

Nitrogén

Fizikai tulajdonságok

- Színtelen, szagtalan, íztelen, inert gáz
- Nem éghető, az égési folyamatokat képes elfojtani
- Igen nehezen cseppfolyósítható *
- Allotróp módosulata nincs
- O_p , f_p (légköri nyomáson: $-195,8\text{ °C}$) alacsony
- Két izotópja ^{14}N , ^{15}N
- Vízben kismértékben oldódik

Ipari gázok kritikus adatai és forráspontja

	Kritikus		Forráspont (szublimációs hőmérséklet*), K és °C			
	hőmérséklet K és °C	nyomás bar	1,01325 bar	2 bar	4 bar	10 bar
			nyomáson			
Hélium, He	5,20 K -267,95 °C	2,275	4,22 K -268,93 °C	5,0 K -268,1 °C	- ** - **	- ** - **
Hidrogén, H ₂	33,24 K -239,91 °C	12,98	20,38 K -252,77 °C	22,9 K -250,2 °C	26,1 K -247,0 °C	31,4 K -241,7 °C
Nitrogén, N ₂	126,20 K -146,95 °C	33,999	77,35 K -195,80 °C	83,6 K -189,5 °C	91,1 K -182,0 °C	103,8 K -169,3 °C
Argon, Ar	150,86 K -122,29 °C	48,98	87,29 K -185,86 °C	93,9 K -179,2 °C	102,5 K -170,6 °C	116,5 K -156,6 °C
Oxigén, O ₂	157,58 K -118,57 °C	50,43	90,18 K -182,97 °C	97,6 K -175,5 °C	106,1 K -167,0 °C	120,1 K -153,0 °C
Kripton, Kr	209,4 K -63,75 °C	55,02	119,8 K -153,35 °C	129,1 K -144,0 °C	140,6 K -132,5 °C	159,6 K -113,5 °C
Xenon, Xe	289,73 K +16,58 °C	58,40	165,05 K -108,10 °C	177,6 K -95,5 °C	193,1 K -80,0 °C	218,6 K -54,5 °C
Acetilén, C ₂ H ₂	308,33 K +35,18 °C	61,91	189,35 K * -83,80 °C	200,8 K -72,3 °C	216,1 K -57,0 °C	240,1 K -33,0 °C
Szén-dioxid, CO ₂	304,21 K +31,06 °C	73,825	194,65 K * -78,5 °C	203,2 K * -69,9 °C	212,8 K * -60,3 °C	232,9 K -40,2 °C

* Szublimációs hőmérséklet

** Szuperkritikus gázállapot

Megjegyzés: A világoskék mezőben lévő forráspontok pontos értékek, a többi forráspont viszont gőznyomásgörbéből grafikusán leolvasott közelítő adat.

Cseppfolyós nitrogén



Felhasználás

- Élelmiszeriparban
 - indifferens gázként, hűtőalagutakban, gyorsfagyasztó rendszerekben hűtőközegként alkalmazhat
 - „kriogén konyha”
- alkalmas oxigénmentesítésre, szellőztetésre, tűzoltókészülékek hajtógázaként
- gyógyászat (pl. embrió, ivarsejtek hűtve tárolása; szemölcs fagyasztás)
- földgáz-kutak fúrásainál a rétegnyomás növelése céljából
- elektronikai ipar védőgázként használja
- vagonok illetve veszélyes anyagokat szállító járművek anyagmentesítése és szellőztetésére
- nyomáspróbákhoz használják
- Gáz formájában felületek nitridálására , illetve indifferens közeggel való lefedésére szolgál, védő- és hegesztési gázként is alkalmazható.
- Kiszerezés**
 - Nagyfogyasztók számára: mélyhűtött, 2-6 bar nyomású, speciális szállítójárművekkel.
 - Kisfelhasználók részére: 10-40 literes, 150 bar nyomású acél-palackokban.



