əmələ gətirməyən xırda çöplərdir ($1,2\text{-}3 \times 0,5\text{-}0,9$ 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 hemoqlabine yaxın olduğuna görə leqhemoqlabin (yəni, paxlahıların hemoqlabini) adlanır. Güman olunur ki, bu piqment azot fiksə olunma prosesində kalizəetmə 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 ayrılib səpilən toxuma qarışdırılıb torpağa verilir və beləliklə, torpaq fəal ştammlarla sünü yolla zənginləşir.

Kök yumruları bakteriyaları neytral mühitli (pH-6,5-7,5) gübrələnmiş bitki əkilən torpaqlarda, $24\text{-}26^\circ$ temperaturda daha da çoxala bilir (şəkil 2).



Şekil 2. Müxtəlif paxlalı bitkilərin kökündə olan yumrular: 1-acı paxla; 2- üçyarpaq yonca; 3-lobya; 4-cöl 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* – loba bitkisinin köklərində yaşayır. Çöplərin (eni 0,6 mkm, uzunluğu 2-5 mkm) hərəkəti hüceyrənin nahiyyəsindəki dəstə halında olan kirpiklərlədir.

4) *Rhiz. meliloti* – yonca və xəşənbül bitkilərinin kökündə yumrular əmələ gətirir, çöpler 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 ($0,7 \times 2-5$ mkm) çöplərdir.

7) Rhiz. lupini – acı paxla bitkisinin kökündə inkişaf edir, hərəkətli çöplərdir ($0,6 \times 5-7$ mkm).

8) Rhiz. ornithoppi – saradel bitkisinin kökündə yaşayan hərəkətli çöplərdir ($0,6 \times 5-7$ mkm).

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

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

Belə güman olunur ki, kökün ifrazları bakteriyalara müsbət xemotaksiş 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 keçməsini asanlaşdırır.

Digər tərəfdən əmici tellərin qılıfı daxilində olan polialakturonaza 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 sellülozadan ibarət qilafla örtülüür. 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 mikroplazmaların 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 əvvəller 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 özlerinin tələbatını ödəyir, digər hissəsini isə bitkilərin mənimsezə bildikləri halda xaricə ifrazat şəklində verir. Odur ki, paxlalı bitkilərin torpağın azotlu maddələrlə zənginləşməsində böyük əhəmiyyəti vardır. Yiğilan 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 bilir. Həsablamalar göstərir ki, kök yumruları bakteriyalarının fəaliyyəti nəticəsində torpağın hər hektar əkin qatı 100 kq-a qədər üzvi azotlu maddələr ala bilir.

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

lalı bitkilərdən əlavə 200-ə qədər digər bitki növləri da azot-fiksətmə qabiliyyətinə malikdir. Məsələn, saqoviklər, şamlar, agcaqayın, qızılıağac, 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, *Clostudium* və digər mikroorganizmlərin 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 ayrılib, təmiz kulturaya çıxarılmışdır. Azotobakterlərin torpaqda yayılmış növləri, bir-birindən morfoloji, kultural və fizioloji xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Bunların bütün növləri aerobdur. İnkışaflarının ilk dövründə iri yoğun çöpvari formada olub ($2-7 \times 1,0-2,5$ mkm) hərəkətlidir. Hüceyrə yaşılaşdıqdan sonra hərəkətini itirib, üzərləri kapsula ilə əhatə olunur. Bunlar karbon və enerjini müxtəlif üzvi birləşmələrdən - şəkərlərdən, spirtlərdən, üzvi turşulardan alır. Azotsuz qidalı mühitlərdə yaxşı inkışaf edir. Bunların inkışafı üçün $28-30^{\circ}\text{C}$ temperatur, oksigenli şərait, pH – 7,2-8,0 mühitdə kalsium, fosfor duzları, mikro-elementlər və normal rütubət olmalıdır. Azotobakterlərin aşağıdakı növləri torpaqda yayılmışdır:

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

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

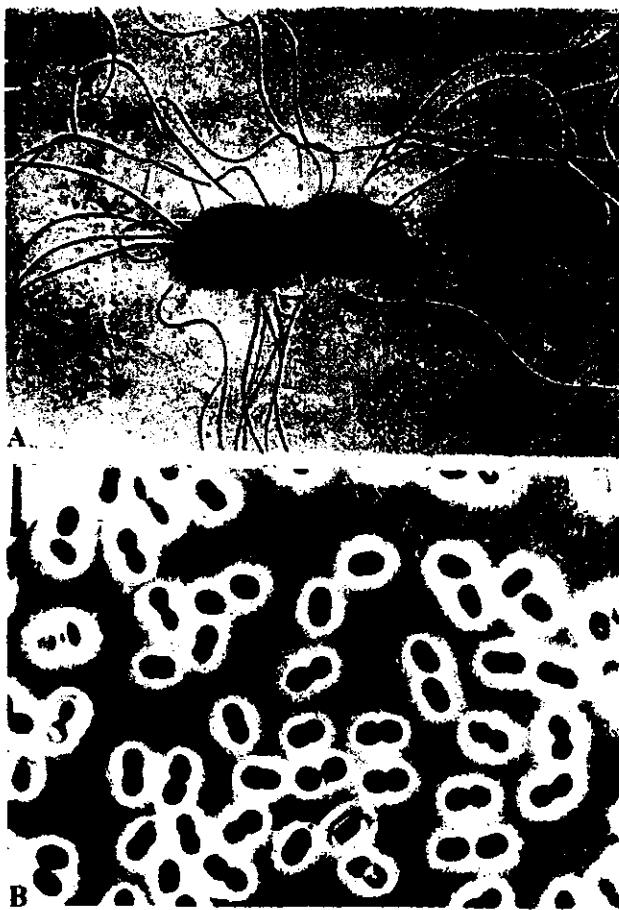
2) *Azot. agile* – birinciylə nisbətən daha hərəkətli və iri hüceyrələri olur ($3-5 \text{ mkm}$ və ya daha böyük). Bu növ pigment əmələ gətirmir, lakin yaşla çalan fluoressensiya verir və 1 q sərf olunan şəkərə görə 10-15 mq azot fiksə edir.

3) *Azot. vinelandii* – cavan kulturada hüceyrələri çöpə-bənzər ($0,8 \times 2-3 \text{ mkm}$) olub, peritrixial kirpiklərə çox hərəkətli olurlar. Qatı qidalı mühitdə rəngsiz, şəffaf, selikli koloniya əmələ gətirir. Göy-yaşıl fluoressensiyaedici pigment ifraz edir ki, bu qidalı mühiti boyaya bilir və 1 q şəkərə 10 mq azot fiksə edir.

4) *Azot. nigricans* – bunun hüceyrələri cavan kulturada çöpvari formaya malik olub, ($1,5-2,0 \times 2-3 \text{ mkm}$), 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. golophilum* – hüceyrələri əvvəlcə çöpvari, 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 əkinin sahəsinin torpağından ayrılmışdır (pH-4, 9), hüceyrələri oval və ya uzunsov formada olub, ölçüsü $0,5-1,2 \times 1,7-2,7 \text{ mkm}$ -dir, hərəkətlidir.



Şəkil 3. *Azotobacter chroococcum*: A) çöpvari hüceyrə qamçılırla; B) selikli kapsula ilə əhatə olunmuş kokkvari hüceyrlər

Digərlərindən fərqli olaraq hüceyrə daxilində yağı damlaşır. Əsasən turş mühitdə inkişaf edir, azot fiksə 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 müxtəlidir. 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 göstərib, 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 çıxarıilib, öyrənilmiş *Clostridium pasteurianum*-dur. Bu çöpvari formaya malik olub hüceyrələrinin uzunluğu 2,5-7,5x7-1 mikrom-m-dir. Bu bakteriya qram-müsbat obliqat anaerobdur.

Clostridium pasteurianum spor əmələ gətirən mikroorganizmlərdəndir, 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 inkişafları 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 yaşamاسını təmin edir. *Clostridium pasteurianum*-la birlikdə yaşayan mikroorganizmlərdən *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 qıcqırmadan 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, xüsusiylə, 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 mikroorganizmlərin atmosfer azotunu fiksə etməsi

Son zamanlarda azotun fiksə edilməsində göstərilən mikroorganizmlərdən əlavə digər bir sıra bakteriya və şüali göbəleklerin 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* cinsi mikroorqanizmlər də mühüm rol oynayır. Bunlardan *M.flavum*, *M.roseo-album*, *M. azobsortum* və başqalarını göstərmək olar ki, bunlar mənimsənilən 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 alına bilir. Xüsusiylə, 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.

Bələliklə, məlum olur ki, torpaqda həmişə müəyyən miqdarda üzvi azotlu birləşmələrin olmasının, yəni azot balansının deyişilməsininin 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.Mışutinin hesablaşmasına 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, azotfiksədici mikroorqanizmlər torpağın azot balansında mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Azotun fiksə olunma mexanizmi haqqında

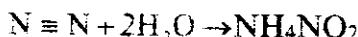
Atmosfer azotunu fiksə edən bakteriyaların keşf edilməsi ilə yanaşı onların fiksə etmə mexanizmi barədə də bir çox nəzəriyyələr irəli sürülmüşdür.

Məlumdur ki, azot molekulu çox inert olduğuna görə lithium metalindən başqa (Li_3N) digər elementlərlə aşağı temperatur və az atmosfer təzyiqində reaksiyaya uğramır. Molekulyar azotdan Qaber-Boş üsulu ilə ammonyak almaq üçün $400-500^\circ\text{C}$ temperatur və $200-1000$ atm. təzyiqi olmalıdır. Lakin azot fiksə edən mikroorganizmlər bu prosesi adı 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 sürmüştür. O, azot fiksə etməkdə nitrogenaza fermentinin iştirak etdiyini və azotun fiksə olunmasının ilk məhsulunun ammonyak olduğunu göstərmişdir. Bu nəzəriyyə S.P.Kostçev (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.

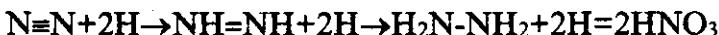
1909-cu ildə Lev və Azo hidrolitik nəzəriyyə irəli sürmüslər. Bu nəzəriyyəyə görə sərbəst atmosfer azotunun fiksə edilməsi aşağıdakı sxem üzrə gedir:



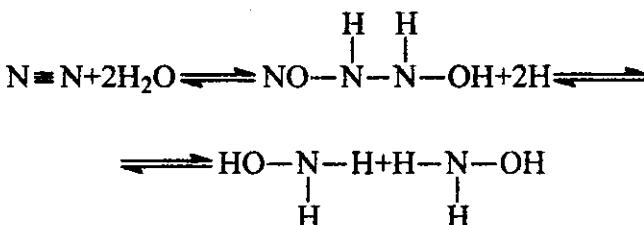
Bu nəzəriyyə də əsassızdır, çünkü bu yolla gedən reaksiyada çoxlu miqdarda temperatur və olduqca yüksək atmosfer təzyiqi tələb olunur. Halbuki azotobakter hüceyrələrində azot fiksə etmə prosesində belə şərait yoxdur. Ona görə də hidrolitik nəzəriyyə yalnız tarixi əhəmiyyətə malikdir.

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

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



1931-ci ildə Y.Bлом göstərmişdir ki, azot ilk dəfə hidroliz olunaraq sonra dioksihidrazini əmələ gətirir. Dioksihidrazindən hidroksilamin törənir və proses aşağıdakı sxem üzrə gedir:



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

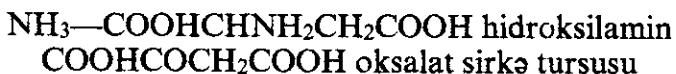
Azot fiksətməni tədqiq edən Amerika alımları P.Vilson və R.Barris 1947-ci ildə azotobakterləri yalnız şəkərli mühitdəbecərmış və ona görə də kulturada azotlu ifrazat müşahidə etməmişlər. Azotobakterə N_2^{15} və ya $\text{N}_2^{15}\text{H}_3$ izotopu verdikdə onlar dolayı yolla bu nəticəyə gəlmişlər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

Nişanlanmış azotun kəməyi ilə müəyyən olunmuşdur ki, azot hüceyrəyə daxil olan kimi əvvəlcə glutamin turşusunda, sonra isə asparagin turşusunda müşahidə olunur. Həmin bu formada da ammonyak bitki və mikroorqanizmlər tərəfindən mənimşənilir, yəni əvvəlcə ketoqlütar turşuları aminləşərək glutamin turşusunu əmələ gətirir, sonra isə aminləşmə digər amin turşularında gedir.

Clostridium pasteurianum və kök yumruları bakteriyalarında ammonyak müşahidə olunur. Lakin fin alimi Virtane-nin 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 sürmüdüdür. O, qeyd etmişdir ki, azotobakterlərin protoplazmasında olan ferment nitrogenoksidəzə azot mənimsəmənin birinci dövründə oksidləşdirici rolunu oynayır. Bu ferment iki komponentli quruluşa malikdir, birincisi – zülləl, ikincisi isə fəal karboksilamin və iki karbonil qrupundan ibarətdir. Sərbəst azotun fiksə edilməsində ancəq 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 züləli 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 ammonyakla birləşərək amin turşularını əmələ gətirdiyi qeyd olunmuşdur.

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

manlıarda Kanadanın Toronto Universitetinin kimyaçıları (1968) azot fiksəetmədə 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, ikinci-sində 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 azotfiksəetmə sisteminin vacib komponenti elektron donoru ferrodoksin və flavindoksin, enerji mənbəyi isə ATF-dir.

Azot fiksəedici mikroorqanizmlərin ATF-ə tələbatı olduqca böyükdür, çünki bir molekul N₂-ni bərpa etmək üçün 6 elektron 12 ATF molekulu tələb olunur. Bu reaksiya belə təsəvvür olunur:



Əmələ gəlmış 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 fiksəetmək 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 toksikilik 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 mitokondrini xatırladan lövhəvari quruluşda tənəffüs fermenti ilə birlikdə olur. Güman olunur ki, azotun fiksə edilməsi tənəffüs prosesi ilə sıx əlaqədardır. Tənəffüs prosesində hidrogen O₂-na, azot fiksətmədə isə hidrogen N₂-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 nifplazmidi (zülal sintezini idarə edən) ilə əlaqədardır. Bu gen mühəndisliyinin köməyi ilə bir bakteriyadan digərinə keçirməklə azot fiksə edir.

1. Ammoniyaklaşma prosesi

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

üzvi turşular dekarboksilləşmə ilə spirtlər, karbohidrogenlər də əmələ gələ bilir.

Ammonyaklaşma prosesinə müxtəlif quruluşlu üzvi azotlu birləşmələr-nuklein turşuları, sidik cövhəri, xitin, hippur turşusu, humus və digər zülalı maddələr məruz qalır. Sərbəstləşən ammonyakin bir hissəsi torpağa adsorbsiya-immobilizə olunur, müəyyən hissəsi autotrof mikrobların köməyi ilə nitrit və nitratlara çevrilir və ya sərbəst formada atmosferə daxil olur.

2. Nuklein turşularının parçalanması.

Nuklein turşuları nukleoproteidlərin tərkibinə daxil olub, bitki və heyvan orqanizmlərində 2 tipdə: ribonuklein turşusu-RNT və dezoksiribonuklein turşusu-DNT olur. Onların hidrolizi nəticəsində purin və pirimidin əsaslı birləşmələr və fosfor turşusu əmələ gəlir. Şəkərlərdən RNT-də riboza, DNT-də dezoksiriboza müşahidə olunur. Purinlərdən adenin, quanin RNT və DNT moleküllərində, pirimidinlərdən sitozin RNT və DNT-moleküllərində, urosil ancaq RNT-də, timin isə DNT-molekulunda təsadüf olunur.

3. Sidik cövhərinin ammonyaklaşması.

Bu insan və heyvan orqanizmində zülal mübadiləsi nəticəsində əmələ gələn mürəkkəb azotlu maddədir. Hesablaşmalar göstərir ki, hər il Yer kürəsi üzərinə 30 milyon ton sidik cövhəri daxil olur (Fyodorov, 1952). Əgər mikroorganizmlər onu mənimşəyib parçalamasalar onun toplanmasından dağlar əmələ gələrdi. Bu maddənin parçalanma prosesi 1862-ci ildə L.Paster tərəfindən öyrənilmişdir. Sidik cövhərinin ammonyaklaşmasında ureaza fermenti əmələ getirən *Urobac. probvtus*, *Urobac. Leubii*, *Urobac. Migueli*,

Planosarina ureae, *Micrococcus ureae* iştirak edirlər. Onlar 1 litr qidalı mühitdə 30 qr.-dan 140 qr. Kimi sidik cövhərini parçalayırlar. Bunun nəticəsində əmələ gələn ammonium karbonat, ammonyak, su və CO_2 parçalanır: $((\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2)$

Hazırda sidik cövhəri karbomid adı ilə geniş zavod miqyasında sintez olunub azotlu gübərə kimi kənd təsərrüfatında tətbiq olunur.

4. Xitin ammonyaklaşması.

Azotlu polisaxaridlərdən olan xitin bir çox heyvanların xarici örtüyündə və bəzi mikroolların hüceyrə divarında olur.

Bu maddənin parçalanmasında tərkibində xitinaza fermenti olan *Bac.chitinovorun* və *Bac.chitinophilum* növləri, bir sıra aktinomisetlər, mikrobakteriyalar və b. əlverişli şəraitdə belə mürəkkəb üzvi birləşməni parçalaya bilərlər.

Zülali maddələr-peptonlar, peptidlər, amin turşuları və b. ammonyaklaşmaya - *Bact.proteus vulgare*, *Bact.putidum*, *Pseud.fluorecens*, spor əmələ getirənlərdən - *Bac. mesentericus*, *Bac.megaterium*, *Esch. coli* və digər mikroorganizmlər yanaşı, mikroskopik göbələklərdən *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* və b. cinslərin növləri tərəfindən məruz qalır.

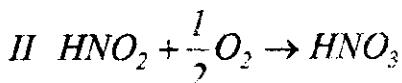
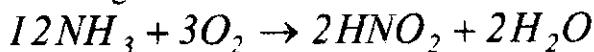
5. Humusun ammonyaklaşması.

Humusun ammonyaklaşmasının torpaqda bitkilərin inkişafında böyük rolü vardır. Humusun komponentləri müxtəlif olduğuna görə onun parçalanma intensivliyi də fərqlidir. Humin turşularının tərkibindəki karbon və azotun nisbəti 10:1-dir və parçalanma zamanı burada olan azotun müəyyən hissəsi ammonyaka çevrilib bitkilər tərəfindən mənimsənilə bilir, digər hissəsi isə torpaqda toplanıb qalır. Məlum olmuşdur ki, rütubəti az olan əkin qatında onu tənzimləyir və humusla zəngin torpaqda mineral gübələrdən daha səmərəli istifadə olunur.

nur. (Mışustin, 1987). Əkin sahəsinə gübrələr verilmədikdə torpaqda olan humus mineralizə olunub, onun miqdarı azalır. M.M.Kononova (1953) qeyd edir ki, 12-13 il xam torpaq istifadə olunduqda podzol torpaqda - 40%, qara torpaqda 7%, boz torpaqda isə - 70% kimi humus itkisi müşahidə olunur. Humusun torpaqda toplanmasında bitki qalıqlarının, peyin, kampost, yaşıł gübrə və növbəli əkinin mühüm rolü vardır. Humus torpağın strukturunda da böyük əhəmiyyətə malikdir, çünki o, torpaq zərrəciklərini yapışdırır, onu aqreqatlaşdırır.

6. Nitritləşmə-nitrifikasiya prosesi.

Bu zaman torpaqda peyinin oksidləşməsi və üzvi birləşmələrin parçalanmasından əmələ gəlmış ammonium düzəlləri nitrat turşusuna kimi oksidləşir və prosesdə iştirak edən bakteriyalara nitritləşdiricilər adı verilir. S.N.Vinoqradskiy sübut etmişdir ki, bu proses iki qrup bakteriyaların iştirakı ilə 2 dövrdə gedir.



Birinci dövrün gedişində nitroz bakteriyaları – *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, ikincidə isə *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* cinslərinin növləri iştirak edir. Torpaqda *Nitrosomonas* cinsinin növləri miqdarda üstün olduqda belə torpaq qüvvətli, azotla zəngin hesab olunur.

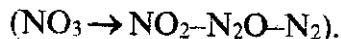
7. Azotun immobilizasiyası.

Torpaqda mineral formada olan azot torpağa saman və ya samanlı göbrə kimi verildikdə mikroorqanizmlərin sürətli çoxalması nəticəsində onlar tərəfindən mənimşənilib sitoplazma zülalına çevrilir ki, buna immobilizasiya adı verilir. Bu minerallaşmanın əksinə olan, yəni azotun bioloji to-

planma prosesidir. Lakin bu azot itkisinə səbəb olmur, çünki mikroorganizmlər tələf olduqdan sonra bu zülal minerallaşdırıb ammonyaka çevrilir. Torpaqda gübrənin C:N nisbəti 20:1 olduqda orada mineral azot toplana bilir. Lakin bu prosesin zərərli cəhəti olduğu kimi müəyyən xeyri də vardır. Payızda nitrat və ammonyak azotu torpaqda toplanıb qalır və qışda qəlevidəşmə nəticəsində itmir, baharda isə həmin mikrob zülahının minerallaşması ilə torpaq yenidən ammonyak və nitrat birləşmələri ilə zənginləşir.

8. Denitritləşmə – denitrifikasiya prosesi.

Torpaqda yaşayan mikroorganizmlərin bəziləri anaerob şəraitdə nitritləşmə nəticəsində əmələ gəlmış nitrat turşusunu nitritə, ammonyaka və hətta sərbəst azota kimi parçalaya bilər



Beləliklə, bitkilər üçün dəyərli azotlu birləşmələrin azot ehtiyatı tükənir ki, buna denitrifikasiya prosesi deyilir. Burada nitrat turşusu bir tərəfdən azot, digər tərəfdən isə üzvi maddələri oksidləşdirmək üçün enerji mənbəidir.

Nitratların reduksiyasında mikroorganizmlərin iştirakını nəzərə alaraq bu prosesin iki cür getdiyi göstərilir:

1) Düzgün və ya müstəqil denitratlaşmadır ki, orada *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Micrococcus* və s. cinslərin növləri iştirak edir.

2) Dolayı yolla gedən bu proses turş mühitdə kimyəvi yolla amin turşuları ilə nitrat turşlarının qarşılıqlı təsir nəticəsində meydana gəlir.

Denitratlaşdırıcı bakteriyalarda ferment sisteminin olduğu göstərilir: sitoxrom – dissimilatsiya edici və flavoprotein-assimilyasiya edicidir. Tipik denitratlaşdırıcıılarda (*Pseud. denitrificans*) hər iki sistemin fermentləri fəaldır.

İki sistemin olması sayəsində bioloji denitrifikasiya 2

tipdə müşahidə olunur: assimilyasion və dissimlyasion. Assimilyasiyada nitratın ammonyaklaşması gedir və nitrat azot mənbəsi kimi yaşıl bitkilər və mikroorganizmlər tərəfindən istifadə olunur.

Dissimlyasion denitritləşmədə mikroorganizmlər nitrat tənəffüsündən enerji almaq üçün istifadə edirlər. Belə halda nitratlar hidrogenin son akseptoru kimi elektron zəncirinə daxil olur və son məhlulu molekulyar azotdur. Prosesdə *Pseudomonas* və *Paracoccus* cinslərinin növləri iştirak edir.

Denitritləşdirici bakteriyalara əsasən anaerob və şərti anaerobler aiddir. Torpağın dərin şumlanması, neytral və turş olması prosesin qarşısını ala bilir. Kənd təsərrüfatında bu proses azot itkisinə səbəb olduğuna görə zərərli hesab olunur, lakin atmosferdə azot dövranında əhəmiyyəti böyükdür.

IV KARBON DÖVRANI

Karbon da azot və digər orqanogen elementlər kimi üzvi aləmin əsasını təşkil edir. İlkin karbonlu birləşmə olan metanın sintezinə kimyəvi təkamülün başlangıcı kimi baxılır:



Hər bir karbonlu üzvi birləşmələrin ilkin mənbəyi havanın karbon qazıdır. O havadakı qazların 0,03%-ni təşkil edir və həmişə fiziki-kimyəvi və bioloji proseslərin təsiri ilə olduğu miqdarda saxlanılır.

Məlumdur ki, püskürən vulkanlarla, sənayedə və məşətdə yandırılan daş kömür və s. litosferdən atmosferə külli miqdarda karbon daxil olur ki, bu abiotik karbon tsiklidir. Bioloji proseslərdən fotosintez, xemosintez, tənəffüs, qıçırma və s. təbiətin karbon qazı ehtiyatının 4,7%-ni atmosferə qaytarır. Bitkilərin fiksə etdiyi karbon üzvi birləşmələr formasında insanlar və heyvanlar tərəfindən istifadə olunub tənəffüs, bitki və heyvani qahqların parçalanması ilə atmosferə biotik çevrilmələr kimi CO_2 şəklində daxil olur.

Təbii şəraitdə torpaqda və suda çox vaxt karbonun çətin parçalanan birləşmələri olan nişasta, pektinli maddələr, sellüloza, liqnin və s. birləşmələrin parçalanması mikroorqanizmlərin əmələ gətirdiyi fermentlərlə hidroliz olunur və nəticədə sadə karbohidratlı birləşmələr əmələ gelir ki, onlarda mikroorqanizmlərin iştirakı ilə tənəffüs və qıçırma prosesi nəticəsində çevrilməyə məruz qalır. Təbiətdə karbon elementinin çevrilməsində oksidləşmə və reduksiya proseslərinin rolü göstərilir. Məlumdur ki, karbon və onun birləşmələri CO , CH_4 müxtəlif yollarla CO_2 kimi oksidləşir.

Yer üzərində karbon mənbəyi ehtiyatının əsas 6 mənbədə - rezervuarda cəmləşdiyi qeyd olunur: 1. Qeyri-üzvi karbonatlar çöküntü sűxurlarında, çöküntülərdə; 2. Biogen mənşəli qazıntılar - daş kömür, təbii qaz, neft və digər qazın-

tilarda; 3. Dəmir suyunda həll olmuş karbonat, bikarbonat - faunada; 4. Torpaq humusunun tərkibindəki üzvi karbon; 5. Atmosferin karbon qazı; 6. Canlı və tələf olmuş biokütlənin tərkibində olan üzvi karbon birləşməşmələrində.

Lakin, qeyd olunanlardan karbon dövranında yalnız dördü, yəni dəmir suyunda həll olmuş karbonat, bikarbonat, torpaq humusunun tərkibindəki üzvi karbonat, atmosferin karbon qazı, canlı və tələf olmuş biokütlənin tərkibindəki karbon iştirakı göstərilir. Onlar da yerüstü və dəniz bitkilərinin fotosintezi ilə əlaqədardır (Lenqeler, Dreves, Şlegel, 2005).

Qazıntı üzvi maddələrinin istilik mənbəyi kimi istifadə olunması ilə atmosferdə tədricən karbon qazının toplanması yüksəlir.

Dünya Okeanında karbon dövramı gedir və burada ilk üzvi məhsulları, əsasən mikroskopik yosunlar əmələ gətirir. Okeanlarda gedən fotosintezdə O_2 ayrılib suda həll olur. Həm fotosintez və həm də minerallaşma nəticəsində CO_2 stabillaşır və bununla da atmosferlə okean arasındaki tarazlıq saxlanıla bilir.

Hesablamalar göstərir ki, yaşıl bitkilər hər il atmosferin karbonunun $\frac{1}{5}$ hissəsini fiksə edir. Əgər belə vəziyyət 50 il müddətində davam etsəydi, onda karbon qazı və üzvi birləşmələrə çevrilib, nəticədə bitkilərin və heyvanların tələf olması baş verərdi, lakin buna təsadüf olunmur, çünki təbiətdə üzvi maddələrin sintezi ilə eks proses gedir və CO_2 atmosferə daxil olur. Bitkilərin əmələ gətirdiyi üzvi maddələr bitkilər tərəfindən tənəffüs prosesində enerji üçün istifadə olunub, karbon CO_2 şəkildə yenidən atmosferə qaydır və bu üzvi birləşmələrin digər hissəsini isə heyvanlar mənimsəyir. Nəhayət tələf olmuş bitki və heyvanların qalıqları mikroorganizmlərin - bakteriya və göbələklərin iştirakı ilə minerallaşır və karbon həmin proses nəticəsində CO_2 kimi atmosferə daxil olur.

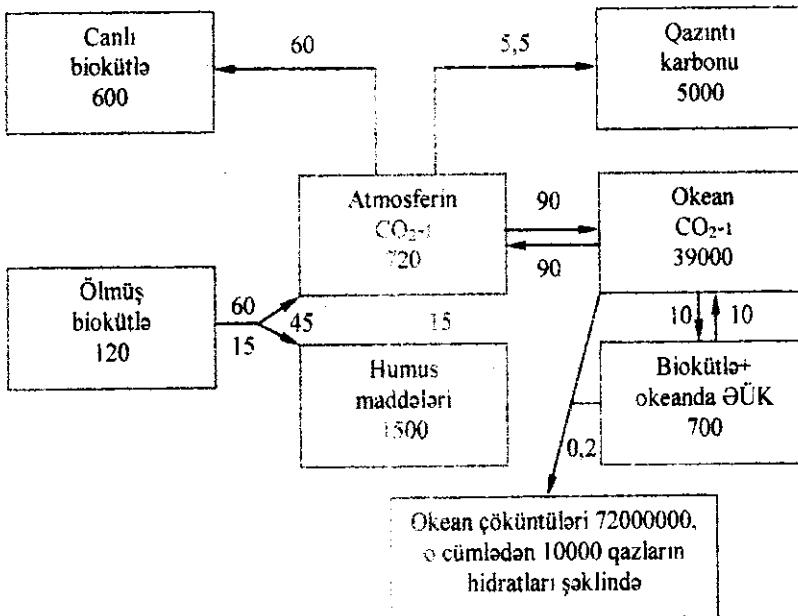
Tələf olmuş bitki toxumları sellüloza, hemisellüloza, pektin, mürəkkəb polisaxaridlərdən ibarət olub çətin parçalanır. Selluloza heyvanlar tərəfindən heç mənimsənilmir, lakin möhkəm pigment sisteminə malik göbələklər və bakteriyalar sellülaza və sellübiaza fermentlərinin köməyi ilə sellülozani sellobiozaya, sonra isə qlükozaya parçalayır.

Aerob şəraitdə tənəffüs prosesində son məhsul qlükoza mikroskopik göbələklər, miksobakteriyalar, bəzi aktinomisetlər və sellüloza parçalayan *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Celvibrio* və b. iştirakı ilə asanlıqla parçalanır. Bitki toxumalarında olan hemisellüloza hemisellülaza fermenti ilə sadə şəkərlərə parçalanır və prosesdə *Bacillus*, *Cytophaga*, *Sporocytophaga* iştirak edir.

Hüceyrəarası maddə olan pektin də pektolitik fermentin köməyi ilə Qalaktion turşusu ilə bəzi şəkərlərə (ksiloza, qalaktoza, arabinoza) parçalanır və mikroorqanizmlər öz hüceyrələrində göstərilən şəkərləri qlükozaya çevirib tənəffüs prosesində CO_2 və H_2O kimi oksidləşirlər.

Bitki qalıqlarının aerob oksidləşməsi nəticəsində torpaqdə humus toplanır. Bitki və heyvani qalıqlardakı yağların parçalanmasında tərkibində lipaza fermenti olan mikroorqanizmlər iştirak edib, hidroliz nəticəsində yağı qliserin və yağ turşusuna çevirir.

Karbohidrogenlər çətin parçalanan maddələr olsada, mikroorqanizmlər üçün onlar asanlıqla parçalanıb enerji və karbon mənbəyi kimi istifadə ola bili rəvə beləliklə, onlardan təbii karbon tsikline daxil olur, lakin mikroorqanizmlər arasında bu birləşmələrin hamısının oksidləşməsini sona, yəni CO_2 kimi apara bilməyənlərə də təsadüf olunur. Mikroorqanizmlərə həyata keçirilən reaksiyalar sxemdə verilmişdir (Şəkil 4).



Şəkil 4. Karbonun ümumi tsikli. Rezervuarlar çərçivədə, cərəyanlar isə ox şəklində verilmişdir. $\text{\textcircled{O}}\text{ÜK}$ -- etimmiş üzvi karbon

Qıçkırmama prosesi

Karbohidratlı maddələrin əsas çevrilmə tiplərindən biri qıçkırmadır. Bu fermentativ parçalanma prosesi olub, anaerob şəraitdə enerji ayrılması qlikoliz yolu ilə gedir və qıçkırmmanın növü piroüzüm turşusu əmələ gələndən sonra müəyyənləşir.

Tənəffüs dən fərqli olaraq qıçkırmama əla bir metabolik prosesidir ki, burada ATP regenirə olunur və üzvi substansın parçalanma məhsulları, ayrılan hidrogen yenə də üzvi birləşmələrə verilir, yəni qıçkırmama zamanı hidrogen həm donar və həm də akseptor rolunu icra edir. Burada ATP-in fosforlaşması oksidləşmə reaksiyası olub bu yolla hüceyrə CO_2 ayırmagaqla oksidləşən karbondan azad olur. Oksidləşmənin

ayrı-ayrı dövrləri dehidratlaşma yolu ilə gedib hidrogen NAD-a verilir və NAD H₂-nin tərkibində olan hidrogen akseptoru substratın parçalanmasının aralıq məhsulu rolunu oynayır və NAD-in regenerasiyası ilə son məhsulu bərpa olunub hüceyrədən xaric olur. Karbohidratların qıcqırması nəticəsində etenol, laktat, propianat, butirat, suksinat, CO₂, H₂ və s. alınır.

Qıcqırma çox qədim zamanlardan məlumdur. Min illərlə insanlar çaxır hazırlanmasında, südlü məhsullar istehsalında, çörək bişirmədə və s.-də bu prosesdən istifadə etmişlər. İnsanların o zamanlar mikroorganizmlər barədə heç bir təsəvvürləri də olmamışdır. XVII əsrin ortalarında (van-Helmont və b.) alımlar şəkerli məhsulların xüsusi törədicilər və ya fermentlərlə qıcqırıldığını göstərmişlər. XIX əsrin əvvəllərində (1837) alman alımları Şvani və Kyütsinq, fransız Kanyar de Latur spirtə qıcqırmanın xüsusi dairəvi orqanizmlər olduğunu göstərmişlər. Lakin elmdə uzun müddət qıcqırma prosesinin mahiyəti barədə iki böyük alım Y.Libix və L.Paster arasında maraqlı mübahisə baş vermişdir.

Y.Libixin (1839) fikrincə spirtə qıcqırmanın törədən ferment üzvi kimyəvi reaksiyada asan parçalanan maddədir. Zülal təbiətli bu maddə parçalandıqda onların molekülları mexaniki olaraq karbohidratlara (şəkerlərə) toxunur, onarda molekulyar hərəkəti sürətləndirir və nəticədə paçralanır. Bu nəzəriyyə Libixin «kimyəvi» və ya «parçalanma» nəzəriyyəsi adlanır.

Böyük fransız alimi L.Paster 1861-ci ildə öz təcrübələri ilə Y.Libix nəzəriyyəsinin əleyhinə çıxaraq göstərdi ki, qıcqırma zülalların deyil, karbohidratlı maddələrin oksigensiz şəraitdə, xüsusi maya göbələklərinin iştirakı ilə gedən biokimyəvi prosesdir. O yazdı ki, «qıcqırma havasız həyat deməkdir». L.Paster ilk tədqiqatlarında bütün qıcqırmaların yalnız oksigensiz şəraitdə getdiyini göstərir. Sonradan məlum oldu ki, spirtə qıcqırmada iştirak edən maya göbələklə-

ri fakultativ anaerob olduğundan oksigenli şeraitdə belə spirt əmələ gətirir.

L.Paster ferment almaq məqsədilə maya göbələkləri olmayan mühitdə qıcqırma prosesini əmələ gətirməyə çalışmış, lakin əsil qıcqırdıcı ferment ala bilməmişdir. Ona görə də Paster göstərir ki, qıcqırma xüsusi kimyəvi maddələrin- fermentlərin iştirakı ilə deyil, maya göbələklərinin həyat fəaliyyətinin nəticəsində əmələ gəlir.

İlk dəfə rus tədqiqatçısı M.M.Manaseina (1871) maya göbələklərindən şəkeri qıcqırdan sirkə almaqla qıcqırmanın mexanizmini aydınlaşdırmağa yaxınlaşmışdır.

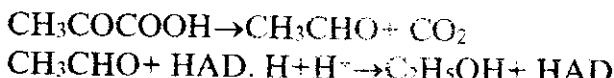
Alman alimi E.Buxner (1897) də maya göbələklərindən şəkerləri qıcqırdan şirəni (zimaza) almış və qıcqırmanın hüceyrə quruluşu olmayan bu şirə vasitəsilə getdiyini göstərmişdir.

1911-ci ildə A.N.Lebedev maya göbələklərindən ferment almanın daha sadə səmərəli üsulunu təklif etmişdir.

Əvvəller yalnız bir fermentin-zimzanın iştirakı ilə spirtə qıcqırma prosesinin getdiyi göstərildi, lakin bu prosesdə bütöv ferment qrupu və əlavə maddələr iştirak edir. Deməli, bu proses maya hüceyrələrinin iştirakı ilə gedir və bunların əmələ gətirdiyi fermentlərlə qıcqırma prosesi tənzim olunur.

Karbohidratların qıcqırma mexanizmi V.N.Şapoşnikov (1947) və onun əməkdaşları tərəfindən öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, şəkerlərin qıcqırması iki dövrdə gedir. Birinci dövrdə şəkerlərdən hüceyrəni təşkil edən birləşmələr biosintez olunur, ona görə də mühitdə qıcqırmanın ilk turşulu məhsulları əmələ gəlir. İkinci dövrdə isə mühitdə əsas məhsullar alınır və həmin məhsullara görə də qıcqırma proseslərinə ad verilir. Qlikoliz prosesinin öyrənilməsində mühüm rol oynamış Embden-Meyerhof-Parnasın xidmətlərini nəzərə alaraq Embden-Meyerhof-Parnas yolu da adlandırılır. Pirozüm turşusunun çevriləməsi mikroorqanizmlərin spesifikliyi ilə əlaqədardır. Məsələn, maya göbələkləri spirtə qıcqırmada piruvatdekar-boksilazaların köməyi ilə pi-

roüzüm turşusunu sirkə aldehidi və CO₂-yə parçalayır. Sirkə aldehidi hidrogenin son akseptoru olub etil spirtinə qədər bərpa olunur:



Yağ turşusuna qıcqırmada bakteriyalar sirkə aldehidi kondensasiya yolu ilə yağ turşusuna çevirilir. Homofermentativ süd turşusuna qıcqırmada bakteriyalar hidrogen akseptoru kimi piroüzüm turşusundan istifadə edib, onu süd turşusuna qədər bərpa edir. Digəri, heterofermentativ süd turşulu qıcqırmada iştirak edən bakteriyalar hidrogen akseptoru kimi həm piroüzüm, həm də sirkə turşusundan istifadə edir.

Böyük praktiki əhəmiyyəti olan, alınan məhsulları ilə səciyyələnən qıcqırma proseslərində spirtə, süd turşusuna, yağ turşusuna, propion turşusuna qıcqırmaları və s. göstərmək olar ki, bu qıcqırmalar da son məhsulları ilə fərqlənir.

Spirtə qıcqırma - etanol qıcqırması

Spirtə qıcqırma karbohidratların (şəkərlərin), anaerob şəraitdə maya, bəzi kif göbələkləri və bir çox bakteriyalar tərəfindən qıcqırması nəticəsində etil spirti, CO₂ və aralıq məhsulların (qliserin, sirkə aldehidi və s.) əmələ gəlməsi ilə xarakterik olsa da, əlavə süd turşusu bakteriyaları da çıxır və pivənin şəffaflığının itməsinə səbəb olur. Pivə istehsalında *Micrococeus* və *Sarsina* cinsli mikroorganizmlər pivəni xarab edir. Sirkə turşusu bakteriyaları spirtə qıcqırmada mənfi rol oynayır. Bu bakteriyalar spirti sirkə turşusuna qədər parçalayırlar. Bu da məhsulların keyfiyyətinin aşağı enməsinə və onların yararsız hala düşməsinə səbəb olur.