<http://www.youtube.com/watch?v=Fv2tz1pftFc>

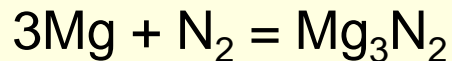


Kémiai tulajdonságok

- Kémiaailag inaktív
- Nagy kötésenergia, igen stabil molekula
- Nagy EN
- Per. rendszerben
- Oxidációs szám -3,, +5
Pl.: NH_3 , $\cdot\text{NH}_2$, N_2 , N_2O , NO , HNO_2 , NO_2 , HNO_3
- Oxidjai savanhidridek – oxosavak

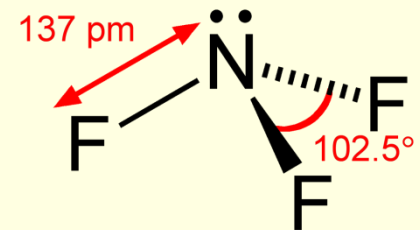
Vegyületei

- Fémeikkel nitridek



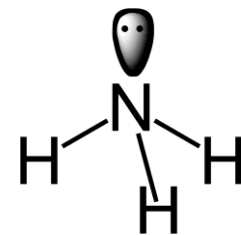
- Halogénekkal

- NX_3 összetételűek
- kovalens kötésű molekula vegyületek
- csak a NF_3 (színtelen, szagtalan gáz) stabilis
- a többi robbanékony, bomlékony



Hidrogénnel

Ammónia (NH₃)



- Színtelen, szúrós szagú, könnyezésre ingerlő gáz
- Kis sűrűségű
- Alacsony op, fp, könnyen cseppfolyósítható (-35°C)
- -77 °C színtelen kristályokká fagy
- Vízben kitűnően oldódik
- Előállítása:
 - laboratóriumi: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 $3 \text{Ca} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Ca}_3\text{N}_2 \{+ 6 \text{H}_2\text{O}\} \rightarrow 3 \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{NH}_3$
 - ipari: Haber-Bosch $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \leftrightarrow 2 \text{NH}_3$ (Fe katalizátor/400-600°C/150-200bar)
- Vízrel: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ pKbázis = 4,74 gyengén lúgos oldat
 - NH₄OH nem állítható elő vízmentesen (H-híd); ammónium-hidroxid, szalmiákszesz
- Felhasználása:
 - műtrágya: NH₃, NH₄NO₃, karbamid, (NH₄)₃PO₄, (NH₄)₂SO₄
 - robbanóanyag: NH₄NO₃, nitro-glicerin, nitro-cellulóz, TNT
 - műszál: hexametilén-diamin, poliamid, poliuretán
 - hűtőfolyadék, puffer, más N-vegyületek előállítás

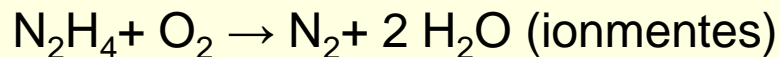
Hidrogénnel

Hidrazin (N₂H₄)

- színtelen, víz sűrűségű, levegőn füstölgő folyadék
- vízben, alkoholban oldódik
- vizes oldata gyenge bázis

felhasználás:

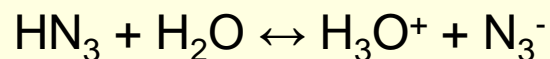
- rakéta hajtóanyag (+N₂O₄, Apolló holdkomp)
- vizes oldata redukálószer
- vízgőz O₂ mentesítése:



- szerves vegyipar

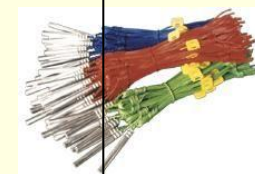
Hidrogén-azid (HN₃)

- színtelen szúrós szagú, bomlékony, robbanékony folyadék
- csak vizes közegben; gyenge sav



- sói azidok, pl.: NaN₃; robbanékonyak

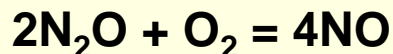
- felhasználás: Ag-, Pb-, Cu-azid ütésre robban; gyutacsként