Süd turşulu qıçqırma

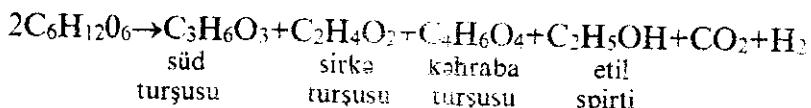
Karbohidratların anaerob şəraitdə süd turşusuna qıçqırma əmələ gətirən bakteriyaların (*Lactobacillus*, *Streptococcus*) iştirakı ilə süd turşusuna qədər çevrilməsinə süd turşulu qıçqırma adı verilir. Prosesdə əmələ gələn piroüzüm turşusu dekarboksidləşir, laktikodehidrogenaza fermenti ilə reduksiya olunur. Burada hidrogen donoru NAD-H₂-dir. Bunlarda karboksilaza fermenti yoxdur. İnsanlar çox qədim zamanlardan bu qıçqırma məhsullarından südün, tərəvəzin və meyvələrin qıçqırılmasında istifadə etmişlər. Prosesin biokimyəvi mahiyyəti 1857-ci ildə L.Paster tərəfindən öyrənilmişdir. Lakin 20 ildən sonra, 1877-ci ildə C.Lister qatı-qdan həmin bakteriyaların təmiz kulturasını ayırib, onları *Str.lactis* adlandırılmışdır. Süd turşusuna qıçqırma əmələ gətirən bakteriyalar eyni morfoloji qrupa daxil deyil. Bunların arasında həm çöp formalı bakteriyalara və həm də zəncirvari kokklara təsadüf olunur və əsasən *Lactobacteriaceae* fəsillərinə daxildirlər. Bu bakteriyaların hamısı fakultativ anaerobdur. Süd turşusuna qıçqırmada əmələ gələn məhsullara görə bu proses iki tipdə gedir:

- 1.Homofermentativ və ya tipik süd turşulu qıçqırma;
2. Heterofermentativ və ya qeyri-tipik süd turşulu qıçqırma.

Homofermentativ süd turşusuna qıçqırmada şəkərlər qlükoza-fruktozobiofosfat yolu ilə əsasən süd türşüsüna qədər (90%) parçalanır və burada *Lactobacillus* və *Streptococcus* cinslərinin növləri iştirak edir. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir.

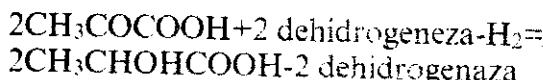


Heterofermentativ süd turşusuna qıçqırmada isə proses pentofosfat yolu ilə gedir, çünkü bu mikroorganizmlərdə aldolaza, izomeraza fermentləri yoxdur. Ona görə də şəkərlər parçalanarkən süd turşusu ilə yanaşı etil spirti, sirkə turşusu, krabon qazı, hidrogen və s. əmələ gətirir. Burada – *Bacterium* və *Leuconostoc* cinsli bakteriyalar iştirak edir. Heterofermentativ qıçqırmada *Str. diacetilactus* əlavə aromatik birləşmələr –aseton və ya asetil-metilkarbonil əmələ gətirməklə südlü məhsullara xox qoxur verir. Proses aşağıdakı tənliklə gedir:



Proses nəticəsində 40% süd, 20% kəhraba turşuları, 10% etil spirti və sirkə turşusu, 20%-ə qədər müxtəlif qazlar əmələ gəlir.

Süd turşusuna qıçqırmının kimyəvi təbiəti spirte qıçqırmaya nisbətən az öyrənilmişdir. Lakin məlumdur ki, bu prosesdə də şəkərlərin parçalanma mexanizmi piroüzüm turşusu əmələ gələnə qədər spirte qıçqırmada olduğu kimi-dir. Süd turşusuna qıçqırmayı əmələ gətirən bakteriyalar karboksilaza fermenti ifraz etmədiklərinə görə, burada əmələ gələn iki molekul piroüzüm turşusu, sirkə aldehidi və CO₂ parçalanmışdır. Lakin o qliserin aldehidinin fosfatı ilə oksidlaşma-reduksiya reaksiyasına uğrayıb, süd turşusu əmələ gətirir. Son reaksiyaya aşağıdakı qayda üzrə gedir:



Burada piroüzüm turşusu parçalanır və hidrogenin vahid akseptoru kimi istifadə olunur. Süd turşusuna qıçqırma bakteriyaları üçün bu prosesin əhəmiyyəti ondan ibarətdir

ki, onlar anaerob şəraitdə öz yaşayışlarını təmin etmək üçün lazımi enerjini həmin qıcqırmadan alır.

Hazırda çoxlu miqdarda süd turşusuna qıcqırma əmələ gətirən bakteriyalar məlumdur. Bunlara təbiətdə hər yerde rast gəlmək olur. Lakin beceriildikdə əsasən boy maddələrinə, vitaminlərə çox tələbkardırlar. Ona görə də süd turşulu bakteriyaları təkcə qlükoza və ammonium duzları olan mühitdə inkişaf etmirlər. Bu mikroorganizmlərin ayrı-ayrı növləri öz morfoloji-kultural, fizioloji və s. xüsusiyyətləri ilə bir-birindən fərqlənir. Bunlara aşağıdakı növlər daxildir.

1) *Str.lactis* – dairəvi hüceyrələrdən ibarət olub, cüt hüceyrə və ya qısa zəncirlər təşkil edir. Ölçülü 0,5-1 mkm diametrində olub, əsasən süddə təsadüf edilir və südün təbii qıcqırmasını əmələ gətirir. Bu bakteriyalar bir çox şəkərləri, xüsusiilə qlükoza, laktosa və maltozani qıcqırır. $30-35^{\circ}$ temperaturada yaxşı inkişaf edir, $0,8-1\%-ə$ qədər süd turşusu əmələ gətirir.

2) *Lact. cremoris* –sferik hüceyrələrdən ibarət olub, uzun zəncirlər əmələ gətirir ($0,6-0,7$ mkm). Bunlar qlükoza, laktosa və qalaktozani qıcqırır, lakin saxaroza, maltoza, dekstrin və pentozani qıcqırda bilmir. $25-30^{\circ}$ temperaturda yaxşı inkişaf edir. Mühitdə $1\%-ə$ qədər süd turşusu əmələ gətirir.

3) *Lact bulgaricum* (bolqar çöpləri) – iri, sporsuz çöplərdən ibarət olub, ($5-20$ mkm böyüklüyündə), uzun zəncitlər əmələ gətirir. Bakteriya qlükoza, fruktoza, qalaktoza, laktosa və manniti qıcqırtdığı halda, saxaroza və maltozani qıcqırda bilmir. Bu çöplər $40-45^{\circ}$ temperaturda inkişaf edir və mühitdə $2,7-3,7$ faizə qədər süd turşusu əmələ gətirir. Bu bakteriyalar İ.İ.Meçnikov tərəfindən qocalıqla mübarizədə insanın bağırsağında olan çürüdücü bakteriyaların inkişafını saxlamaq üçün məsləhət görülmüşdür. Yalnız sonradan məlum oldu ki, bu çöplər bağırsaqlarda yaşaya bilmir. Bu məqsədlə hazırda *Lact. acigophilum*-dan istifadə etmək daha məqsədə uyğundur.

4) *Lact. casei* -spor əmələ getirməyən xırda çöplər (uzunluğu 2-6, eni 0,7-0,9 mkm) olub, qlükoza, fruktoza, qalaktoza, maltoza və laktozanı parçalayır. Bu çöplərdən əsasən pendir istehsalında istifadə edirlər.

5) *Lact. Acidophilum* 4-5 mkm uzunluğunda çöplərdən ibarət olub, termofil olduğuna görə 37-40° temperaturada yaxşı inkişaf edir. Mühitdə 2,2%-ə qədər süd turşusu əmələ gətirir. Bu çöplərdən asidofilli süd istehsalında istifadə olunur. Bunlar bağırsaq xəstəliyi amilinə fəal təsir göstərən antibiotik maddələr də əmələ gətirir.

6) *Lact. delbrückii* - sinonimi *Thermobact. cereale* -dir. Tək-tək və ya qısa zəncir teşkil edən sporsuz çöplərdir (uzunluğu 2-7, eni 0,5-0,8 mkm). Bunlar laktozadan başqa bütün şəkərləri qıcqırır. Termofil olduğuna görə 45-50° temperaturda yaxşı inkişaf edir. Bu çöplər bitən mühitdə çoxlu miqdarda (10%-ə qədər) süd turşusu əmələ gəldiyinə görə sənayedə süd turşusu istehsalında bunlardan istifadə edirlər. Verilən şəkər məhlulunun 15-18%-i süd turşusuna çevrilir.

Qeyri tipik süd turşusuna qıcqırmada da müxtəlif qram müsbət, sporsuz, hərəkətsiz mikroorganizmlər iştirak edir ki, bunların əksəriyyəti fakultativ anaeroblardır. Belə bakteriyalardan çöp şəkillilər *Betabacterium*, kokkabənzərlər isə *Leuconostoc* kimi cinslərə daxildir. Bunlar *L. mesenterius* və *L. dextranicum* kələmin turşumasında və yemin siloslaşdırılmasında iştirak edib, şəkərləri parçalayarkən, süd turşusu ilə yanaşı etil spirti (2,4%) və CO₂ əmələ gətirir.

7) *Lact. brassica fermentai* - kiçik çöplərdən ibarət olub (1,5+2,0 mkm) çox vaxt cüt-cüt və ya qısa zəncir formasında düzülür. Bunlar əsasən tərəvəz məhsullarının (kələm, xiyar) turşulaşdırılmasında iştirak edir. Təbiətdə müxtəlif bitki qalıqlarının üzərində bu bakteriyalara rast gəlmək olur.

8) *Lact. lycopersici* - pomidor və onun şirəsinin xarab olmasında iştirak edir. Burada da süd turşusu ilə yanaşı sirkə turşusu, etil spirti, CO₂ və s. əmələ gəlir. Bəzən süd turşu-

suna qıçkırmaya əmələ gətirən bakteriyalardan *Str. faecalis* insanın bağırsaq sistemində, *Str. bovis* isə gövşəyən heyvanlarda olub, süd turşusuna qıçkırmada iştirak edir.

Atipik qıçkırmaya əmələ gətirən *Bifidobacterium bifidus* südəmər uşaqların bağırsaq mikloflorasının əsasını təşkil edir. Süd turşusuna qıçkırmaya bütün təbii proseslərdə təsadüf etmək olur. Bir çox zərərsiz streptokokllar ağızın tənəffüs yollarının selikli qişasında yaşayırlar. Lakin parazit növləri də vardır. Bu qıçkırmaya öz əhəmiyyəti etibarı ilə heç də spirtə qıçkırmadan geri qalmır.

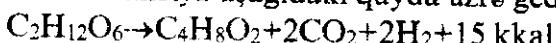
Süd turşusuna qıçkırmmanın praktiki əhəmiyyəti çox böyükdür. Bu prosesi əmələ gətirən bakteriyalardan müxtəlif süd məhsulları istehsalında, çörək bişirmədə, tərəvəz məhsullarının turşulaşdırılmasında yemin siloslaşdırılmasında, gön-dəri məmələtinin emalında, süd turşusu istehsalında istifadə olunur. Kəsmikin hazırlanmasında *Lact. bulgaricus* və *Lact. thermophilus* işlədir. Bundan əlavə zəif spirtli, turş içkilərin hazırlanması (keçir, qızılız və s.) prosesi də bu bakteriyaların iştirakı ilə gedir. Kefir südə kefir danəsi daxil edilməklə hazırlanır. Kefir danəsi bakteriyalarla (*Str. lactis* *Bact. caucasicum*) maya göbələklərinin (*Torula kefiri*, *Torula ellipsoidea*) simbiozu nəticəsində yaranmış orqanizmdir.

Yağ turşulu qıçkırmma

Yağ turşusu butanol, aseton, izopropional və digər üzvi turşular və spirlər şəkerlərinin anaerob şəraitdə bakteriyaların iştirakı ilə gedən yağ turşusuna qıçkırmaya məhsuludur. Prosesin biokimyəvi təbəeti 1861-ci ildə L.Paster tərəfindən aydınlaşdırılmışdır. O göstərmidir ki, yağ turşusuna qıçkırmaya xüsusi bakteriyaların iştirakı ilə gedir ki, bunlar da obliqat anaerobdur.

Yağ turşusuna qıçkırmaya bakteriyaları *Clostridium* cinsinə aid olan hərəkətli, qram-müsbat çöplər olub, protoplaz-

imasında ehtiyatda qida maddələrinə, qlikogen və qranulyozaya təsadüf olunur. Bakteriyalar inkişaflarının müəyyən dövründə spor əmələ gətirir. Qıçqırma prosesində lazım olan karbonu və enerjini bu bakteriyalar müxtəlif şəkərlərdən, çoxatomlu spirtlərdən (mannit, qliserin) və bəzi üzvi turşulardan alır. Qıçqırma zamanı yağ turşusu ilə yanaşı CO_2 , H_2 və s.əmələ gələ bilər. Yağ turşusuna qıçqırma prosesi 2 tipdə gedir: tipik və atipik. Tipik qıçqırmada şəkərlərin parçalanması zamanı yağ turşusu ilə birlikdə karbon qazı və hidrogen alınır. Reaksiya aşağıdakı qayda üzrə gedir:



Atipik qıçqırmada isə yağ turşusu ilə yanaşı digər məhsullar - bitil spirti, aseton, etil spirti və s. alınır.

V.H.Sapoşnikovun tədqiqatına əsasən yağ turşusuna qıçqırmada 2 dövr nəzərə çarpır. Birinci dövrdə mühitdə biokütlənin artması ilə paralel sirkə turşusu da toplanır. Yağ turşusu isə ikinci dövrdə mikrob hüceyrəsində maddələrin sintezi azaldıqda əmələ gelir. Bu qıçqırma 35°C temperaturlu neytral mühitdə fəal gedir. Turş mühitdə isə butil spirti, aseton almir və burada yağ turşusu əlavə məhsul kimi sintez olunur.

Yağ turşusuna qıçqırma bakteriyaları bir-birindən spor əmələ gətirmələri, proteolitik fəallığı, müəyyən şəkərləri parçalamaları, atmosfer azotunu fiksə etməsi və s. xüsusiyyətləri ilə fərqlənir.

Yağ turşusuna qıçqırmada əsasən aşağıdakı mikroorganizmlər iştirak edir:

1. *Clost. pasteurianum* - bu atmosfer azotunun fiksə etmə və polisaxardiləri parçalama qabiliyyətinə malikdir.
2. *Clost. acetonobutilicum* - şəkərləri, butil spirti, aseton, etil spirti, CO_2 və H_2 -yə parçalayır.
3. *Clost. felsineum* - digərlərindən fərqli olaraq hüceyrəsinin daxilində pektinaza fermenti olur və

ona görə də pektinli maddələrin qıcqırmasında iştirak edir.

4. *Clost. pectinovorum* – pektinli maddələrin qıcqırması ilə digərlərindən fərqlənir və bu prosesdə çoxlu süd turşusu əmələ gəlir.

5. *Clost. lactobutyricum* – bunlar karbohidratların butil spiriti və asetona qədər parçalayır.

6. *Clost. butyricum* – şəkərləri yağ və sirkə turşularına, CO_2 və H_2 –yə qədər parçalayır.

Yağ turşusu bakteriyaları peritixial kirpiklərlə hərəkət edən çöplərdən ibarət olub, uzunluğu 4-10 mkm-ə qədərdir. Bunların hamısı silindrik və ya ellips formalı sporlar əmələ gətirir. Silindrik sporlar əmələ gəldikdə hüceyrələrin görünüşü dəyişilib düycəyə-iyəbənzər formaya düşür.

Qıcqırmanın mexanizmi Embden-Meyerhof sxemi üzrə gedir. Burada piroüzüm turşusu əmələ gələnə qədər reaksiya spirtə qıcqırma olduğu kimiidir. Sonra piroüzüm turşusu karboksilaza fermentinin təsiri ilə sirkə aldehydi və qarışqa turşusuna parçalanır. Spirtə qıcqırmadan fərqli olaraq burada sirkə aldehydi karboksilaza fermentinin təsiri ilə aldollaşır və yağ turşusunu verir. Bu reaksiya sintetik proses olub, iki karbonlu birləşmələri 4 karbonlu birləşməyə (sirkə aldehydi aldoluna) və həmin birləşmədə (sirkə turşusu aldolu) yağ turşusuna çevirilir.

Yağ turşusuna qıcqırma təbiətdə geniş yayılmış qıcqırmalardandır. Bunu əmələ gətirən bakteriyalara torpaqdə, bataqlıqda, çay lilində, peyində və s. rast gəlmək olub, belə bakteriyaların fəaliyyəti nəticəsində çoxlu miqdarda üzvi birləşmələr parçalanır. Göstərilən bakteriyalar sadə şəkərlərdən əlavə, mürəkkəb şəkərləri-dekstrin, nişasta, pektinli maddələr, qliserin, süd turşusunun duzlarını və s. parçalaya bilir.

Yağ turşusuna qıcqırmadan texnikada çox işlədilən yağ turşusu, butil spirti, aseton istehsalında geniş istifadə olunur.

Yağ turşusunun mürəkkəb efirləri xoş qoxuya malik olduğuna görə şirniyyat və ətriyyat sənayesində aromatik maddələr kimi işlədir. Kətanın zavod miqyasında isladılmasında da *Clostridium* cinsinin növlərindən istifadə olunur.

Yağ turşusuna qıcqırma xalq təsərrüfatına böyük ziyan da verə bilir. Bu bakteriyaların fəaliyyəti nəticəsində külli miqdarda tərəvəz məhsulları, süd, pendir, konservlər xarab olur və ya keyfiyyətini itirir.

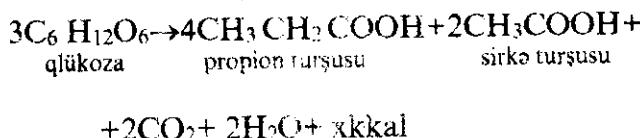
Propion turşusuna qıcqırma

Bu qıcqırmanın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, burada iştirak edən bakteriyalarla süd turşusu və onun duzları CO_2 və H_2O ayırmıyla propion və sirkə turşularına çevirilir.

Propion bakteriyaları müxtəlif biotexnoloji sahədə çalışılan tədqiqatçıların çoxdan marağına səbəb olmuşdur. Bu da həmin bakteriyaların istifadəsi zərurətindən irəli gəlmışdır. Məlumdur ki, pendir hazırlanmasında heyvanlar üçün yemin siloslaşdırılmasında, turşulaşmış süd məhsullarının, uşaqlar üçün qida məhsullarının vitaminlərlə zənginləşdirilməsində, sənaye miqyasında B_{12} vitamininin alınmasında və habelə propion və sirkə turşularının istehsalında və s. propion turşulu bakteriyalar mühüm rol oynayır.

Propion turşusuna qıcqırma əsasən *Propionbacterium* cinsinə aid olan növlərin iştirakı ilə gedir. Bu bakteriyalar xırda zəncirlər əmələ gətirən, hərəkətsiz, spor əmələ gətirməyən, qrammüsbat, fakultativ anaerob çöplərdən ibarət olub, süd turşusu bakteriyalarına bənzəyir

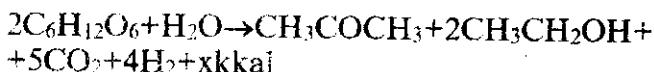
və onların hər ikisi eyni mühitdə yaşayır. Bunların inkişafı üçün optimal temperatur $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ -dir. Lakin $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ temperaturda və pH-4,5 olduqda inkişaf etmir. Propion turşusu bakteriyaları enerji mənbəyi kimi müxtəlif şəkərlərdən, süd turşusu duzlarından, azot mənbəyi kimi isə zülallardan istifadə edir. Qıçqırma aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Prosesin biokimyəvi mahiyyəti spirtə və süd turşusuna qıçqırmalarda olduğu kimidir. Reaksiya piroüzüm turşusu əmələ gələnə qədər Embden-Meyerhof tsikli üzrə gedir. Söhra piroüzüm turşusu ya sirkə turşusu və karbon qazına və ya da süd turşusuna qədər reduksiya olunur. Pendir istehsalında bu bakteriyalar süd turşusuna qıçqırma bakteriyaları ilə birlikdə inkişaf edib, əmələ gələn süd turşusu (onun kalium duzunu) propion turşusuna və CO_2 -yə çevrilir. Karbon qazının çıxması ilə pendirdə «gözcükler» əmələ gelir. Pendirdə propion turşusunun olması ona xüsusi dad və qoxu verir. Süd turşusundan başqa propion turşusu bakteriyaları müxtəlif şəkərləri piroüzüm turşusuna, qliserinə, amin turşusuna və s. məhsullara çevirə bilir.

Aseton -etil qıçqırması

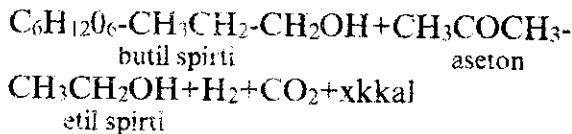
Aseton -etil qıçqırması zamanı şəkərlər, müxtəlif turşulara - qarışqa, sirkə turşuları, spirlərə - aseton, etil spirti, CO_2 və H_2 -yə parçalanır.



Bu prosesdə *Bac.acetoethylicus* (sinonim *Bac. macerans*) iştirak edir. Bunlar fakultativ anaerob, spor əmələ gətirən nazik hərəkətli, qram-mənfi çöplərdən ibarətdir (4-10 mkm). Sporları temperatura çox davamlıdır. Bu bakteriyaların inkişafı üçün mühitin pH-ı 8,9, temperaturu isə 40-45°C olmalıdır. Belə qıçqırmaya təbii şəraitdə də rast gəlmək olur. Göstərilən bakteriya hüceyrələrində pektinolitik fermentlər sistemi olduğuna görə bitki qalıqlarında olan nişasta, müxtəlif şəkərlər və digər karbohidratlı birləşmələr onlar tərəfindən asanlıqla parçalanır (sellülozadan başqa). Bu bakteriyalar pektinli maddələrin də hidrolizini əmələ gətirir. Ona görə bu qıçqırmanın böyük praktik əhəmiyyəti vardır.

Aseton-butil qıçqırması

Qıçqırmanın tərədicisi Cl. acetobutylicum-dur. Bu qıçqırma yağı turşusuna qıçqırmaya yaxındır. Lakin aseton-butil qıçqırma prosesində yağı turşusu qıçqırmasından fərqli olaraq, çoxlu miqdarda etil və butil spirtləri, aseton, yağı və sirkə turşuları əmələ gəlir. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Yağı turşusuna qıçqırma kimi bu prosesin də biokimyəvi xüsusiyyəti hələ dəqiq öyrənilməmişdir. Lakin məlumdur ki, hər iki qıçqırmanın ilk dövrü eyni olub spirte qıçqırma kimi Embden-Meyerhof-Parnes yolu ilə gedir. Prosesdə sirkə aldehidi karboksilaza fermentinin təsiri ilə aralıq məhsul-

lar əmələ gətirməklə asetona, şirkə turşusuna çevirilir, bu da nəhayət aseton və CO₂ əmələ gətirir.

Güman olunur ki, bu qıcqırma da asetonun əmələ gelməsi şirkə turşusundan, butil spirtinin isə əsasən yağ turşusundandır. Aseton-butil qıcqırmasından sənayedə geniş miqyasda aseton və butil spirti istehsalında istifadə edilir. Bunun üçün qarğıdalı unu və digər nişasta ilə zəngin məhsullardan istifadə olunur. Sənayedə aseton və butil spirti kimi həlledicilərlə yanaşı bu prosesdən B₁₂ vitamini əldə edilir.

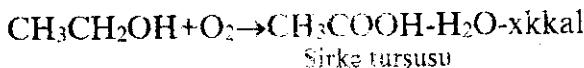
Aseton süni ipək və dəri istehsalında, butil spirti isə avtomobil, təyyarə, mebel və s. üçün lak istehsalında geniş işlədir. Bu qıcqırma nəticəsində əmələ gələn qazlardan metil spirtinin (CH₃OH) sintezində istifadə olunur.

Karbohidratlı maddələrin natamam oksidləşməsi

Bir çox mikroorqanizmlər öz tənəffüsleri zamanı üzvi qidalı maddələri CO₂ və suya qədər oksidləşdirirlər ki, bu da tam oksidləşmədir. Lakin natamam oksidləşmədə həmin üzvi maddələr oksidləşən üzvi maddələrə çevirilir. Məsələn, şirkə, qlyukon, fumar, limon və s. kimi turşulara. Təcribi əhəmiyyətə malik olanlara aşağıdakılardır:

Etil spirtindən şirkə turşusunun alınması

Məlumdur ki, süfrə çaxırı açıq qaldıqda tezliklə turşuyur, yəni çaxır şirkəyə çevirilir. Bu şirkə turşusu bakteriyaları ilə əlaqədardır. Onların fəaliyyəti nəticəsində etil spirti şirkə aldehidinə, sonra isə şirkə turşusuna qədər oksidləşir və reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Natamam oksidləşmə prosesi bakteriyalar üçün enerji cəhətcə əlverişlidir. Spirit oksidləşdikdən sonra bu bakteriyalar alınan məhsulu CO_2 və suya qədər parçalayır. Etil spirtini oksidləşdirən bakteriyalara təbiətdə hər yerdə təsadüf edilir, onlara havada tozla birlikdə, yetişmiş meyvələr üzərində, turşudulmuş meyvə və tərəvəz məhsullarında rast gəlmək olur. Bakteriyalar əsasən xırda *Drosophila* cinsinə daxil olan milçəklər vasitəsilə yayılır.

Bu prosesdə *Acetobacter* cinsinə mənsub olan bakteriyalar iştirak edir. Bunlardan *A.pasteurianum*, *A.aceti*, *A.orleanense*, *A.Xylinum*, *A.schutzenbachii* və s. göstərmək olar. Bu növlər bir-birindən morfoloji-kultural və fizioloji xüsusiyyəti ilə fərqlənir. Aralarında hərəkətli və ya hərəkətsiz, turş mühitdə inkişaf edən qrammənsi, spor əmələ gətirməyən çöpsəkilli aerob mikroorqanizmlər olub, qeyri-əlverişli şəraitə düşdükdə (yüksek temperaturolu mühitdə və s.) öz adı formasını dəyişib, uzun saplara çevrilir ki, saplarının da ortasında və ya sonunda kolbavari şişkinliklər əmələ gəlir. Buna involyusion formalar deyilir. Sirkə turşusunun alınması aerob olduğuna görə bu prosesdə O_2 -yə böyük ehtiyac vardır. Bakteriyalar mühitdə müxtəlif miqdarda turşu əmələ gətirir. Məsələn, *A.xylinum* - 4,5%, *A.aceti* - 6%, *A.orleanense* - 9,5%, *A.schutzenbachii* - 11% və s. bakteriyalar 30°C temperaturda, mühitdə 10-12% etil spirti olduqda prosesi daha fəal apara bilir.

Hazırda sirkə turşusunun geniş miqyasda istehsalında qədim üsuldan, yəni xammal kimi çaxırdan üzüm sirkəsinin alınmasında istifadə olunur. Bunun üçün sirkə ilə turşulaşdırılmış çaxır boçkalara tökülib açıq havada saxoanılır. Belə mayenin üst səthində sirkə turşusu bakteriyalarından ibarət qaysaq əmələ gelir və bunlar çaxırı sirkəyə çevirir. Alınan sirkə boşaldılr və pərdənin altına yenidən çaxır əlavə edilir. Bu proses bir necə dəfə təkrarlanır. Əgər əmələ gəlmış sirkə eyni mühitdə uzun müddət qalarsa, o zaman sirkə turşusuna

qıcqırmanı əmələ gətirən bakteriyalar onu CO_2 və suya qədər oksidləşdirir.

Mycoderma acetii və bəzi yabani bakteriyalar sirkəni daha tezliklə parçalaya bilir. Sirkə turşusu bakteriyaları propil və butil spirtlərini də müvafiq turşulara qədər oksidləşdirir. Məsələn, propil spirti propil turşusuna, butil spirti isə yağı turşusuna qədər oksidləşir. Bu bakteriyalar qlükozanı qlukon turşusuna qədər oksidləşdirir ki, buna qlukon turşusuna qıcqırma deyilir. Bu prosesdə *A.industum*, *A.oxydans* kimi növlərlə yanaşı *Aspergillus*, *Penicillium* cinslərinin nümayəndələri də istirak edir. Çoxatomlu spirtlər də həmin bakteriyaların köməyi ilə ketospirtlərə və ya ketoşəkərlərə çevrilir ki, bundan da texnikada askarbin turşusu (vitamin S) alınır. Burada xammal mənbəyi kimi qlükozadan istifadə olunur və bu əvvəlcə sorbitə çevrilir. Qliserin də bu bakteriyaların köməyi ilə kimya sənayesinin qiymətli məhsulu olan dioksiasetona çevrilir.

Sənayedə sorboza və dioksiasetonun alınmasında *A.suboxydans*, *A.xylinum*, *Amelanogenum* və s.sirkə turşusu bakteriyalarından istifadə edirlər. Bəzi sirkə turşusu bakteriyaları B_1 , B_2 və B_{12} vitaminlarını sintez edə bilir.

Sirkə turşusu bakteriyalarında oksidləşmə aşağıdakı müxtəlif yollarla gedir.

1. Bu bakteriyalarda ojan üç karbon tsikli fermentlərinin iştirakı ilə qlükoza Embden-Meyerhof-Parnes yolu ilə oksidləşir
2. Pentozofosfat yolu ilə şəkərlərin oksidləşməsi.
3. Qlükozanın Entner-Dudorov yolu ilə parçalanması.

Şəkərlərin limon və digər turşulara oksidləşməsi

Aerob tənəffüs və qıcqırma proseslərində göstərilmişdir ki, bir çox mikroorganizmlər bu və ya digər üzvi maddələri

aerob şəraitdə tam oksidləşdirmir, nəticədə oksalat, limon, kəhrəba, alma, koye, qlükon və s. turşular əmələ gəlir. Belə proseslər oksidləşdirici «qıcqırmalar» adlanır və onları əsasən göbələklər törədir. Göbələklərdən *Mucor*, *Rhizopus* cinslərinin növləri şəkəri kəhrəba, fumar, süd turşuları və etil spirtlərinə, *Aspergillus* və *Pencillium* cinslərinin nümayəndələri isə qlükon, oksalat və limon turşularına qədər oksidləşdirir. Prosesdə qlükon turşusunun əmələ gətirdiyi qlükonoksidəzə fermenti mühüm rol oynayır.

Oksaloasetathidrogenazanın köməyi ilə sirkə turşusundan quzqulağı turşusu əmələ gəlir.

Amin turşularını 1957-ci ildə Kinosita tərəfindən ayrılmış *Corynebacterium glutamicum*-dan alınmışdır. Bu bakteriya L-qlütamin turşusunu əmələ gətirir (Fruktozobifosfat yolu ilə)

Praktiki əhəmiyyətə malik olan limon turşusunun mikroorganizmlərin iştirakı ilə əldə edilməsi çox sadə yolla başa gəlir. Əvvəllər limon turşusunu tərkibində 7-9% bu turşu olan limon bitkisinin meyvəsindən, cir meyvələrdən alırdılar. Sonralar S.P.Kosticəv və V.S.Butkeviçin tədqiqatları ilə məlum oldu ki, limon turşusunu zavod miqyasında *Asper. niger* göbələyinin iştirakı ilə saxarozadan almaq olar.

Mikroorganizmlərin biogeokimyəvi fəaliyyəti

Mikroorganizmlərin Yer kürəsində həyatın təmin edilməsində ən əsas funksiyası onların maddələr dövranında iştirak edib bütün orqanogen və mineral elementlərin bioloji çevrilməsində – qazıntı üzvi maddələrin əmələ gəlməsi və dağılmasında, dağ səxurlarının ovulması və miqrasiyasında fəal iştiraklarıdır. Onlar öyrənilməklə Yerdə gedən elementlər dövranı barədə elmi təsəvvürlər aydınlaşa bilər. Biosferdə kimyəvi elementlərin yayılması, dəyişikliklərə uğraması ideyası V.Y.Vernadski tərəfindən verilmiş və digər tədqiqatçı-

lar (Vinoqradski, Beyerinq, Van-Nil, İşaçenko və b.) mikroorganizmlərin elementlər dövranında rolunu aydınlaşdırmışdır.

Məlumdur ki, yaşıl bitkilər günəş enerjisinin köməyi ilə fotosintez nəticəsində CO_2 , H_2O - dan və digər mineral birləşmələrdən üzvi maddələr sintez edirlər. Bitkilər torpaqdan kök sistemləri ilə azot, kükürd, fosfor, dəmir, kalium və digər elementləri alır. Torpağa daxil olmuş bitki qalıqları, heyvan cəsadları və digər üzvi birləşmələr parçalanıb minerallaşmadan bitkilər onlardan istifadə edə bilmirlər. Mikroorganizmlər bitki və heyvan qalıqları parçalamaqla, təbiətin sanitarı kimi, Yer səthinin daima qayğısına qahr. Hesablamlalar göstərir ki, yaşıl bitkilərin fotosintetik fəallığı o qədər yüksəkdir ki, onlar atmosferdə olan CO_2 -nin ehtiyatını 40 il müddətində tükəndirə bilərdilər. Əgər mikroorganizmlər və ibtidai heyvanlar üzvi maddələrin daimi minerallaşması nəticəsində CO_2 əmələ getirməsəydi, onda bitkilərin fotosintezi - CO_2 - nin fiksasiyası tezliklə dayanardı. Demək, torpaq mikroorganizmləri həyatda fotosintez qabiliyyətli yaşıl bitkilərdən heç də az rol oynamırlar. Mikroorganizmlər təbiətdə azot, karbon, kükürd və digər elementlərin dövranının əsas aparıcılarıdır.

Təbii karbonlu maddələrin parçalanmasında mikroorganizmlərin rolü

Üzərində yaşadığımız Yer kürəsi guman olunur ki, təxminən 4,5-5 mlrd.il əvvəl formalasmış və ilk dövrlərdə onun atmosferində əsasən hidrogen (metan, amonyak, su buxarı) və az hidrogen sulfid olmuşdur. Lakin atmosferdə oksigen çox sonralar, fotosintez qabiliyyətli ilk varlıqların fəaliyyəti ilə yaranmışdır. Paleontoloji tədqiqatlar da ilk eukariotların Proterozoy erasının orta dövründə əmələ gəldiyini göstərir. (Qusev, Mineeva, 1973) Şübhəsiz ki, belə qədim dövrdə əvvəlcə tək hüceyrəli mikroorganizmlər, göy-yaşıl yosunlar və çox sonralar isə bitkilər və digər canlılar yarana

bilərdi. Əgər göstərilən həmin illərdən əmələ gəlmış bitki və heyvani qalıqlar toplanıb parçalanmasaydı onda Yer üzərində həyat da olmazdı.

Xoşbəxtlikdən belə qalıqları parçalayan eks varlıqlar - mikroorqanizmlər varmış və onların həyat fəaliyyəti nəticəsində toplana bilən təbii maddələrin çox az hissəsi havasız-anaerob şəraitdə bərpa olunmuş karbonlu birləşmələrdə qazıntı üzvi maddələr formasında toplansa da, əsas hissəsi isə mikrobioloji parçalanmaya məruz qalıb maddələr dövrəni na daxil olur. Təbii maddələrə əsasın sellüloza hemisellüloza-ksilan, nişasta, fruktanlar, mannanlar, pektin, aqar, xitin, lıq-nin və s. yanaşı karbohidrogenlər də aiddir. (Şleqel, 1987).

Sellülozanın aerob və anaerob parçalanması

Məlumdur ki, sellülozanın tərkibində biosferin üzvi karbonu 50% toplanmışdır. Bu bitki mənşəli polisaxarid olub, ali bitkilərin 15-50%-ni təşkil edir. Torpaqda qalmış və ona qaytarılan bitki qalıqlarının 40-70% sellülozadan ibarətdir. Mikroorqanizmlər sellülozani parçalamaqla həm onun minerallaşmasında və həm də karbon dövrəsinə qaytarılmasında mühüm rol oynayırlar.

Sellüloza torpaqda və digər obyektlərdə həm aerob və həm də anaerob mikroorqanizmlərin iştirakı ilə parçalanmaya məruz qalır.

Aerob torpaq şəraitində sellülozanın parçalanmasında müxtəlif aerob mikroorqanizmlər - *Cellulomonas* cinsinin növləri, bəzi *Pseudomonas*, *Vibrio* və *Bacillus* cinslərinin növləri, göbələklərdən - miksobakteriyalar, əsil bakteriyalar parçalayıb istifadə edirlər.

Torpaqda bitki qalıqlarının aerob parçalanmasında 2 dövr nəzərə çarpır. Əvvəlcə *Celvibrio Myxococcus* və b. bu qalıqların nisbətən asan parçalanan hissəsini, ikinci dövrde isə çətin parçalanan maddələri *Cytophaga*, *Polyangium* və

bəzi göbələklər sadə birləşmələrə parçalayır. Sellülozadan əlavə mikroorganizmlərin yağları hemisellulozani, pektini, liqinini və bir çox digər maddələri, hətta karbohidrogenləri də parçalayır.

Anaerob şəraitdə əsasən *Clostridium* cinsinin növləri iştirak edir. Onlara torpaq, kompost, peyin, çay liliндə və durğun sularda təsadüf olunur. Sellülozanın parçalanması onun hidrolizindən başlamır. Ekzoferment depolimeraza və sellülozanın hüceyrədə əmələ gəlməsi ilə sellüloza qlükoza və ya sellibiora polisaxaridinə parçalanır.

Turş torpaqlarda sellülozanın parçalanmasında əsasən göbələklər – *Fusarium*, *Cheatomium*, *Trichoderma*, *Acpergillus* və s. cinslərin növləri *Myxobacteriyalardan* prosesdə *Cytophaga* və *Sporocytophaga* iştirak edir.

Göstərilənlərdən başqa meyvə bədəni əmələ gətirən *Serrantium*, *Archangium* və s. cinslərin növləri də sellülozani parçalayırlar.

Aktinomisetlər arasında sellülozanı parçalayanlar nisbətən az olsa da lakin onlardan *Micromonospora chalceae* *streptomyces selluloseae*, *streptosporangium* və s. göstərmək olar.

Anaerob şəraitdə mezofil və termofil *Clostridilər* sellülozanın aktiv parçalanma qabiliyyətinə malikdir. Onlara kompost, peyin, çay liliının təsadüf olunur.

Mikroorganizmlər adı sintetik Hetçinson və Kleyton mühitindən substrat kimi sellüloza və sellobiozadan, azot mənbəyi kimi isə NH_4^+ istifadə edirdi. *Clostridilər* nyetral və turş mühitdə 30-40°C inkişaf edir. *Clostridilərin* sellüloza parçalayan ilk növü 1902-ci ildə Clost Omelianski, sonra isə digərləri –*Cl.cellobioparinin* və *Cl.termecellum* (60-70°C) təpılmışdır.

Sellüloza qıçqırmışının məhsullarına etanol, sirkə, qarışqa, süd turşuları, H_2 və CO_2 aididir.

Sellüloza gövşəyən heyvanların mədəsində bir çox mikroorganizmlər tərəfindən parçalanır və onlar üçün əsas kar-

bon mənbəyi saman, yaşılı otlar və s. Quru otun tərkibində 50% kimi fruktoza və ksilan, o qədər də sellüloza vardır (bax hevan orqanizminin mikroflorasına).

İlk dəfə 1912-ci ildə Hetçinson və Kleyton sellülozanı aerob parçalayan spirochaeta cytophaqanın təmiz kulturasını hazırladıqları mühitdə almışlar

Nişasta və digər qlyunkaların parçalanması

Nişasta bitkinin əsas ehtiyat maddəsi olub 2 qlyunkondan – amiloza (15-17%) və amillopektindən ibarətdir. O, hüceyrədaxılındə dairəvi, mərcini xatırlayan və yumurtavari dənə formasında toplanır. (bax. Slegel, 2005).

Nişasta, turş hidrolizi zamanı fermentlərin təsiri ilə qlyukoza kimi parçalanır.

Hüceyrədən xaric nişasta amilaza ilə hidrolitik parçalanmaya məruz qalır. Parçlanama məhsulu olan maltoza ilə yanaşı oligomerlər (3-dən 7 kimi qlükoza qalığı) əmələ gəlir.

Bir çox torpaq göbələkləri fəal amilaza əmələ gətirdiyinə görə, sənayedə amilazanı almaq üçün *Aspergillus oryzae*, *A. niger* və *A. wenti* növlərindən istifadə olunur ki, onunla nişasta qlükoza kimi parçalanır.

Bakteriyalar arasında bir çox sporlular – *Bac. macerans*, *Bac. polymixxa* *Bac. subtilis*, *pseudomonadlar* müxtəlif streptomisinlər də nişastanı parçalamaga malikdir. Anaerob şəraitdə nişastanın parçalanmasında saxarolitik qabiliyyətli qlostridilər iştirak edir.

Bəzi bitkilərdə nişastadan əlavə fruktan – levan da əmələ gəlir.

Fruktanı parçalayan ferment *Asp. nigerdən* alınmışdır.

Mannanlar iynəyarpaqlı bitkilərin oduncuq hissəsində və həll olunmuş formada maye göbələkləri hüceyrələrində müşahidə olunur, onlardan Hansenula holstii qlükozalı mühitdə həll olan mannanı ifraz edir.

Dekstrant okzoferment dekstransaxarazanın iştirakı ilə saxarozalı qidalı mühitdə *Lenconostoc mesenteroides* və s. dextranicum növləri əmələ gətirir. Beləliklə, nişasta və digər qlukanlar mikrobioloji parçalanmaya məruz qalır.