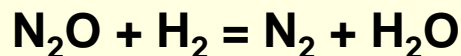
Oxigénnel

Dinitrogén-monoxid (N₂O)

- színtelen, édeskés szagú
- könnyen cseppfolyósítható gáz
- vízben jól oldódik
- égést táplálja

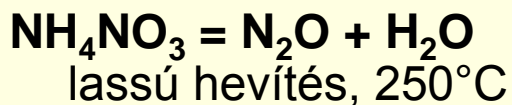


- hidrogénnel robbanó elegyet alkot



- felhasználása:

- gyógyászat, habpatron-töltet
- előállítása ammónium-nitrát hevítésével

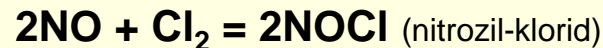
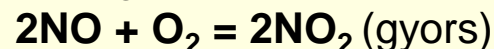


Műtrágyagyártás,
CaCO₃-al
keverve: pétisó
robbanószer-ipar

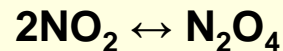


Nitrogén-monoxid (NO)

- színtelen, nehezen cseppfolyósítható gáz
- alacsony op, fp
- sűrűsége kicsit nagyobb, mint a levegőé
- vízben kissé oldódik
- levegőn megbarnul (oxidálódik)
- halogénekkal egyesül



Nitrogén-dioxid (NO₂)



- vörösesbarna kellemetlen szagú gáz
- vízben jól oldódik; (diszproporcionálódik)
- alkáli lúgokkal nitriteket és nitrátokat alkot



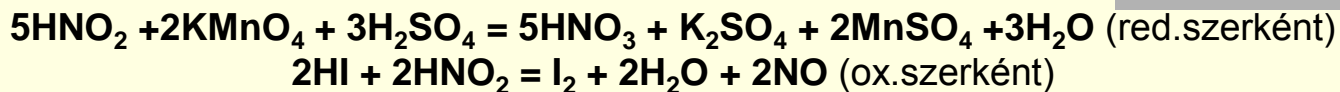
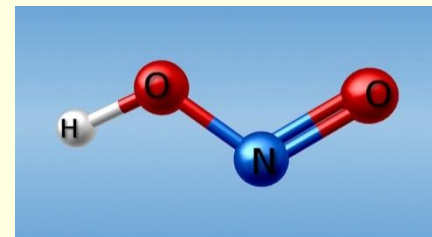
E250, élelmiszeripari adalék
tartósítószer (hús, hal); élénkebbé
teszi a színeket)
szervezetben nitrozaminná alakul



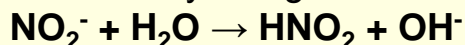
↑
chilei salétrom

Salétromossav (HNO₂)

- kék színű, csak híg vizes oldatban állítható elő
- szobahőmérsékleten már bomlik
$$3\text{HNO}_2 = \text{HNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$$
$$2\text{HNO}_2 = \text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$$
- redukálószerként és oxidálószerként is viselkedik

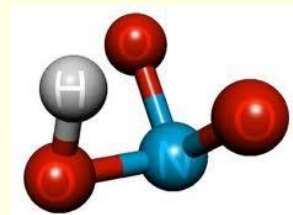


- gyenge sav: $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_2^-$
- enyhén mérgező (nitrites kutak)
- sói: nitritek
 - vizes oldatuk többnyire lúgos kémhatású



Salétromsav (HNO₃)