Ksilan –hemisellülozanın parçalanması

Bu üzvi maddə liqnin və pektinlə birlikdə bitkilərin hüceyrə arası maddələrindən olub təbiətdə karbohidratlar arasında sellülozadan sonra ikinci yerdədir. Müxtəlif ağaclarда, xüsusilə şam ağacında, bir illik bitkilərdən, ot-jarda, samanda, qarğıdalı və s. olub, lakin çəkisinə görə dəyişkəndir. Məsələn, samanda 15-20%, jemixda 30% və digər bitkilərdə 7-12 % ola bilir.

Ksilan kimyəvi tərkibcə heteropolisaxarıdlardan olub, pentoz (ksilaza, arabinoza) və ya heksozdan (qlünkoza, mannoza, qalaktoza) ibarətdir.

Ksilan – ksilozanın polimeridir və çox birləşmələrində uron turşusu da olur. Bitkilərdə ksilan ehtiyat və ya dayaq maddəsidir. Bu maddə ksilan sellulazaya nisbətən ksilanaza fermenti ilə daha tez parçalanır. Məlumdur ki, sellülozani parçalayan bir çox mikroorqanizmlər fermentlərdən sellüloza ilə yanaşı ksilinazanı da əmələ gətirir.

Müxtəlif torpaqlarda ksilanın parçalanmasında fərqli mikroorqanizmlər iştirak edir. Turş torpaqlarda ksilanı əsasən göbələklər, neytral və qələvidə spor əmələ gətirənlər, sporocytophaga və digər bakteriyalar parçalaya bilir. Bəzi bakteriyalarda xüsusilə *Clostridium* cinsində sintez olunan ksilinaza konstitusion ferment, digərlərində isə induksiondur.

Ksilanın torpaqda parçalanması mühit şəraiti ilə (temperatur, rütubət, pH və s.) əlaqədardır.

Liqninin parçalanması

Bitkilərin oduncağında çox miqdarda liqnin olur və o bitkinin hüceyrə divarının ikinci qatında toplanır və hüceyrə arası maddələrin əsas komponentindəndir. Yaşıl otların quru çəkisinin 3-6%, müxtəlif bitkilərin oduncaq hissəsində 15-30% liqninə təsadüf olunur, lakin liqnin sərbəst olmur, o həmişə polusaxarıdlarla birlikdədir.

Liqnin sellüloza və ksilana məsbətən mikroorganizmlərə qarşı davamlı olub tədricən parçalanır. Onun aerob parçalanmasında əsasən *Basidomysetes* sinfinin nümayəndələri, müləyim temperaturlu mühitdə isə *Clavaria*, *Fomes*, *Polyporus* və s. iştirak edir.

Liqninə qarşı ən fəal növiyərdən *Fuzarium lactis*, *F.nivalis*, *Trichoderma liqnorum*, *Alternaria tenuis*, *Stremphylium botryosum*, ev göbələyi – *Merulius lacrymans* və b. göstərmək olar.

Torpaqda geniş yayılmış aerob bakteriyalardan *Pseudomonas* və anaeroblardan *Clostridium* cinsinin növləri də prosesdə fəal iştirak edir.

Liqnin torpaqda tədricən parçalandığına görə onun məhsullarının hamısının əmələ gəlməsində müəyyən rolu vardır.

Liqnini parçalayan mikroorganizmlər texnikada və ti-kintidə istifadə olunan taxta əşyaların və şalbanların, rütubətli şəraitdə tezliklə xarab olmasına səbəb olur və bununla da böyük ziyan verirlər. Belə vəziyyətin qarşısını almaq məqsədilə müxtəlif dezinfeksiya edici kimyəvi maddələrdən, xüsusilə nest məhsullarından geniş istifadə olunur.

Pektinli birləşmələrin parçalanması

Pektin bitki toxumalarında hüceyrə arası maddədir, əsasən gilə və çeyirdəkli meyvələrə bu maddə möhkəmlik

verir. Bu mürekkeb polisaxariddir, 3 tip pektini vardır: propektin hüceyrə divarının suda həll olmayan hissəsi; pektin metilefir əlaqəli qalaktron turşusunun suda həll olan polimer və pektin turşusu – suda həll olan metil efir əlaqəsi qalaktron turşusunun polimeridir.

Bakteriyalar və göbələklər protopektin, pektin və pektin turşusunu həm aerob və həm də anaerob şəraitdə parçalama qabiliyyətinə malikdirlər. Torpağın 1 qr-da 1 milyondan artıq pektinli maddələri parçalayan mikroorganizmlər olur. Xüsusilə, aerob parçalanmada *Bacillus* cinsinin nümayəndələrindən - *Bac. macerans*, *Bac polymyxia* və *Clostridium* növlərindən - *Cl. pectinovorum*, *Cl. felsineum*, *Cl. flavum* və b. iştirak edirlər. Pektin bir çox göbələklər, xüsusilə, fitopatogen göbələklər və bakteriyalar tərəfindən kənd təsərürəti bitkilərinin toxumalarına daxil olub, xəstəliklərə səbəb olurlar. Bu bakteriyalar 3 qrura aid ekzofermentlər – protopektinaza, pektinestreaza və pektinaza – sintez edirlər.

Torpaqda humusun əmələ gəlməsi və parçalanması

Torpaqda olan bitki və heyvan qalıqlarının əsas hissəsi parçalanmaya məruz qalaraq əvvəlcə onun asan parçalanan müəyyən hissəsi mineralizə olunur, lakin çətin parçalanan birləşmələr isə torpaqda uzun müddət onun komponenti kimi toplanıb qalır. Torpaqdakı bu üzvi birləşmələrin müəyyən hissəsi yarımcıq parçalanmış bitki qalıqları, digəri isə humusdan ibarətdir.

Humus (latınca – yer, torpaq sözündəndir) torpağın yüksək molekullu tünd rəngli, bioloji sənşəli üzvü maddəsi olub, tərkibcə humin turşusu, fulvo turşusu, humus və ulmindən ibarətdir (bsr, 1986).

Humusun əmələ gəlməsində bakteriyalar və göbələklərlə yanaşı ibtidailər və müxtəlif cinsə aid qurdlar da iştirak edir.

Bitki qalıqlarının huminlaşması ilə əlaqədar onun azotla zənginləşməsi baş verir. Bitki qalıqlarında karbonun azota nisbəti 40:1, humusda isə bu nisbet 10:1- dir. Burada azotun çox hissəsi üzvi azotlu birləşmələrə çevirilir ki, onları da bitkilər mənimsəyə bilmir.

Torpaqda humus bir tərəfdən daxil olan üzvi qalıqlarla zənginləşir, digər tərəfdən isə oksidləşməyə məruz qalaraq azala bilir.

Humusun torpağın məhsuldarlığında əhəmiyyəti çox böyükdür. O, bitki üçün ehtiyat qida mənbəyidir. Humus əkin qatında rütubəti qoruyur, torpağın strukturunun formalaşmasında və qorunmasında mühüm rol oynayır. Humusla zəngin torpaqlarda mikroorganizmlərin miqdarı, qrupp və növ tərkibi zəngin olur ki, bu da torpağın bioloji fəallığında mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Təbii şəraitdə hər tip torpaq əmələ gəlmə prosesində torpağın humus ehtiyatı yüksək olur. Kənd təsərrüfatı təcrübəsində torpaq gübrələnmədikdə onun humusu minerallaşmaya məruz qalıb, tədricən humus ehtiyatı azalır, lakin torpağın humus ehtiyatı ona üzvi birləşmələr verməklə stabilleşir, xüsusilə bitki qalıqları, peyin, kompost,- yaşıł gübə və növbəli əkinin humusun qorunmasında rolü böyükür. (Mişustin, Emsev, 1987).

Humusun parçalanmasında müxtəlif mikroorganizmlər qrupları iştirak edir ki, onlardan *Bacterium*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Clostridium* və b. göbələklərdən *Aspergillus*, *Penicillium* cinslərinin növlərini və b. göstərmək olar.

Son illərdə humusu çox ədalətli parçalayan *Nocardia* cinsinin qırmızı pigmentli koloniyaları əmələ getirən *N.rubra*, *N.corolina* və b. növləri də aşkar olunmuşdur (Mişustin, Emsev, 1987). Humus birləşmələrini transformasiya edən mikroorganizmlər torpaq profilinin formalaşmasında əsas

rol oynayır. Məsələn, podzol torpaqların müəyyən qatından Fe və Al toplanması mikroerqanizmlərin pereknoy kompleksini parçalaması ilə əlaqədar olması da göstərilmişdir (Aristolskaya, 1980).

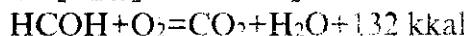
Hidrogenin oksidləşməsi

Təbiətdə hidrogen müxtəlif üzvi birləşmələrin parçalanması nəticəsində əmələ gəlsə də, lakin atmosferdə bu qaz çox az miqdardadır və havanın 100-l-də 11-18 ml hidrogen olur. Torpaq havasında bütün üzvi maddələrin parçalanması nəticəsində H_2 -nin sərbəstləşməsinə baxmayaraq orada demək olar ki, heç hidrogen yoxdur. Bu torpaqda olan xüsusi bakteriyaların hidrogenisuya kimi oksidləşməsi ilə əlaqədardır. Belə bakteriyalara hidrogeni oksidləşdirənlər adı verilir və onlara *Bact. pantotraphum*, *Bact. oligocarbonphilum* aiddir. Göstərilən bakteriyaar xırda ölçülü (1,2-1,5 mkm), spor əmələ gətirmeyən çöplərdən ibarət olub, yalnız aerob şəraitdə inkişaf edir. Onlardan əlavə hidrogenin oksidləşməsində *Bac. hydrogenes* də iştirak edir.

Bakteriyaların hidrogeni oksidləşdirməsi aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu oksidləmədə CO_2 iştirak edə bilir.



Bac. hydrogenes təmiz mineral qidalı mühitdə inkişaf etdikdə molekulyar hidrogendən enerji alır.

Həmin bakteriyalar molekulyar hidrogeni suya kimi oksidləşdirmə prosesində özlərinin inkişafı üçün lazımlı enerjini alır.

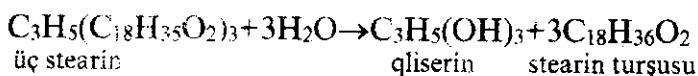
Molekulyar hidrogendən əlavə *Bac. hydrogenes* hidrogenin oksidləşdirilməsində nitrat və sulfatların da oksigendən istifadə edə bilir, nəticədə nitrat nitrit, nitrit ammonyaka, ammonyak molekulyar azota və sulfatlar isə H_2S kimi parçalanır.

Mühitdə çoxlu miqdarda hidrogen və CO_2 olduqda, lakin molekulyar oksigen olmadıqda bakteriyalar CO_2 -ni metana parçalayır. Ona görə də bəzi alımlar bu bakteriyaların neft karbohidrogenlərinin əmələ gəlməsində iştiraklarını göstərirlər.

Yağların oksidləşməsi

Yağlar kimyəvi tərkiblərinə görə qliserinin mürəkkəb eşfləri və müxtəlisf yağı turşularından ibarətdir. Yağların xüsusilə turşu hissəsi (stearin, olein, palmitin turşuları) çox çətin parçalanan üzvi birləşmələrdir. Bu maddələr mikroorganizmlər tərəfindən parçalanmasayı, o zaman külli miqdarda toplanıb torpaqda qalardı.

Yağların minerallaşması əsas etibarı ilə torpaqda olan yağlı maddələri parçalayan, tərkiblərində lipaza fermenti olan bakteriya və göbələklərin iştirakı ilə aşağıdakı sxem üzrə gedir:



Əmələ galən qliserin bir çox mikroorganizmlər tərəfindən mənimşənilir. Sirkə turşusu bakteriyaları qliserindən dioksiaseton əmələ gətirir. Qliserin yağı turşusuna qıçdırma əmələ gətirən anaerob bakteriyalar tərəfindən də istifadə olunur. Yağı turşuları qliserinə nisbətən çətin və tədricən parçalanır. Əvvəlcə oksigenin iştirakı ilə hidrogensizləşməyə uğrayır və nəticədə aralıq məhsullar (ketonlar, aldehidlər, oksitürşular və s.) əmələ gəlir, sonralar isə bu məhsullar CO_2

və H_2O -ya qədər parçalanır. Yağların oksidləşməsi prosesində sporsuz çöpvari hərəkətli bakteriyalardan *Pseudomonas fluorescens*, *P. pyocyanum*, *Ach. prodigiosum*, *Ach. lipolyticum*, sporlularlardan isə *Bac. mycoides*, *Bac. mesentericus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium sporogenes* iştirak edir. Prosesdə göbələklərin də rolü böyükdür. Göbələklərdən *Aspergillus niger*, *Oidium lactis*, *Cladosporium herbarum* və müxtəlif növ şüali göbələklər iştirak edir.

Göstərilən bu mikroorganizmlər mürəkkəb yağı yalnız qliserin və yağ turşulurana deyil, alınan məhsulları da CO_2 və H_2O -ya qədər parçalayır.

Tədqiqatlar göstərir ki, torpağın hər m^3 -də bir il müddətində 1 kq-a qədər yağlı maddələr parçalanır.

Yağları parçalayan mikroorganizmlər ifraz etdikləri lipopolitik fermentlərin köməyi ilə bu maddələri əvvəlcə hidroliz edir, sonra isə oksidləşdirir. Nəticədə CO_2 və su alınır. Mum və digər yağlı maddələr də eyni qayda ilə parçalanır. Təbii şəraitdə mikroorganizmlər tərəfindən yağıların parçalanmasının təbiətdə maddələr dövranında böyük rolu vardır.

Karbonun miqdarı havadakı ümumi qazların həcminin 0,03%- nə bərabərdir və bu dəyişilmir, çünki fotosintez və minerallaşma CO_2 -ni daima tənzimləyir.

Karbon dövranında iki fərqli proses müşahidə olunur ki, bu da oksigenin sərbəstləşməsi və udulması ilə əlaqədardır.

I prosesdə ali bitkilər yosunar və göy-yaşlı yosunlar oksidləşmiş karbonu (CO_2 -ni) bərpa olunmuş oksigenə (H_2O) və o da molekulyar oksigenə (O_2) kimi oksidləşdirirlər;

II prosesi isə mikroorganizmlər oksigenin udulması ilə tamamlayır və oksigenli fotosintez üçün substrat olan CO_2 və H_2O əmələ gətirir.

Hesablamalar göstərir ki, bitki organizmləri və xüsusiilə sürətli çoxalma qabiliyyətinə malik mikroorganizmlər, dəniz fitoplanktonu üzvi kütlə formada ildə $1,5 \cdot 10^{11}$ ton karbon əmələ gətirir ki, bu da $1,4 \cdot 10^{20}$ kal enerjiyə bərabərdir. Əmə-

İə gəlmış üzvi kütlə tənəffüs, çürümə, üzvi maddələrin yanması və s. nəticəsində karbon qazına, çürüntüyə-sapropelə, humusa, torfa çevrilir. Karbon qazının əksər hissəsi müxtəlif sükurların, qazıntı üzvi maddələrin tərkibində toplanır. Atmosferdəki CO₂ ilə okean sularındaki CO₂ arasında həmişə hərəkətli tarazlıq mövcuddur. Göstərilənlərdən əlavə püskü-rən vulkanlarla külli miqdarda CO₂ və su xaric olur.

Karbonun dövranı yaşıł bitkilərin və avtotrof mikroorganizmlərin karbon qazının fiksasiyası ilə başlanır. Bu orqanizmlərin fotosintez və xemosintez prosesləri nəticəsində əmələ gəlmış üzvi karbonlu birləşmələr özləri tərəfindən enerji mənbəyi kimi istifadə olunmaqla mühitə karbon qazı xaric olunur (Fedorov, 1955).

İnsanlar və heyvanlar istifadə etdikləri karbonlu maddələri tənəffüs prosesində CO₂ formada xaric edirlər. Bitki və heyvani qalıqların parçalanması ilə də CO₂ atmosferə daxil olur.

Xüsusilə qeyd olunmalıdır ki, hər hektar torpağın əkin qatı vegetasiya müddətində təxminən 15 ton karbon qazı ayırır.

Atmosferin karbon qazı ilə zənginləşməsində mikroorganizmlərin tənəffüs və qıçırma proseslərinin də mühüm rolü vardır. Bu proseslər nəticəsində müxtəlif üzvi maddələr spirte, süd və yağ turşularına və s. oksidləşməklə külli miqdarda karbon qazı ayrılır.

Liqninin oksidləşməsi

Ağac qalıqlarının tərkibində sellüloza ilə birlikdə liqnin də vardır. Bu maddə hüceyrə qilaşının ikinci qatında yerləşir və hüceyrəarası komponentlərdəndir. Cavan bitkilərdə liqnin miqdarı nisbətən az, lakin bitkinin yetişmə dövründə isə miqdarı yüksəlir. Cavan alaq otlarında bu maddə bitki-

nin quru çəkisinin 3-6%, lakin ağac növlərində isə 18-dən 30% - ə qədər təşkil edir.

Liqnin yalnız polisaxaridlərlə birlikdə olur və bu bir və ya bir neçə aromatik qrupların polimeridir. Bu hədsiz möhkəm birləşmə olduğuna görə mikroorqanizmlər sellüloza və hemisellüozaya nisbətən bu maddəni çətin və eksər növləri isə Liqninin heç parçalamırlar. Demək olar ki, yalnız xüsusi uyğunlaşmış göbələklər bu maddəni parçalama qabiliyyətinə malikdirlər. Liqninin aerob parçalanmasında mülayim temperaturda bazılılı göbələklər, xüsusilə *Clavaria*, *Armillaria*, *Fomes*, *Polyporus*, *Merulius* və s. cinslərinin növləri fəal iştirak edirlər. Onlarla yanaşı *Fusarium lactis*, *Trichoderma liqnorum*, *Alternaria teneuis* və s. natamam göbələk növləri də bu parçalanmada fəaliyyət göstərirlər.

Torpaqda olan aerob bakteriyalardan *Achromobacter* və *Pseudomonas* cinslərinin növləri və hətta aktinomisetlərin də bu prosesdə iştirakı qeyd olunur.

Bu parçalanmada proses liqnidini hirolizindən başlayır və vanil, vanilin turşusu sadə aromatik birləşmələr alınır. Bu maddələr oksidləşərək son məhsullar olan karbon qazı, su, humusabənzər maddələr əmələ gəlir. Bu prosesin karbon dövranında müəyyən rolu olduğu kimi zərəri lə çoxdur. Məsələn, ev göbələyi (*Merulius lacrymans*) çox vaxt texnikada və tikintidə istifadə olunan taxta və şalbanları yoluxdurduqda rütubətli şəraitdə onlar tezliklə yararsız olur. Bunun qarşısını almaq üçün müxtəlif dezinfeksiyaedici neft mənşəli kimyəvi maddələrdən istifadə olunur.

Aqar, xitin və digər mürəkkəb maddələr də mikroorqanizmlərin iştirakı ilə parçalanmaya məruz qalır.

Karbohidrogenlərin oksidləşməsi

Karbohidrogenlər kimyəvi çox çətin parçalanan üzvi maddələrə aid olmasına baxmayaraq onlar da mikroorqa-

nizmlərlə parçalana bilirlər. Məlum olmuşdur ki, təbiətdə belə maddələr mikroorganizmlərin *Arthrobacter*, *Methyloimonas*, *Methylococcus*, *Pseudomonas*, *Nocardia*, *Mycobacterium*, maya göbələklərindən *Candida* və digər göbələklər tərəfindən destruksiya olunurlar.

Karbohidrogenlərin alifatik və aromatik birləşmələrinin oksidləşməsi prosesində müxtəlif mikroorganizmlərin cinsləri və növləri fəal iştirak edirlər. Belə mikroorganizmlərin fəaliyyəti nəticəsində neftlə çıkrılmış dənizlər, göllər, torpaq tezliklə zəhərli karbohidrogenli birləşmələrdən təmizlənə bilir ki, bunun da bitki və heyvanların həyatında mühüm rolу vardır.

Beləliklə, məlum olur ki, torpaqda olan bütün üzvi birləşmələr kimyəvi tərkiblərindən asılı olmayaraq torpaq mikroorganizmlərinin müxtəlif növlərinin həyat fəaliyyəti nəticəsində parçalanmaya məruz qalır ki, nəticədə CO_2 sərbəstləşir, bitkilərin istfiadəsinə və atmosferə verilir.

Karbohidrogenlərin alifatik və aromatik birləşmələri də vardır ki, onlar da oksidləşməyə məruz qalır.