- színtelen, nagy sűrűségű folyadék
- levegőn füstölög
- vízzel minden arányban elegyedik
- erős sav: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- bomlása állás közben is végbemegy (megbarnul, fény elősegíti)
$$2\text{HNO}_3 = 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}$$
- erős oxidálószer
- választóvíz: aranyat nem, de ezüstöt oxidáció közben oldja:
$$\text{Ag(s)}/\text{Cu} + 2\text{HNO}_3(\text{aq}) = \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NO}_2(\text{g})$$
- királyvíz: az aranyat is oldja :
$$\text{cc.HNO}_3(\text{aq}) + 3 \text{cc.HCl}(\text{aq}) = \text{NOCl}(\text{aq}) + 2\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
$$\text{Au}(\text{s}) + 2\text{Cl}(\text{aq}) + \text{NOCl}(\text{aq}) = \text{AuCl}_3(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NO}(\text{g})$$
- nitrálsav: $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc. H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{NO}_2^+ + \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{HSO}_4^-$
- sói: nitrátok, pl.: KNO₃, NaNO₃, AgNO₃



Föld globális nitrogén lelőhelyei

Lelőhely	Mennyiség (Mt N)
Litoszféra	$0,2 \cdot 10^{12}$
Közetek	$0,2 \cdot 10^{12}$
Üledékek	$0,4 \cdot 10^9$
Hidroszféra	$23 \cdot 10^6$
Nitrogén (oldott)	$22 \cdot 10^6$
Szervetlen N-vegyületek	$0,6 \cdot 10^6$
Atmoszféra	$3,9 \cdot 10^9$
Biomassza	$0,92 \cdot 10^6$
Élő biomassza (szárazföld)	$1,2 \cdot 10^3$
Élő biomassza (óceánok)	$0,5 \cdot 10^3$
Elhalt biomassza (szárazföld)	$300 \cdot 10^3$
Elhalt biomassza (óceánok)	$600 \cdot 10^3$

Előfordulása

Litoszféra és hidroszféra

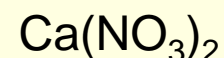
■ Litoszféra

■ Vegyületek formájában

Talajban lévő szerves anyagok ammónia oxidációja
nitrátokká

■ Nitrátok formájában

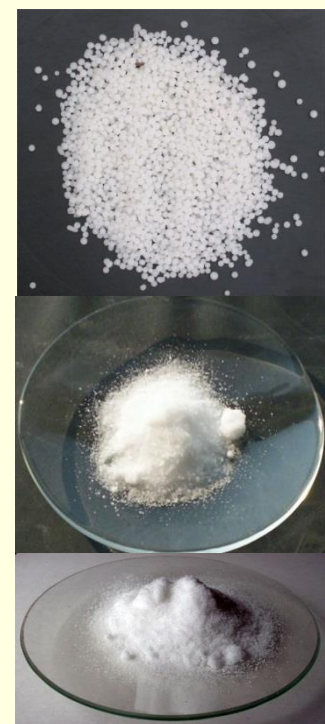
- Nátron-salétrom (chilei salétrom)
- Káli-salétrom
- Mészsalétrom



■ Hidroszféra

■ Oldott nitrogén vegyületek formájában

Nitit-, nitrát-, ammóniumion



Előfordulása

Atmoszféra

■ Formái

N_2 , NO , NO_2 , NO_3 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 , NH_3

■ N_2O

- troposzférában fotokémiai reakcióban nem vesz részt, élettartama kb. 120 év
- rendkívül stabil
- üvegházhatású, illetve közvetett módon ózonréteg károsító hatása is van
- antropogén tev. eredményeként:
 - mezőgazdasági tevékenység; talaj szerves és N tartalmú szervesetlen trágyázás
 - közlekedés (katalizátoros autók)
 - fosszilis alapa. erőművek
 - vegyipar (pl.: salétromsav, adipinsav (nejlon alapany.))