Alifatik karbohidrogenlərin oksidləşməsi

Heksan, oktan, neftin parafinli fraksiyası və s. bu kimi maddələr həm zəhərli, həm də çox çatın parçalanma xüsusiyyətinə malikdir. Ona görə də bunların torpaqda parçalanması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Alifatik karbohidrogenlər xüsusi mikroorganizmlər tərəfindən mənimşənilir. Bunlardan müxtəlif növ mikrobakteriyalar (*Mycob. album*, *Mycob. luteum* və başqları), bakterialardan *Pseudomonas fluorescens*, *Bact. aliphaticum* və s. göbələklərdən *Penicillium*, *Aspergillus* və digər cinslərin növləri, *Actinomyces* cinslərinin növləri və s. iştirak edir.

Bu organizmlər göstərilən maddələri karbon mənbəyi kimi mənimşəyib, onları əvvəlcə aralıq məhsullara (spirtlərə,

üzvi turşulara və s.) və nəhayət son məhsullara qədər (CO_2 və su) parçalayır.

Karbohidrogenlərin və onların törəmələrinin parçalanmasının neinki təbiətdə karbon dövranında, hətta torpağın və su hövzələrinin zəhərli maddələrdən təmizlənməsində və oradakı canlıların həyatında böyük əhəmiyyəti vardır. Oksigen çox olan bu mühitdə bu proses daha tintensiv gedir.

Aromatik karbohidrogenlərin oksidləşməsi

Buraya aromatik həlqəli çətin parçalanan birləşmələrdən olan benzol, toluol, ksilol və digər maddələr aiddir. Belə birləşmələrin parçalanması oksigenin iştirakı və oksigenazaların köməyi ilə gedə bilir. Onların oksidləşmə prosesi ilk dəfə həmin maddələrdən torpağın sterilizasiyasında istifadə etdikdə aydın olmuşdur. Toluol və ksilolu torpağa verdikdən bir müddət sonra onlar tezliklə torpaqdan yox olmuşlar, yəni parçalanmışlar. Torpaqda bu maddələrin miqdarı 0,01%-dən, 0,1%-ə qədər əldə edildiğinde parçalanma daha intensiv gedir.

Aromatik karbohidrogenlərin oksidləşməsində *Bact. benzoli*, *Bact. toluoli* və s. iştirak edir. Həmin bakteriyalar dan birincisi benzol, itoliot, ksiloli oksidləşdirdiyi halda, ikinci növ isə bunlarla yanaşı etil-benzol, kumol və timol kimi maddələri oksidləşdirir. Bu bakteriyalardan əlavə torpaqdan *Mycobacterium* cinsinin müxtəlif növləri də ayrılmışdır ki, bunlar metakrezol, naftalin və fenantren kimi maddələri parçalayırlar.

Aromatik karbohidrogenlərin törəmələri də, yəni aromatik spirtlər, aldehidlər, turşular torpaqda asanlıqla parçalanır. Bu prosesdə *Bact. phenoli*, *Mycoplasma bullata*, *Bact. platinchoma* və s. mikroorqanizmlər iştirak edir.

Bakteriyalardan əlavə fenol, hidroxinon, piroqallol, pirokatexin və s. aromatik birləşmələrin parçalanmasında gö-

bələklərdən *Aspergillus niger* və *Penicillium* cinsinin növləri mühüm rol oynayır. Torpaqda olan azotobakterlər də benzoy və oksibenzoy turşularını parçalaya bilir.

Bütün bu organizmlər göstərilən aromatik birləşmələri CO_2 və suya parçalayır.

Qaz halında olan metan, etan, propan, butan kimi karbohidrogenləri də mikroorganizmlər oksidləşdirə bilir və onlardan vahid karbon mənbəyi kimi istifadə edirlər. Metilotroflara aid olan bu mikroorganizmlər karbon mənbəyinə görə 2 qrupa bölünlərlər: Obliqat və fakultativ metilotroflar. Obliqat metilotroflara metan oksidləşdirənlər aiddir ki, bu mikroorganizmlər metan və metanoldan başqa digər karbon mənbəyindən istifadə etmirler. Belə bakterialara *Methyloimonadaceae* fəsiləsinin *Methyloimonas*, *Methylococcus*, *Methylobacter* cinslərinin növləri aiddir ki, onların əsas xüsusiyyəti digər metan mənimşəyənlərlə assosiyasiya əmələ gətirmələridir; çünki onlar yalnız C_1 birləşmələrinə parçalanmağa uyğunlaşmışlar. Fakultativ metilotroflar qaz halında olan karbohidrogenlərdən əlavə müxtəlif üzvi birləşmələrin (turşular, şəkerlər, spirtlərin) karbonundan istifadə edə bilirlər. Belə mikroorganizmlərə *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Corynebacterium* cinslərinin bəzi növlərini göstərmək olar.

Metan oksidləşdirici bakteriyalar üzvi maddələrin bioloji anaerob parçalanması zamanı metan qazı ayrılırlar.

Qaz halında olan karbohidrogenlərdən vahid karbon mənbəyi kimi istifadə edən mikroorganizmlərdən xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində yem züləli və bioloji fəal maddələrin alınmasında, şaxtalarda metan toplanması ilə mübarizədə və s. istifadə oluna bilir.

Beləliklə, məlum olur ki, torpoqda olan bütün üzvi birləşmələr onların kimyəvi tərkiblərindən asılı olmayaraq, torpaq mikroorganizmlərin müxtəlif növləri tərəfindən müəyyən şəraitdə parçalanır.

V MİNERAL ELEMENTLƏRİN MİKROBİOLOJİ ÇEVİRİLMƏLƏRİ

Bir çox elementlər kükürd, fosfor, kalium, silisium, manqan, alüminium və b. bitkilər və torpaq mikroorqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində üzvi birləşmələrdən mineral-lara və ya əksinə çevrilir. Torpaqda bu birləşmələr ya sərbəst və ya da humusun tərkibində toplanır. Elə element yoxdur ki, torpaq mikroorqanizmlərinin təsirinə məruz qalmasın və beləliklə, kükürd də mikroorqanizmlərin sayəsində torpaq canlılarının qidasına bəzi maddələrin zəhərlilik qabiliyyətinin azalmasına və ya itməsinə səbəb olurlar.

Ayri-ayrı elementlərin mikrobioloji çevrilmələri aşağıda verilir.

Dağ sűxurları və çöküntülərdə mikroorqanizmlərin rolü.

Dağ sűxurlarının formalashası və parçalanması prosesi litosferanın yüksək qatlarından, onun atmosfer və hidrosfer ilə toxunan sərhədlərində heterotrof mikroorqanizmlərin bilavasitə iştirakı ilə əmələ gəlir. Aparılan mikrobioloji tədqiqatlar göstərir ki, dağ sűxurlarının üzərindən 5 km dərinliyinə qədər olan qatda çoxlu miqdarda mikroorqanizmlərə təsadüf olunur. N. A. Krasilnikovun (1949, 1950) işləri göstərir ki, dağ sűxurlarının üst səthinin torpağının hər 1 q-da minlərlə mikroorqanizmlər olur və dərinliyə getdikcə bunların miqdarı azalır. Əlbəttə, sűxurlar üzərində mikroorqanizmlərin belə geniş yayılması, onların bu sűxurların parçalanmasında müəyyən dərəcədə iştirakını göstərir. Ləkin bəzi tədqiqatçılar bu məsələyə şübhə ilə yanaşırlar, cünki burada müşahidə olunan mikroorqanizmlərin əksəriyyəti zəngin üzvi maddələrlə qidalananlara aiddir. Belə güman olunur ki, guya onlar havadan sűxurlar üzərinə çökmüşlər.

Lakin sulfit və sulfat mənbələrində tion bakteriyalarının və sūxurların parçalanması məsələsi şübhəsizdir.

Silikatlara və alüminium silikatlara mikroorganizmlər dən bakteriya və göbələklərin təsiri barədə də geniş məlumatı D.M. Veblinin tədqiqatlarında rast gəlmək olur. Göründüyü kimi mikroorganizmlər hətta davamlı minerallardan olan silikatları da parçalaya bilirlər. Güman ki, bu proses bakteriyaların ifraz etdikləri ketoqlyukonat turşusunun əmələ gəlməsi nəticəsində bas verə bilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, dağ sūxurlarının parçalanmasında mikroorganizmlərin rolu və onların geniş yayılmış növləri barədə hələ kifayət qədər tədqiqatlar aparılmamışdır.

Mikroorganizmlərə yalnız dağ sūxurlarında deyil, hətta müxtəlif eralarda əmələ gəlmış çöküntülərdə də geniş rast gəlmək olur.

A.Q.Voloqdinin apardığı tədqiqatlar göstərir ki, ən qədim qazıntı bakteriyalarına Kembriya qədər olan çöküntülərdə təsadüf olunur.

Paleontoloji dəllərlə sübut edir ki, bakteriyalar daha qədimdə yaşayan canlılardır. Hələ Arxey dövrünün axırından ilk qazıntınlarda bakteriyalar və göy-yaşıl yosunların izlərinə, Proterozoyun ortasında ilk aerob prokariotlar, ilk eukariotlar, sonunda isə çox hüceyrəlilərin qalıq izlərinə təsadüf olunmuşdur. 3 milyard il əvvəl əmələ gəlmış Cənubi Afrika sūxurları üzərində də müasir bakteriyalara oxşar qalıqlar tapılmış və *Eubacterium isolatum* adlandırılmışdır. Bunun elektron mikroskopunda öyrənilməsi göstərdi ki, müasir bakteriyalarda olduğu kimi, bunların da ikiqatlı hüceyrə divarı vardır. (0.5×0.25 mkm). Müəyyən edilmişdir ki, stromalotiklər müasir baxımdan qəlim fotosintezedici göy-yaşıl yosunların həyat fəaliyyəti məhsullarıdır. Belə bakteriyalar Kembri, Devon, Perm dövrlərinin və Mezazoy erasının çöküntülərində də müşahidə olunmuşdur. Bu qalıqlarda əsasən dəmir bakteriyalarını görmək olur.

Bütün bunlara görə qəti inamlı demək olar ki, Yerin biosferində gedən maddələr dövranında mikroorganizmlər çox qədim geoloji dövrlərdən də iştirak etmişlər.

Müxtəlif kaustobolitlərdə (torf, daş kömür və s.) də mikroorganizm qalıqlarına təsadüf olunur (Taycon, 1947). Daş kömürdə, qonur kömürdə Devon dövrünün bitki qalıqlar üzərində külli miqdarda parazit və saprofit göbələk mitseliləri müşahidə edilmişdir. Hazırda aparılan mikrobioloji tədqiqatlar göstərir ki, yaş torfun 1 q.-da (üst qatda) 700 milyona qədər mikroorganizm olduğu halda, 25-30 sm dərinlikdə 25 milyona qədər azalır və 6 m dərinliyə qədər bunların miqdarı təxminən eyni miqdarda qalır. V.K.Nefitov (1958) torfun göbələk florasını öyrənərkən orada 74 növ göbələyin olduğunu göstərmişdir. İstər paleontoloji dəllələr və istərsə də hazırkı tədqiqatlar bir daha sübut edir ki, torfun əmələ gəlməsində, bitki qalıqlarının parçalanmasında mikroorganizmlərdən kif göbələkləri mühüm rol oynayırlar, bakteriyalar isə yalnız parçalanmış yarımcıq məhsulları sona qədər parçalayırlar.

Bütün bunlar göstərir ki, hələ Kembri, Devon dövrlərindən başlamış, bitki qalıqlarının parçalanması prosesi əsasən mikroorganizmlərin iştirakı ilə gedir.

Yeraltı çöküntülərdən başqa yeraltı sularda da mikroorganizmlər geniş yayılmışdır. Artezian quyularının suyununda (1 ml-də 300 mikrob hüceyrəsi olur) mikroblar çox azdır. Bulaq suları isə təmizdir.

Yerin dərin qatlarında, xüsusilə neft lay sularında da mikroorganizmlər külli miqdardadır. Müxtəlif dərinlikdən çıxarılan bu sularda desulfatlaşdırıcı, denitrleşdirici, ammonyaklaşdırıcı və digər bakteriyalar tapılmışdır (Qinzburq-Karaqicheva, 1926, Bastin, 1926 və başqaları).

B.L.İsaçenka (1946) Bakıda 2200 m dərinlikdə sonralar daha çox dərinlikdə qazılan lay sularında bir çox bakteriyalardan əlavə, rəngli kükürd bakteriyalarını da müşahidə etmişlər (Həsənov M., Abdullayev Ə. H.).

Neftin anaerob parçalanmasından yanar qazların əmələ gəlməsi məsələsinin də S.İ.Kuznetsov (1950) və B.A. Ekzessov (1956,1960) tərəfindən mikroorqanizmlərin rolü olduğu öyrənilmişdir. Belə ki, hidrogendən metan və üzvi turşular neftin parçalanmasından isə CO_2 əmələ gətirən mikroorqanizmlər ayrılmışdır.

Məlum olmuşdur ki, lay suları ilə mikroorqanizmlər kontaktda olduqda oradakı mikroorqanizmlər tərəfindən neftin parçalanması başlanır. Xüsusilə laylara su vurduqda anaerobüğun pozulması nəticəsində neftin parçalanması daha da sürətlənir və ən əvvəl neftin yüngül fraksiyaları parçalanır. Neft quyularının uzun müddətli istismarı nəticəsində lay suyunda mikroorqanizmlərin miqdarı artır və bu da neftin oksidləşməsini sürətləndirir.

Qeyd etmək lazımdır ki, hal-hazırda daha dərin (4-5 km dərinliyə qədər) qazanılan neft quyularının suyunda müxtəlif mikroorqanizmlərə təsadüt olunur.

Mikroorqanizmlərin geokimyəvi fəaliyyətindən istifadə olunması

Neft, sulfat və sulfit yataqlarında, mikroorqanizmlərin geoloji fəaliyyətinin öyrənilməsinin böyük praktiki əhəmiyyəti vardır. Məsələn, neftin ikinci emalını artırmaq üçün neft sularında geniş yayılmış sulfat reduksiyaedici bakteryaların kulturasından istifadə edilir. Bu bakteryalar quyularда artaraq neftin yüksək özlülük qabiliyyətini azaldır və neftin yüngül komponentlərini parçalayır. Beləliklə, də quyuda qalmış neft məhsulu neft və qaz halında emal olunur.

Aşkar olunmamış neft yataqlarının kəşf edilməsində də karbohidrogenləri mənimsəyen bir qrup bakteriyalardan indikator kimi istifadə edilə bilir. Bunun üçün tərkibində karbon mənbəyindən başqa, bütün qidalı maddələr olan mineral tərkibli qidalı mühit hazırlanıb, xüsusi qablara töküür.

Bu mühitə neft buxarından karbon mənbəyi kimi istifadə edən mikrob əkilir. Belə qablar bir neçə günlüyə yoxlanılaçaq laylara buraxılır. Həmin müddət ərzində qablara əkilmiş bakteriyalar inkişaf eblilərsə, demək layda karbohidrogenlər buxarı, yəni neft vardır.

Metan və propion oksidləşdirən bakteriyaların yayılmasını öyrənməklə Q.A.Moqilevski neft və qazın axtarılması üsulunun mikrobioloji əsasını vermişdir.

Torpaqda külli miqdarda karbohidrogenləri oksidləşdirən mikroorganizmlərin tapılması orada neftin və qazın olmasına işarədir.

Neft lay sularında sulfat reduksiyaedici bakteriyaların fəaliyyəti nəticəsində çoxlu miqdarda hidrogen sulfit əmələ gelir. Bu birləşmə quyuda olan avadanlığın korroziyasına (paslanması) səbəb olmaqla tezliklə onları xarab edir.

Bakteriyalardan *Thiobacillus ferrooxydans* daş kömürdə olan piriti oksidləşdirib, onu kükürddən azad edir və beləliklə daş kömürün keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasında bu bakteriyadan istifadə olunur.

Bu bakteriyalardan mis mədənlərində də az zəngin sulfit filizlərinin qələviləşdirilməsində istifadə edirlər və beləliklə də mis metalı ucuz qiymətlə və asan yolla həmin yataqlardan istismar edilir. Qeyd etdiyimiz kimi prosesi sürətləndirmək üçün dəmir sulfatdan istifadə edirlər ki, bunun təsiri ilə metal məhlula keçir və asanlıqla emal olunur. Molibden, mərgümüş və digər metalların da ayrılmasında mikroorganizmlərdən tion bakteriyalarının *Thiobac. ferroxidans*-in fəaliyyətindən istifadə oluna bilər.

Mikroorganizmlərin neftin mənşəində rolü

Hazırda neftin mənşəyi barədə dəqiq fikir söylemək çətin olsa da, lakin bu barədə 2 nəzəriyyə – üzvi və mineral nəzəriyyə mövcuddur. Bir çox tədqiqatçılar üzvi nəzəriyyə-

nin, yəni neftin mikroorganizmlərin bilavasitə iştirakı ilə canlı orqanizmlərdən əmələ gəldiyini göstərirlər. Təmizlənmiş neftdə müxtəlif karbohidrogenlər, azot birləşmələri, kükürd, fosfor və digər elementlərin olması, neftin üzvi mənşəli olması barədə fikirləşməyə əsas verir. Neftin mənşəyi probleminə həsr olunmuş tədqiqatlar göstərir ki, neft 30-80°C temperatrda, (7250 kg/sm^3) yüksək təzyiqdə, güman ki, dəniz dibində anaerobioz şəraitdə, yüksək duzluluq olmayan mühitdə əmələ gələ bilər.

Neftin biogen mənşəyi barədə fərziyyə irəli sürən Zobell, Devis və b. göstərilər ki, neft əmələ gələn məhsuldar qatlarda təsadüf oluan mikroorganizmlər, oraya bir çox tədqiqatçıların göstərdiyi kimi xaricdən düşməmiş, onlar həmin mühitdə yaşayarlardır. Bu mikroorganizmlər bitki və heyvan qalıqları parçalanmasını təmin edirlər.

Zobell plankton çöküntü, humus və neftin elementar tərkibini müqayisə edərək belə nəticəyə gelir ki, müasir dəniz çöküntülərində üzvi maddələr tədricən dəniz humusuna çevrilir ki, buna da öz elementar tərkibinə görə neftə daha yaxındır.

Bakteriyalar bitki qalıqları və humusun üzvi maddələrindən metani, bakterial hüceyrələrin özlerinin tərkib hissəsindən isə maye karbohidrogenləri əmələ gəlmışdır.

Beləliklə, bakteriyaların parçalandığı bitki qalıqlarından və bakterial hüceyrələrin tələf olması nəticəsində azad olan karbohidrogenlərdən neft əmələ gelir. Zobellin bu fikri nə qədər əsaslanmış olsa da yeno də hələlik fərziyyə olaraq qalır.

Mikroorganizmlərin iştirakı ilə CaN_2^{+} metan (CN_4) və ya etan (C_2N_6) sırasının karbohidrogenlərinin əmələ gəlməsi də maraqlı məsələlərdən biridir. Aparılan bir çox tədqiqatlarla bunun mümkün olduğu göstərilir. Məlumudur ki, bütün ali bitkilər yağlar və karbohidratlar sintez edirlər. Belə təsəvvür etmək olar ki, daş kömür yataqları əmələ gətirən bitki qalıqlarının nəhəng çöküntüleri bir çox makroorganizmlərin təsiri ilə parçalanır. bunun da nəticəsində külli miqdarda neftdə olan karbohidrogenlər ayrıılır. Lakin bu prosesin

mexanizmi hələlik müəyyənləşdirilməmişdir. Mikroorganizmlərin neftin əmələ gəlməsində bilavasitə iştirakı dəqiq sübut olunmasa da, bunların neftin parçalanmasındaki rolu şübhəsizdir. Məlumdur ki, bir çox mikroorganizmlər neft karbohidrogenlərinin parçalanması prosesində fəal iştirak edirlər. Metan oksidləşdirən, etan oksidləşdirən - mikrobakteriyaları və *Pseudomonas* cinsli mikroorganizmləri, neftdə olan yağıları və parafini oksidləşdirən *Desulfovibrio*-nu misal göstərmək olar.

Bəzi mikroorganizmlər benzində və müxtəlif digər neft məhsullarında olan karbohidrogenləri parçalamaqla həmin məhsulları keyfiyyətsiz edir. Belə mikroorganizmlərə *Pseudomonas*, *Achromobacter* və *habələ Mycobacterium*, *Aspergillus*, *Monilla*, *Sarcina* və s. kimi cinslərin müxtəlif növləri aiddir.

Neft anaerob şəraitdə parçalandıqda metan və başqa qazlar əmələ gəlir, lakin bunun parçalanma mexanizmi də hələlik məlum deyil.

Beləliklə, qısaca xülasədən aydın olur ki, bütün geoloji proseslərdə mikroorganizmlər mühüm əhəmiyyətə malik olmaqla bərabər, eyni zamanda onların özlərindən də müəyyən kəşfiyyatlarda, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaqdə və istehsalın iqtisadi səmərəsini artırmaqdə istifadə etmək mümkündür.

Kükürdlü birləşmələrin çevriləməsi

Karbon və azot kimi kükürd də maddələr dövranında iştirak edir. Bu organogen element kimi canlı orqanizmlər üçün vacibli elementlərdəndir. Kükürd zülallarının bitkilərin, heyvanların və mikroorganizmlərin, amin turşularının, vitaminlərin və b. tərkibində olur. Bitki və heyvani qalıqlarla kükürd üzvü maddələrin tərkibində torpağa daxil olur və

parçalandıqda əsasən O_2 , H_2S və az miqdarda merkaptanlar formasında ayriılır. Torpaqda H_2S kimyəvi yolla kükürde çevrilir və bu kükürd mənimşəyen bakteriyaların köməyi ilə sulfat turşusuna və onun düzüna çevrilib bitkilərin istifadəsinə yararlı olur.

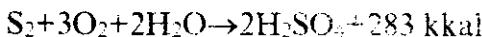
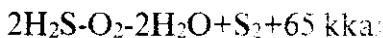
Torpaqda sulfatlaşma nəticəsində çoxlu sulfatlar və sulfidlər toplanır ki, onlardan sulfatlara $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Na_2SO_4 ; K_2SO_4 ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; sulfidlərdən isə FeS_2 ; Na_2S ; ZnS -birləşmələrini göstərmək olar.

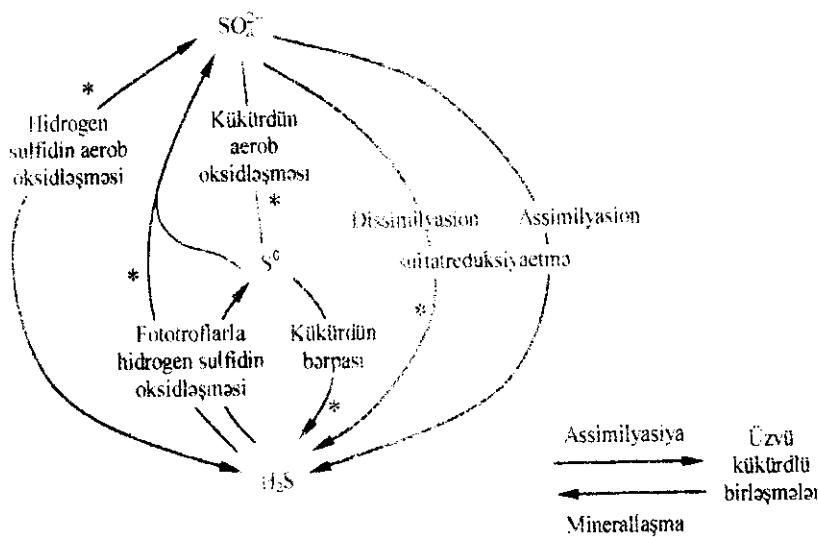
Biosferdə sulfatların reduksiyası, H_2S və elementar kükürdün əmələ gəlməsi prosesləri keçən əsrin sonundan bakteriyaların fəaliyyəti ilə əqalələndirilir və təbiətdə daim bu elementin mikroorqanizmlərin təsiri ilə maddələr dövrənində iştirak etdiyi M.Beyerink tərəfindən göstərilir. Mikroorqanizmlər bu prosesi 3 mərhələdə aparır, üzvi kükürdün mineralallaşması, mineral kükürdün oksidləşməsi və mineral kükürdün reduksiyası.

Birinci mərhələdə - üzvi kükürdün mineralallaşması mərhələsində bitki və heyvani qalıqlar torpağa, suya, bataqlığa düşdükdə orada olan çürüntü mikroorqanizmləri zülallar H_2S -ə və digər son məhsullara parçalayır.

İkinci mərhələdə - yəni mineral kükürdün oksidləşməsində əmələ gəlmiş hidrogen-sulfidi kükürd mənimşəyen bakteriyalar tərəfindən sulfatlara qədər oksidləşdirilir ki, bunlar da canlılar tərəfindən asanlıqla qida kimi mənimşenilir.

Reaksiya aşağıdakı tənliklə gedir.





Şəkil 5. Kükürd birləşmələri dövranında həlledici reaksiyalar.
Yalnız prokariotlarla həyata keçən reaksiyalar ulduzcuqlarla qeyd olunub.

Prosesdə kükürd bakteriyaları rəngsiz və purpur rəngli bakteriyalar və tion bakteriyaları iştirak edir.

Üçüncü mərhələ - mineral kükürdün reduksiya mərhələsində anaerob şəraitdə sulfat reduksiya edici bakteriyalar sulfatlar yenidən H_2S -ə qədər parçalayır. Prosesin gedisi sxemdə verilmişdir (Şəkil 5).

Torpaq mikroorganizmlərinin fəaliyyəti nəticəsində gəden sulfosiksasiyadan əmələ gəlmış sulfatlar müəyyən miqdara qədər torpaqda toplanır. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, hər kərə herik torpaqda fəsillər üzrə 151 mqr-dan 51,6 q kimi sulfatlar toplanır və 30 sm dərinlikdə torpağın hər hektarında 200-250 kq sulfat turşusu müşahidə olunur (Fedorov, 1954).

Bitkinin vegetasiya dövrləri ilə əlaqədar istifadə olunan bu turşunun miqdarında müəyyən dəyişiklik nəzərə çarır. Xüsusilə, yazda bitkilərin sürətli inkişafı ilə çox miqdarda

bu birləşmədən istifadə etməklə onun miqdarı azalır (1 kg torpaqda 9,3 mq enir).

Sulfat turşusu bitkilər tərəfindən qida kimi qəbul olunmadan əlavə torpaqda çətin həll olan birləşmənin asan həll olan formaya keçməsinə səbəb olur ki, bu da bitkilərin qidalanmasında mühüm rol oynayır.

Qeyd etmək lazımdır ki, kükürdün üzvi və qyeri üzvi birləşmələri torpaqda müxtəlif çevriləmələrə məruz qalır. Kükürdün üzvi birləşmələri mikroorganizmlərin iştirakı ilə minerallaşdırıcı və mineral kükürdə - merkaptanlara H_2S kimi oksidləşir.

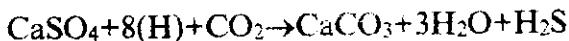
Prosesin gedişində *Proteus vulgaris*, *Bac. subtilis* və b. sistini və sisteni H_2S kimi, bəzi göbələklər isə üzvi kükürdü, metilmerkaptanlara və sulfatlara, aktinomisetlər isə metionu kükürd və sulfidlərə çevirir.

Qeyri-üzvi kükürd birləşmələrinin fəal oksidləşdiricisi tion bakteriyaları olub, onun *Thiobacillus*, *Thiomicrospira*, *Thiodendron* və *Sulfolobus* cinsləri sulafatlaşmayı başa vurur.

Trixoma əmələ gətirən tek və çox hüceyrəli kükürd bakteriyalarına *Achromatium*, *Thiobacterium*, *Thiospira*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thioploca* və b. aiddir. Onlardan əlavə proseslərdə *Bacillus*, *Pseudomonas*, aktinomisetlər və göbələklər (*Penicillium*, *Aspergillus*) və b. iştirak edirlər.

Qeyri-üzvi kükürd birləşmələrinin bərpasında – desulfatlaşmada spor əmələ gətirməyən bakteriyalardan *Desulfovibrio*, spor əmələ gətirənlərdən isə *Desulfotomaculum* cinsləri iştirak edir. Torpağın şumlanması bu prosesin qarşısını ala bilər.

Sulfat bərpa edən bakteriyaları müəyyən zərər də verirlər. Metalları, neft məhsullarını parçalayırlar, metalların korrosiyasını əmələ gətirir. Məlumdur ki, H_2S toksiki xüsiyyətə malikdir və torpaqda, suda toplandıqda oradakı canlılar tələf olur. Lakin, geoloji proseslərdə rolü böyükdür. Əmələ gəlmış H_2S kükürd filizinin toplanmasına səbəb olur.



Bütün bu göstərdiklərimizdən aydın olur ki, dəmir, kükürd, kalsium və s. çöküntülərin əmələ gəlməsi qismən mikroorqanizmlərin iştirakı ilə gedir.

Fosforlu birləşmələrin mikrobioloji çevrilmələri

Bitkilərin qidalanmasında mühüm əhəmiyyətə malik zəruri elementlərdən biri də fosfordur. Onun dövranı nisbətən sadə olub, 3 prosesdə gedir:

1. Üzvi fosforun minerallaşması;
2. Çətin həll olunan duzlarının asan həll olan formaya çevrilməsi;
3. Fosforların bərpası

Üzvi fosfor mineralizasiyaya məruz qalıb fosfor turşusunun duzuna çevrilir.

Fosfor birləşmələri torpaqda, bitkilərdə və mikroorqanizmlərdə üzvi və qeyri-üzvi birləşmələr formasında olduğunu görə mikroorqanizmlər onların ya çox az və ya heç istifadə edə bilmir. Azotdan sonra bitkilərin qidalanmasında böyük əhəmiyyətə malik ikinci zəruri element fosfordur. Fosfor eyni zamanda azotlu maddələrin, lipitidlərin, qeyri-üzvi maddələrin və s. tərkibində olur. Torpaqda fosfora müxtəlif formada rast gəlmək olur. Qeyri üzvi formada fosfor ilk mineralların tərkibinə daxil olub, kalsium fosfat formasında apatitlər, oksiapatitlər, fosforitlər, fosfatlar və s. birləşmələr şəkilində təsadüf olunur.

Müxtəlif torpaq tiplərində ümumi fosforun 25-85%-ə qədəri üzvi formada fitin, nuklein turşuları, nukleotidlər, leysitin və humuslu birləşmələrin tərkibinə daxildir. Bitki toxumalarında da 0,05%-dən 0,5%-ə qədər fosfor olur.

Fosfor torpağa bitki və heyvan qalıqları və habelə kimyəvi gübrələr şəklində daxil olur. Lakin belə formada fosfor istifadə oluna bilmir. Bu mikroorqanizmlər tərəfindən minerallaşdırır qeyri-üzvi formaya keçdikdən sonra bitkilər onu mənimşəyə bilir.

Üzvi fosforun torpaqda parçalanma sürəti müxtəlifdir. Nuklein turşuları nisbətən asan, leysitin-orta, fitin isə çətin parçalanır.

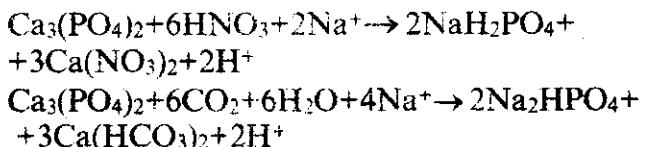
Bitki və heyvani qahqların tərkibində olan fosfor torpağa düşdükdən sonra müxtəlif biokimyəvi proseslərə uğrayır. Bu elementin torpaqdakı çevrilmə prosesi iki yolla gedir: üzvi fosforun mineralallaşması və çətin həll olan fosforlu birləşmələrin asan həll olan formaya keçməsi.

Üzvi fosforun mineralallaşması prosesində çürümə əmələ gətirən mikroorqanizmləri, xüsusilə sporlulardan Bac. megaterium, Bac. mesentericus və sporsuz bakteriyalardan *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Mycobacterium* cinsinin növləri mikroskopik göbələklərdən *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichothecium*, *Alternaria* və s. cinslərinin növləri, bəzi aktinomisetlər və s. iştirak edir. Hidrolitik yolla fosfat turşusunu üzvi birləşmələrdən aşağıdakı kimi ayıırlar:

1. Nukleoproteid → nuklein → nuklein turşusu → → nukleotidlər → H_3PO_4 .
2. Leysitin – qliserofosfat efirləri – H_3PO_4
3. Fitin (inozitsfosfat turşusu – inozit → H_3PO_4 -in kalsium duzu)

Üzvi fosfor birləşmələrinin parçalanmasından əmələ gələn fosfat turşusu tezliklə torpaqda olan Ca, Mg, Fe, Al elementləri ilə birləşib, çətin həll olan duzlara çevrilir. Beləliklə də bitkilər üçün az yararlı olur, lakin torpaqdakı mikroorqanizmlərin iştirakı ilə gedən müxtəlif biokimyəvi turşu əmələ gətirən proseslər nəticəsində fosfatlar suda həll olan formaya keçir, mənimşənilən şəklə düşür. Belə mikroorqanizmlərdən nitratlaşdırıcı, kükürd mənimşəyən bakteriyala-

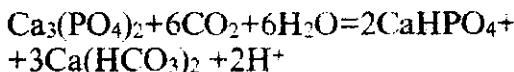
n, tion bakteriyalarını və s. göstərmək olar. Bu proseslər aşağıdakı tənliklər üzrə gedir:



Mikroorqanizmlərin qıcqırma prosesləri nəticəsində əmələ gətirdiyi üzvi və ketoturşular da fosfatların həllində iştirak edir.

Tənəffüs nəticəsində və üzvi birləşmələrin parçalanmasından əmələ gələn CO_2 su ilə birləşərək karbonat turşusuna çevrilir ki, bu da fosfatların həll olan duzlarının əmələ gəlməsində böyük rol oynayır.

Torpağın əkin qatının hər hektarına vegetasiya dövründə 7,5 min/l karbon qazı məhsulu düşür hər kq torpaq bütün il müddətində 2,5 l CO_2 ilə əlaqədar olur (Fyodorov, 1963). Belə bir əlaqə çətin həll olan mineral duzlara, eləcə də fosfatlara müəyyən təsir edir:



Qeyri-üzvi fosforlu birləşmələr bəzi neytral və turş torpaqlarda kalsium fosfat-apatit, oksiapatit və fosforit formada ola bilir.

Belə mineralların tərkibində olan fosfor bitkilər üçün ya az, ya da tam əhəmiyyətsizdir. Lakin bir çox bakteriyalar *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Mycobacterium* cinsinin növləri, bəzi aktinomisetlər, göbəlekler, nitratlaşdırıcı və kükürd bakteriyaları əmələ gətirdikləri müxtəlif turşular, CO_2 və s. köməyi ilə bu birləşmələrdə olan fosforu bitkilərin istifadəsinə verirlər.

Torpaqda olan bakteriyalar bəzi proseslər nəticəsində anaerob şəraitdə fosforlu hidrogenə (PH_3) qədər parçalaya bilir. Belə böyük fosfor itkisinə peyin parçalandıqdə rast gəlmək olur.

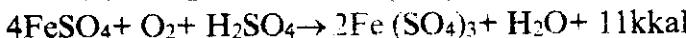
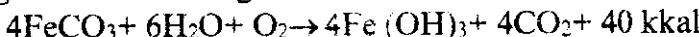
Üzvi maddələrdən fosforun mineral formaya keçməsin-də də torpaqda yaşayan müxtəlif mikroorganizmlər iştirak edir. Bunlardan ən fəali P.A.Menikinanın təmiz kultura həlində ayırdığı *Bac. megaterium var. phosphaticum* olub, həmin bakteriyadan fosforobakterin gübrəsinin hazırlanmasında istifadə olunur. Bu bakteriyalar iri çöplərdən (2,5-6mkm 1,8 mkm) ibarət olub, tək-tək olduqda az hərəkətli, cüt və zəncir formada isə hərəkətsizdirlər. Bu aerob çöplərin sporları hüceyrənin nahiyyəsində yerləşir və çöplər adı qidalı mühitlərdə bitir.

Dəmir birləşmələrinin mikrobioloji çevrilməsi

Dəmir bitki və heyvanların hayatındə ən vacibli mineral elementlərdən biridir. O, bütün canlı orqanizmlərin katalitik sistemlərinin tərkibinə daxil olub hemoglobinın və müxtəlif fermentlərin də tərkibində vardır. Torpağa bu element üzvi qalıqlarla və dəmirlə zəngin suxurlarla daxil olur. Demək, torpaqda bu elementin üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrinə təsadüf olunur. Bitkilər dəmirin həll olan qeyri üzvi birləşmələrindən istifadə edə bilirlər. Üzvi dəmir birləşmələri torpaqda olan mikroorganizmlərlə mineralizə olunduqdan sonra heyvanlar və bitkilər ondan qidalana bilirlər.

Üzvi dəmir birləşmələrin mineralizə olunmasında torpaqda olan çoxlu xemoorqanoheterotrof və aerob və anaerob mikrob növləri iştirak edirlər. Belə bakteriyalar ilk dəfə 1833-cü ildə Kütinq, sonradan 1836-ci ildə Erenberq bataqlıq və çimli dəmir yataqlarının əmələ gəlməsində onların rolunu göstərmişlər. Sonra 1888-ci ildə S.N.Vinoqradskiy bu fizioloji qrupun varlığını təsdiqləyir. Dəmir mənimşəyən

bakteriyalar mühitde olan həll olmuş dəmir karbonatı oksidləşdirərək onu dəmir hidroksidinə çeviririb və hüceyrələrinin üzərini örtən selikli örtüyün içərisinə toplanır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Dəmir bakteriyaları oksidləşmədən sərbəstləşən enerjidən isə CO_2 -ni assimilə etməkdə istifadə edirlər.

İlk dəfə S.N.Vinoqradskiy *Leptothrix* cinsində gedən oksidləşmənin energetik mahiyyətini açıq və bakteriyaların tənəffüsündə mühüm rolunu göstərir. Sonradan dəmir bakteriyaları V.S.Butkeviç, B.V.Perfil'yev, Q.A.Zavarzin və s. tərəfindən öyrənilmişdir.

Torpaqda dəmirin çevrilmasında mikroorqanizmlər düzgün və dolayı yolla iştirak edirlər. Birincidə turş mühitdə dəmirin oksidləşməsində xüsuslu dəmir bakteriyalarından *Thiobacillus ferroxidans* iştirak edir. Burada dəmirin oksidləşib Fe^{2+} - Fe^{3+} çevriləməsi hava oksigeni hesabına gedir və alınan enerji-ATF qalır və xemosintez tipli CO_2 -nin fiksasiyasında istifadə olunur. Dolayı yolla dəmirin oksidləşməsinə neytral mühitdə təsadüf olunur və burada mikroorqanizmlər oksidləşmə üçün enerji sərf etmirlər, heterotrof mikroorqanizmlər bu yolla metabolik proseslərdə əmələ gəlmış hidrogen peroksidini ayıırlar. Belə mikroorqanizmlərdən *Siderocapsa*, *Siderobacter* və *Artrobakteriyalara* da təsadüf olunur.

Humuslu birləşmələrdə dəmir in torpaqdakı çevrilməsində heterotrof mikroorqanizmlər iştirak edir (*Seliberia stellata*). Torpaq minerallarından dəmirin mobilizasiyasında mikroorqanizmlərin əmələ gətirdiyi selik, fenol birləşmələri və qələviler iştirak edir. Dəmirin bərpa olunmasını anaerob şəraitdə heterotrof mikroorqanizmlər (*Bacillus* və ya *Clostridium*) və ya anaerob hidrogen bakteriyaları aparır.

Məlum olmuşdur ki, dəmir bakteriyaları tək və çox hüceyrəli olurlar.

Dəmir oksidini dəmir hidroksidinə çevirən bakteriyaları əsasən *Cauclobacteriaceae*, *Siderocapsaceae*, *Chlamydo-bacteria*, *Crenothrichaceae* kimi fəsilələrə toplanmışlar. Bunnar zəncir və saplardan ibarət olub selikli kapsula ilə əhatə olunurlar ki, bunun da içərisinə dəmir hidroksidi toplanır. Bu kapsula dolduqca qalınlaşır ağırlaşır və belə vəziyyətdə bakteriya hüceyrələrinə dəmir, oksigen və karbon qazı çox çətinliklə daxil olur. Ona görə də, belə bakteriyalar köhnə kapsulunu atıb, yeni kapsula əmələ getirir. Atılmış kapsulalar və tələf olan hüceyrələr bataqlıq və göllərdə çöküb bioloji dəmir yataqlarının əmələ gəlməsinə səbəb olurlar. Bu bakteriyalar əsasən axar və durğun sularda geniş yayılmışlar, çünkü bunların inkişafı üçün $/Fe^{++}$ iki valentli/ dəmirin olması vacibdir.

Torpaqda bu bakteriyalardan *Nyphomicrobium*, *Seli-beria* və s. cinslərin növlərinə daha çox rast gəlmək olur.

Hesablamlalar göstərir ki, 1 qr biokütləsi olan dəmir bakteriyaları yaşadıqları ətraf mühitə 500 q qədər dəmir hidroksidi xaric edirlər (Mişustin, 1972). Ona görə də dəmir bakteriyaları yayılan yerlərdə külli miqdarda $Fe(OH)_3$ toplanmasına rast gəlmək olur.