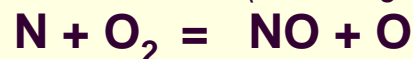
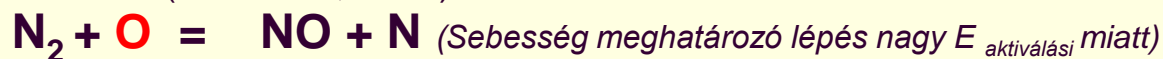
■ atmoszférikus eredetű NO

- bioszféra tartja fenn, élő szervezetbe beépült N-t, szerves anyagot → talajlakó mikroorganizmusok lebontják → NO, N₂O, N₂ vagy NH₃ formájában visszakerül az atmoszférába
- légkörben zajló elektromos tevékenységnek (villámlás) kb. 20 ppb NO → HNO₃ alakul → távozik így a levegő nitrogéntartalmának előbb utóbb el kellene fogyni...
- **N₂ + O₂ → 2NO**
- antropogén tev. eredményeként:
 - fosszilis alapa. erőművek
 - közlekedés (főképpen NO)
 - mezőgazdasági tevékenység - talaj szerves és N tartalmú szervesetlen trágyázás következtében megnövekedett biológiai aktivitás



Termikus nitrogén monoxid képződése

Láncreakció: (Zeldovich, 1940)



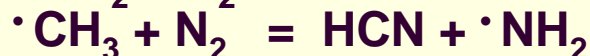
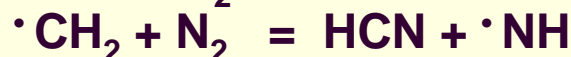
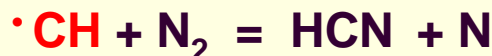
Lángban
képződik

A termikus NO mennyisége függ a láng hőmérsékletétől (O konc.-t befoly.) és a tartózkodási időtől. 1400 °C fölött számottevő.

Prompt nitrogén-monoxid képződése (Fenimore, 1970)

szénhidrogének $\xrightarrow{\text{kevés O}_2, \text{ alacsony lánghőm.}}$ $\bullet \text{CH} + \bullet \text{CH}_2 + \bullet \text{CH}_3 + \dots$

a reakciót alkil-gyökök indítják

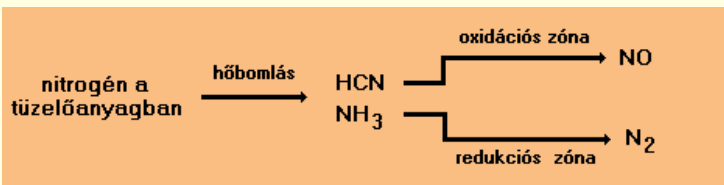


Láng magasabb hőmérsékletű részein (kiegési, másodlagos zóna) nagyobb az atomos oxigén koncentrációja



Prompt nitrogén-monoxid (kb. 5%) képződése csak kismértékben függ a hőmérséklettől.

Nitrogén-monoxid a tüzelőanyag nitrogéntartalmából



Szerves molekulához kötött nitrogén (pl. amino-csoport).

Kevéssé érzékeny a hőmérsékletre, de a levegő-tüzelőanyag arány jelentősen befolyásolja.

Nitrogén-dioxid képződése lángban

A füstgázban néhány % NO_2 található, mert a NO_2 már $150\text{ }^\circ\text{C}$ – on bomlani kezd, $620\text{ }^\circ\text{C}$ felett teljes mértékben elbomlik.

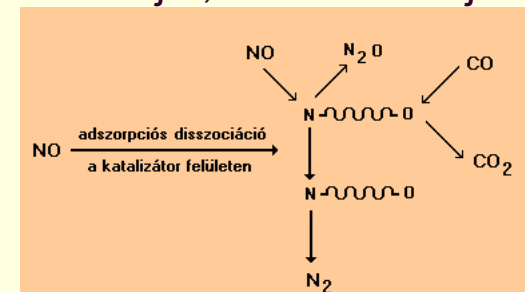
- alacsonyabb hőmérsékletű részek
 - $\text{NO} + \cdot\text{HO}_2 = \text{NO}_2 + \cdot\text{OH}$
- hidroperoxil gyök képződése
 - $\text{H} + \text{O}_2 + \text{M} = \cdot\text{HO}_2 + \text{M}$
- magasabb hőmérsékleten meghatározó
 - $\text{H} + \text{O}_2 = \cdot\text{OH} + \text{O}$
- a NO_2 jelentős része visszakeveredik a melegebb térrészbe, ahol:
 - termikusan bomlik: $\text{NO}_2 + \text{H} = \text{NO} + \cdot\text{OH}$
 - visszaalakul: $\text{NO}_2 + \text{O} = \text{NO} + \text{O}_2$