Çox rütubətli torpaq şəraitində, düyü əkilən sahələrdə əmələ gəlmış dəmir hidroksidi yenidən əvvəlki formasına - dəmir oksidinə çevrilə bilir.

Adətən, torpaqda dəmir istifadə oluna bilməyən duzlar formasında olur. Lakin turşu əmələ getirən mikroorganizmlərin fəaliyyəti ilə həll olan formaya çevrilib bitkilər tərəfindən istifadə oluna bilir.

Bitki qalıqlarının mikroorganizmlərin iştirakı ilə parçalanması nəticəsində toplanan çoxlu üzvi birləşmələr, xüsusilə polifenollar da torpaqda dəmirli kompleks birləşmələr əmələ gətirməklə dəmiri asan həll olan formaya keçirə bilir.

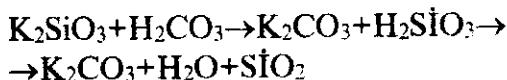
Dəmir bakteriyaları (*Ferribacteriales*) sırasına aid olunan çox nümayəndələr özlərinə məxsus morfoloji xüsusiyyətləri və mürəkkəb həyat sikli ilə fərqlənirlər.

Silikat birləşmələrinin mikrobioloji çevrilməsi

Silisium, alüminium, manqan və kalium birləşmələrinin mikrobioloji çevrilmələri

Silikat bakteriyalarının əsil qida mənbəyi qeyri-üzvi maddələr olub, avtotrof tipli qidalanırlar. Onlara litotroflar yunanca daşla qidalananlar, «daş yeyənlər» adı verilir. Bu mikroorqanizmlərin maraqlı nümayəndələrinə selikli batsillər aiddir ki, onlar silisiumu torpaq və dağ səxurlarından mənimsəyirlər.

Güman ki, burada təsir edici amil bu orqanizmlərin ifraz etdikləri turş məhsulları, xüsusilə karbon turşusu və fermentlərdir. Silikatların hidrolizi aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Dağ səxurları və torpaqdakı tərkibində kalium və alüminium olan silikatların bakteriyalar və yosunların iştirakı ilə parçalanması akademik V.İ. Vernadskinin diqqətini cəlb etmişdir. Məlum olmuşdur ki, dağ səxurlarının üst qatının mikroorqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində parçalanmasında müxtəlif biokimyəvi çevrilmələri aparan, yüksək ferment sisteminə malik olan silikat batsilləri ayrılmış silisiumu mənimsəyir. Bu mikroblastların azot fiksə etmə qabiliyyəti də məlumdur. Hətta bu mikroorqanizmlər tikinti və digər silikatlı materialları, məsələn, beton, şüşə, bəzi silisiumlu üzvi polimerləri (rezin, emal və s.) parçalamaq qabiliyyətinə malikdirlər.

1940-ci illerin sonunda V.Q.Aleksandrov bu bakteriyaların öyrənilməsi sahəsində geniş tədqiqatlar aparır və ayırdığı silikat sporlu bakteriyaları - *Bac. mucilaginosus siliceus* adlandırır.

Onlar xarici görünüşə ucu dairəvi, çöp şəkilli batsillər dən ($4\text{-}7 \times 1,2\text{-}1,4$ mkm) ibarətdir.

Silikat bakteriyaları təbiətdə çox geniş yayılmışdır. Bu onunla əlaqədardır ki, həmin bakteriyalar öz biokütləsini karbon, azot, fosfor və silisium hesabına təşkil edirlər. Onlar karbonu və azotu atmosferdən, fosfor və silisiumu isə digər mikroorganizmlərin istifadə edə bilmədikləri müvafiq minerallardan alırlar. Bu bakteriyalarda qüvvətli ferment sisteminin olması sayəsində onlar silisium oksidini silisiuma və fosforu asanlıqla həll olunan formaya keçirirlər.

Torpaqda silikatları parçalayan digər mikroorganizmlərdən *Proteus mirabilis*-i göstərmək olar.

İlk dəfə Hollandiya tədqiqatçısı Xeyner silisiumun silikat bakteriyaları tərəfindən udulması və onun qeyri üzvi birləşmələrdən üzvi birləşmeye keçmə mexanizmini, silisium oksidinin bu bakteriyalarını həyat fəaliyyətində rolunu və onların hüceyrəsindən fosforun ayrılmasını müəyyən etmişdir.

Ahnən bu nəticələr silisiumun mikroelement kimi ali bitkilərin və heyvanların orqanizmində rolunu aydınlaşdırmağa imkan verir.

Silikat bakteriyalarının qeyri-əlverişli mühit şəraitinə davamlılığı da maraqlıdır. M. Voronkov, V. Aleksandrov və A. Vinoqradovun (1984) apardığı tədqiqatlar göstərir ki, bu bakteriyalar maye azotda, yəni (-)196 $^{\circ}$ C və (+)160 $^{\circ}$ C temperaturda, uzun müddətli günəş şüaları təsirində öz həyat fəaliyyətini qoruyub saxlayırlar. Belə həyata dözümlülük sayəsində güman olunur ki, hələ yer üzərində üzvi mənşəli qidaların, atmosferdə oksigen və canlıları kosmik şualardan və ultrabənövşəyi şualanmadan mühafizə edən azon qatı olmadıqda bu bakteriyalar belə şəraitdə yaşaya bilmişlər.

Ehtimal olunur ki, bu bakteriyalar 3,5 milyon il əvvəl planetimizdə yaşamış, ilk canlılar (arxeobiontlar) olub cansız minerallar üzərində (suyun iştirakı ilə) həyata səbəb olmuşlar.

Yer kürəsinin sonrakı sakinləri silikat bakteriyaları ilə simbioz munasibətə qoşulub hal-hazırda qədər də yaşayırlar. Guman ki, torpağın sonrakı təkamülü də belə mikroorqanizmlərin fəal iştirakı ilə getmişdir.

Əldə olunan məlumatlara əsasən güman etmək olar ki, ibtidai formada həyat, Yerə nisbətən az əlverişli olan şəraitdə, yəni başqa planetlərdə də mövcud ola bilər.

Silikat bakteriyalarından praktik məqsədlə bakteriyal gübrə kimi istifadəsi də öyrənilmişdir. Hazırlanmış gübrəni müxtəlif üsullarla - toxuma qatmaqla üzvi və mineral gübrələrlə birlikdə torpağa bitkiyə yemləmə qida formasında verməklə və s. tətbiq oluna bilər (Mişustin, 1972). Bu bakteriyalardan alınan zülal biokülləsi də əhəmiyyətlidir, çünki onların biokütləsində 17 vacib amin turşularından ibarət 65% zülal və 18 mineral elementlər vardır. Bu bakteriyaların qüvvətli ferment sistemi olduğuna görə sellülozanı asanlıqla parçalayıb, mənimşənilə bilən formaya keçirir. Silikat bakteriyalarının biokütləsindən heyvanların yenilənməsində istifadə olunmuşdur və məlum olmuşdur ki, bu hevanların məhsuldarlığını yüksəltməklə, hətta yemləməyə sərf olunan qidanın da az işlənməsinə səbəb olur. Bu selikli bakteriyalardan insanlarda professional xəstəliyi olan silikozun profilaktikasında istifadə oluna bilər.

Silikat bakteriyaları digər sahələrdə də özünə yol tapır. Məsələn, bunların köməyi ilə mis, alüminium və s. rəngli metalları həll olunan formaya keçirməklə, onların istismarını surətləndirmək mümkündür.

Nəhayət silikat batsillərini tikinti materiallarına (dəmir, beton) qatmaqla onların möhkəmliyini artırmaq olar. Burada bakteriyalar silisium oksidini və silisiumu kimyəvi reaksiyaya daxil olan silisium turşusuna çevirir. Bu turşu da se-

mentin, səxsinin mbhkəmliyinə müsbət təsir edir. Cox güman ki, bir sıra aparılan tədqiqatlar həmin bakteriyalardan digər sahələrdə istifadə olunmağa imkan verəcəkdir.

Alüminiumun mikrobioloji çevrilmesi

Alüminium Yer kürəsi üzərində geniş yayılmış element olub, miqdarda oksigen və silisiumdan sonra üçüncü yeri tutur. Torpaqda bu element mineralların, aliminiumlu üzvi birləşmələrin tərkibində təsadüf olunur (Babayeva, Zenova, 1983).

Alüminiumun toplanmasında torpaq mikroorganizmləri, onların metabolizm məhsulları bəzən bu elementlə bila-vasitə kompleks birləşmə əmələ gətirir. Bəzən isə minerallardan elementləri ayırır və sərbəstləşən alüminiumun isə ya müxtəlif bitkilərin parçalanma məhsulları və ya torpağın humus turşuları ilə birləşərək metal üzvi birləşmələr əmələ gətirir. Bu formada alüminium hərəkətli olub miqrasiyaya uğrayır. Belə halda rütubətl iqlimli torpaqlarda daha çox təsadüf olunur. Alüminiumlu üzvi birləşmələr nəinki torpaqda əmələ gəlir, hətta torpağa bitki qalıqları ilə də (üzvi turşuların, amin turşuları və zülalların tərkibində) daxil olur. Sonradan ekoloji mühit şəraiti ilə əlaqədar alüminiumlu üzvi birləşmələr müxtəlif çevrilmələrə məruz qalıb torpaqdan ayrıılır, minerallaşır və humus maddələrinin tərkibində möhkəmlənir.

Aliminium metalının çevrilmələri barədə məlumat hələlik çox azdır. T.V. Aristovskaya və onun əməkdaşları göstərir ki, bu maddələrin çevrilməsində kif göbələkləri ilə mikoplazmalar kompleks iştirak edirlər. Müşahidə olunmuşdur ki, *Penicillium* göbələyi *Metallogenium*-la simbioz münasibətdə bir sıra metalların hidroksid birləşmələri ilə əlaqədar olurlar. Beləliklə, *Metallogenium* tipli mikroorqa-

nizmlər dəmir, alüminium, marqanes və s. metalların torpaqda toplanmasına səbəb olurlar.

Ayri-ayrı torpaq tiplərində bir sıra digər elementlərin - molibden, sink, mərgümüş, mis və s. çevrilmələrində də müxtəlif mikroorqanizmlərin iştirakı şübhəsizdir.

Manqanın mikrobioloji çevrilmesi

Bitkilər manqanın iki valentli birləşmələrini asan mənimsəyə bilirlər, lakin 4 valentli birləşmələri isə bitkilər tərəfindən istifadə oluna bilmir.

Hələ 1913-cü ildə M.Beyerink manqanlı birləşmələrin mikroorqanizmlər tərəfindən oksilləşdiyini göstərmişdir. Lakin sonrakı tədqiqatlarla bu oksidləşmədə mikroorqanizmlərin rolü daha da aydınlaşmışdır.

T.V.Aristovskaya və Q.A.Zavarzin tərəfindən bu məsələ öyrənilərkən məlum olmuşdur ki, manqan bir çox mikroorqanizmlərin köməyi ilə hərəkətli, ikivalentli formaya qədər bərpa olunur və sonrakı oksidləşmə nəticəsində bu element çöküntüyə çevrilir.

Manqanın bərpası əsasən aşağı pH-lı və az oksigen olan su altında qalan torpaqlarda bir çox heterotrof mikroorqanizmlərin iştirakı ilə gedir. Bu prosesin gedişində ən faal iştirak edən mikroorqanizmlərə *Bac circulans*, *Bac. polymyxa* və sulfatları bərpa edən bakteriyalar aiddir.

Manqan bu bakteriyaların əmələ gətirdiyi sulfat turşusu ilə həll olub hərəkətli formaya keçir və eyni zamanda mühitdə olan hidrogen sulfitin köməyi ilə ikivalentli birləşməyə çevrilir.

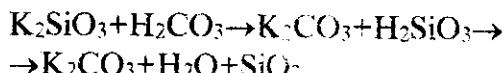
B.F.Perfilyevin tədqiqatları göstərir ki, manqanın oksidləşməsi prosesində *Metallogenium symbioticum* iştirak edir, əmələ gələn oksidlər lila çökür.

Kalium birləşmələri və mikroelementlərin çevrilimləri

Torpaqda kalium əsasən mineralların tərkibində olur. Bunun çox cüzi hissəsi torpağın üzvi birləşmələri ilə əlaqədardır.

V.I.Yernadski, A.P.Vinoqradov və b. tədqiqatçılar kaliumlu mineralların da mikroorganizmlərin iştirakı ilə parçalandığını göstərirler.

Mikroorganizmlərdən bakteriyalar, göbələklər, yosunlar və s. belə qabiliyyətə malikdir. Güman olunur ki, bu orqanizmlərin turşulu ifrazatları və karbon qazı təsiri ilə kaliumlu birləşmələr parçalanma prosesinə məruz qalıb K_2CO_3 -ə çevrilir. Kalium silikatların hidrolizi aşağıdakı sxem üzrə gedə bilər.



Torpaqda olan makroorganizmlərin əmələ gətirdiyi nitrat və sulfat turşularının təsirilə proses daha sürətlə başa çatır.

Bəzi tədqiqatçılar torpaqda alyumosilikatları parçalay- an xüsusi «silikat» bakteriyalarının da bu prosesdə iştirakını qeyd edirlər. Belə sporlu çöplərdən *Bac.mucilaginosus si-licens*-in göstərmək olar. Bu növ molekulyar azotu fiksə edir, fosfor, kalium və digər çətin həll olan formaların asan olan formaya keçməsinə səbəb olur. Adı şəraitdə bakteriyalar kaliumu hüceyrəyə toplamırlar.

Torpaqda olan mikroelementlər də bioloji dövrana cəlb olunur. Onlar da mikroorganizmlərin iştirakı ilə çətin həll olan maddələrdən müvəqqati olaraq sərbəstləşib və üzvi birləşməyə keçə bilər. Bəzi mikroelementlər mikroorganizmlərin köməyi ilə üçüncü birləşmələrə - məsələn, arsen turşusu üç metilarsitat As (CH₃)₃, selen birləşməsi isə dimetilselenidə - (CH₃)₂Se çevrilə bilir.

Beləliklə məlum olur ki, elə bir maddə - elementlər yoxdur ki, onların parçalanmasında, minerallaşmasında və sərbəstləşməsində mikrorqanizmlər iştirak etməsin. Həyat mikroorganizmlərin səayəsində davam edir və edəcəkdir.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏRƏBİYYAT

1. Вернадский С.Н. -- Биосфера. Л.: 1926.
2. Виноградский С.Н.- Микробиология почвы Изд. АН СССР, 1952.
3. Гусев М.В.. Минеева Л.А.-Микробиология. Изв. МГУ. 1978.
4. Докучаев В.В. --К учению зонах природы, 1899 цит.по Мишустину, 1987.
5. Емцев В.Т.-Основы почвенной микробиологии М., с/х Акад.1983.
6. Красильников Н.А.-Микроорганизмы почвы и высшие растения АН СССР. М.1958
7. Колешко О.И.-Микробиология Изд. Минск., «Высшая школа», 1977.
8. Коротяев Л.И., Бабичев С.А.-Медицинская микробиология, иммунология и вирусология «Санкт Петербург» 1998.
9. Ленгелер Н., Древес Г., Шлегель (под.ред.)- Современная микробиология. М., Мир, 2005.
10. Ломоносов М.В.-О слоях земли СПБ, 1763 цт.БСЭ.
11. Имшенецкий А.А.-
12. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К.-Биологическая фиксация атмосферного азота М., «Наука», 1968.
13. Мишустин Е.Н.-Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М., «Наука»,1972.
14. Мишустин Е.Н.- Ассоциации почвенных микроорганизмов Изд. «Наука», М., 1975.
15. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. -- Микробиология. М., Агропром. Изд., 1987.
16. Пяткин К.Д., Кривошеин Ю.С.- Микробиология М., «Медгиз», 1980.
17. Тиманов В.Д., Левашев В.С., Борисов Л.Б.- Микробиология, М., Медицина, 1983.

18. Токин С.П.-Фитонциды в народном хозяйстве. Киев: Наукова думка, 1964.
19. Чурбанова И.Н.- Микробиология, Москва. «Высшая школа», 1987.
20. Шлегель Г. – Общая микробиология (перевод с нем. языка), Москва, «Мир», 1987.
21. А.А.Имшенецкий.- Микробиология целлюлозы. Москва, Изд. АН СССР, 1953.

Azərbaycan dilində

1. Əhmədova F.R. - Böyük və Kiçik Qafqazın bəzi termal sularında yayılmış bakteriyalar. BDU nəşri. 2003.
2. Qasımov N.A. – Bitki fiziologiyası. Bakı, «Maarif», 1986.
3. Qasımov H.S. - Mikrobiologiya və virusologiyanın əsasları. Bakı, «Maarif», 1985.
4. Qasımov H.S., Əhmədova F.R.-Mikrobiologiya. Bakı, ADU nəşri. 1998.
5. Qənbərov X.Q., Abışov R.A., İbrahimov A.Ş.- Biotexnologiyanın əsasları. Bakı, BDU nəşri, 1994.
6. Mediyeva L.N.- Yırtıcı göbələklər. BDU nəşri. 2005.
7. Məmmədov Q.Ş., Həsənova R.A.-Torpaq göbələklərinin ekologiyası. Bakı. «Elm» 2006.

MÜNDƏRİCAT

Giriş	4
I Mikroorganizmlərin biokimyəvi fəaliyyəti	5
II Mikroorganizmlərin maddərər dövranında rolü	6
III Azot dövranı	8
Molekulyar azotun biokimyəvi fiksasiyası	9
Atmosfer azotunu fiksə edən bakteriyalar.....	10
Kök yumruları bakteriyaları.....	11
Azotobakterlər,Clostudium və digər mikroorganizmlərin azot fiksə etməsi	
1. <i>Azotobakter cinsinin növlərinin azot fəksə etməsi</i>	16
2. <i>Clostridium pasteurianumun azot fiksə etməsi</i>	19
3. <i>Digər qrup mikroorganizmlərin atmosfer azotunu fiksə etməsi</i>	20
Azotun fiksə olunma mexanizmi haqqında.....	22
1) Ammonyaqlaşma prosesi	26
2) Nitritləşmə-nitrifikasiya prosesi	29
3) Azotun immobilizasiyası.....	29
4) Denitritləşmə-denitrifikasiya prosesi	30
IV Karbon dövranı	32
Qıçqırma prosesi	35
1. Spirtə qıçqırma	38
2.Süd turşulu qıçqırma	39
3. Yağ turşulu qıçqırma	43
4. Propion turşusuna qıçqırma	46
5.Asetono etil qıçqırması.....	47
6.Asetono butil qıçqırması	48
7.Etil spirtindən sirkə turşusunun alınması	49
8.Şəkərlərin limon və digər turşulara oksidləşməsi ..	51
Mikroorganizmlərin biogeokimyəvi fəaliyyəti.....	52
Təbii karbonlu maddərin mikrobioloji çevrilməsi.....	53
Sellulozanın aerob və anaerob parçalanması	54
Nişastanın və digər qlykanların parçalanması	56
Ksilan –hemisellulozanın parçalanması.....	57

Liqninin parçalanması	58
Pektinli birləşmələrin parçalanması	58
Torpaqda humusun əmələ gəlməsi və parçalanması	59
Hidrogenin oksidləşməsi	61
Yağların oksidləşəsi	62
Liqninin oksidləşməsi	64
Karbohidrogenlərin oksidləşməsi	65
Alifatik karbohidrogenlərin oksidləşməsi	66
Aromatik karbohidrogenlərin oksidləşməsi	67
Mineral elementlərin mikrobioloji çevrilmələri	69
Dağ sükurları və çöküntülərdə mikroorganizmlərin rolu	69
Mikroorganizmlərin geokimyevi fəaliyyətindən istifadə olunması	72
Mikroorganizmlərin nestin mənşəində rol	73
1.Kükürdü birləşmələrin çevrilməsi	75
2.Fosforlu birləşmələrin çevrilməsi	79
3.Dəmir birləşmələrinin mikrobioloji çevrilməsi	82
4.Silikat birləşmələrin mikrobioloji çevrilməsi	85
5. Aluminiumun mikrobioloji çevrilməsi	88
6. Manqanın mikrobioloji çevrilməsi	89
7. Kalium birləşmələri və mikroelementlərin çevrilmələri	90
İstifadə olunan ədəbiyyat	92

Çapa imzalanmışdır: 16.04.2009.

Kağız formatı 60x84 1/16.

Həcmi 6,0 ç.v., Sayı 250.

«Bakı Universiteti» nəşriyyatı, Bakı ş.,
AZ 1148, Z.Xəlilov küçəsi, 23.