Dinitrogén-oxid képződése alacsony hőmérsékletű égetésekkor

A tüzelőanyag N tartalmának kb. 10-50%-ka $800\text{ }^\circ\text{C}$ – $900\text{ }^\circ\text{C}$ N_2O -dá alakulhat. Alacsony hőmérséklet; alacsony fűtőértékű tüzelőanyagoknál (pl. biomassza) fokozott mértékű N_2O képződéssel kell számolni.

- kőszén termikus bomlásakor felszabaduló hidrogén-cianidból
 - $\text{HCN} + \text{O} = \text{NCO} + \text{H}$
 - $\text{NCO} + \text{NO} = \text{N}_2\text{O} + \text{CO}$
- $950\text{ }^\circ\text{C}$ felett nem képződik dinitrogén-oxid, mivel $900\text{ }^\circ\text{C}$ felett termikusan bomlik
 - $\text{N}_2\text{O} + \text{M} = \text{N}_2 + \text{O} + \text{M}$
- Növekvő láng hőmérséklet növeli a hidrogéngyökök koncentrációját, amik redukálják a dinitrogén-oxidot
 - $\text{N}_2\text{O} + \text{H} = \text{N}_2 + \cdot\text{OH}$

Dinitrogén-dioxid képződése katalitikus mellékreakcióként (közlekedés; 3-as hatású katalizátorok – NO redukció, CO oxidáció, szénhidrogén oxidáció)



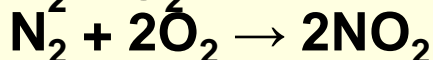
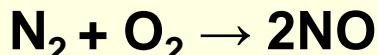
Nitrogén-oxidok képződése a lángban Σ

	Egyszerűsített átalakulás	Megjegyzés
Termikus NO	$\text{N}_2 + \text{O} \longrightarrow \text{NO}$	1400 °C felett képződik, erősen hőmérsékletfüggő, oxidációs zónában képződik
Prompt NO	$+\text{CH}_x + \text{N}_2 \longrightarrow \begin{matrix} \text{HCN} \\ \text{NH}_x \end{matrix} \xrightarrow{\text{O}} \text{NO}$	1000 °C felett képződik, kismértékben hőmérsékletfüggő, redukciós zónában képződik
NO a tüzelőanyagból	$\text{szerves-N} \xrightarrow{\text{hőbomlás}} \begin{matrix} \text{HCN} \\ \text{NH}_x \end{matrix} \xrightarrow{\text{O}} \text{NO}$	1000 °C felett képződik, kismértékben hőmérsékletfüggő, oxidációs zónában képződik.
NO ₂	$+\text{HO}_2 + \text{NO} \longrightarrow +\text{OH} + \text{NO}_2$	A láng hidegebb részein képződik, melegebb részekben elbomlik.
N ₂ O	$\text{szerves-N} \xrightarrow{\text{hőbomlás}} \text{HCN} + \text{O} \longrightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{CO} + \text{H}$	800 °C – 900 °C –on képződik, nagyobb hőmérsékleten elbomlik

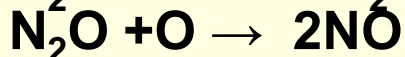
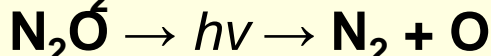
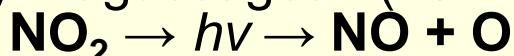
Nitrogén-oxidok átalakulásai

Atmoszféra

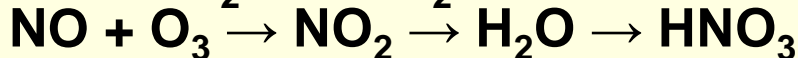
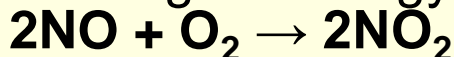
- Magas hőmérsékleten [termikus]



- Nagy magasságban (20 km fölött) – [fotokémiai]



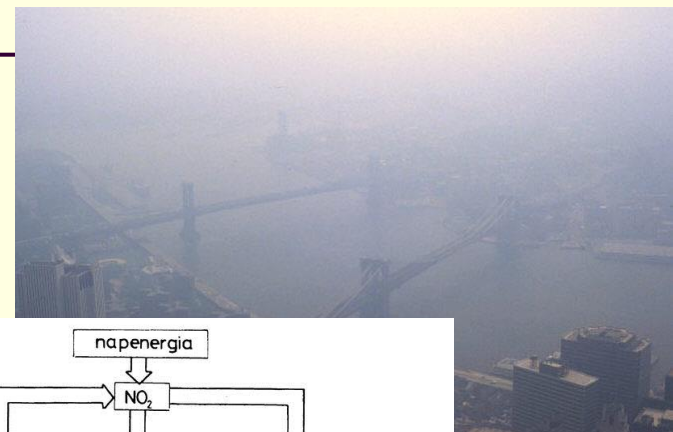
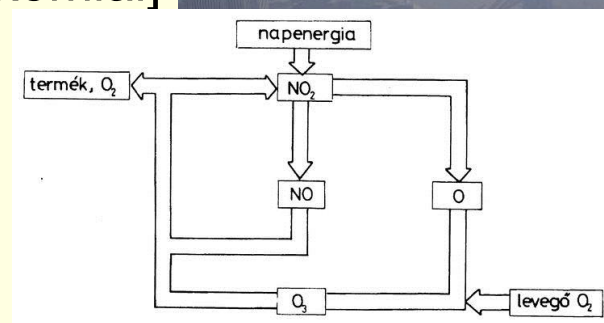
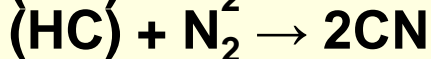
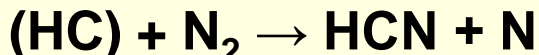
- Reakció oxigénnel vagy ózonnal



- troposzférikus ózon** mennyisége a levegőben lévő $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ aránytól függ, ezért minden olyan anyag, ami gyorsítja az $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ átalakulást, az ózon koncentrációt növeli, ld. köv.ea.

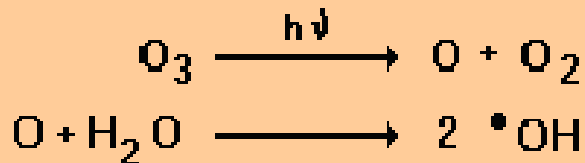
- A képződött HNO_3 szabad sav formájában vagy NH_3 -val reagálva NH_4NO_3 -ként kerülhet az esővízbe.

- Reakciók szénnel és széntartalmú gyökökkel:

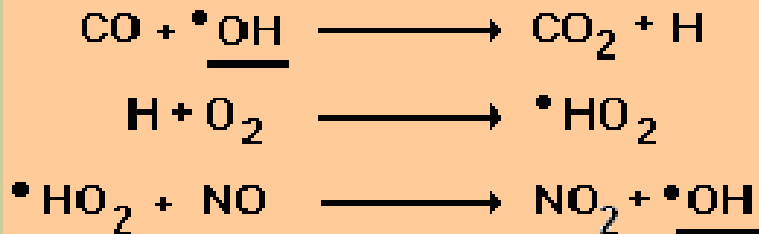


- A NO_x reakciója
 - HO· (hidroxi-), HO₂· (peroxi-) és

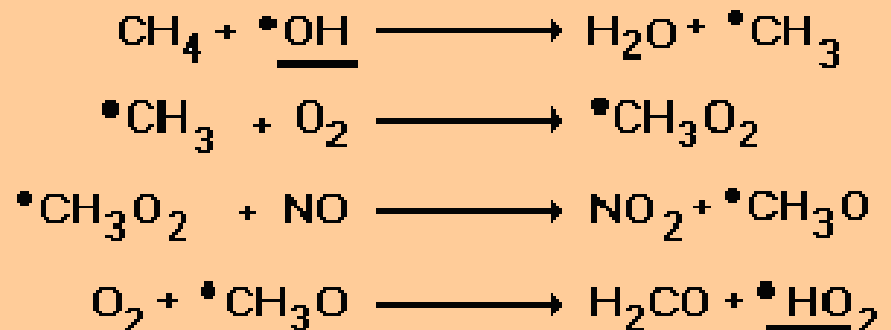
hidroxilgyökök képződése



NO oxidációja hidroperoxilgyökkel



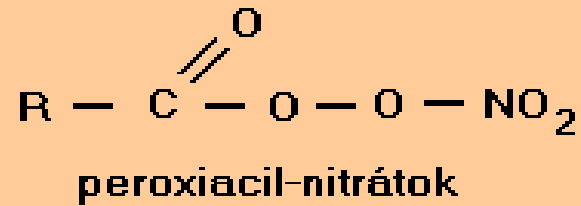
NO oxidációja metilperoxilgyökkel



- CH₃-COO-O· (peroxi-acetil-) gyökökkel:
a keletkező vegyületek szerepet játszanak a **füstköd /szmog/** kialakulásában.

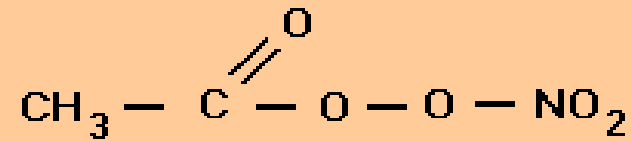
- Az NH₃ és a N-H kötést tartalmazó szerves vegyületek reakciói:
karcinogén hatású nitrózaminok (R₂-N-NO) keletkezhetnek.

FOTOKÉMIAI OXIDÁNSOK



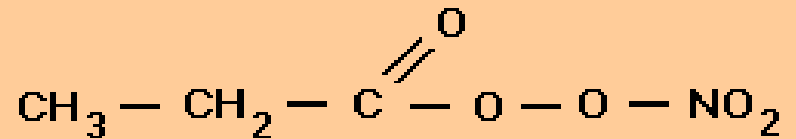
peroxiacetil-nitrát

PAN



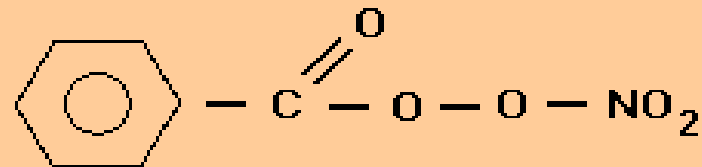
peroxipropionil-nitrát

PPN



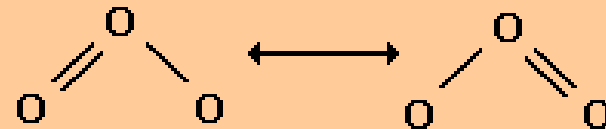
peroxibenzoil-nitrát

PBzN



ózon

O₃



A telítetlen szénhidrogének **fotokémiai oxidációjakor képződnek**
Környezetvédelmi szempontból problémások!

Nitrogén-oxidok hatása


■ Növényekre

- NO expozíció fotoszintézis csökkenést okoz (reverzibilis hatás)
- NO₂ erőteljes roncsoló hatás
 - levelek széle barnás, barnásfekete lesz
 - levélfelületen foltosodás jelentkezik
 - növényi sejt kezd összehúzódni és a protoplazma elválik a sejtfaltól
 - sejt teljes kiszáradása

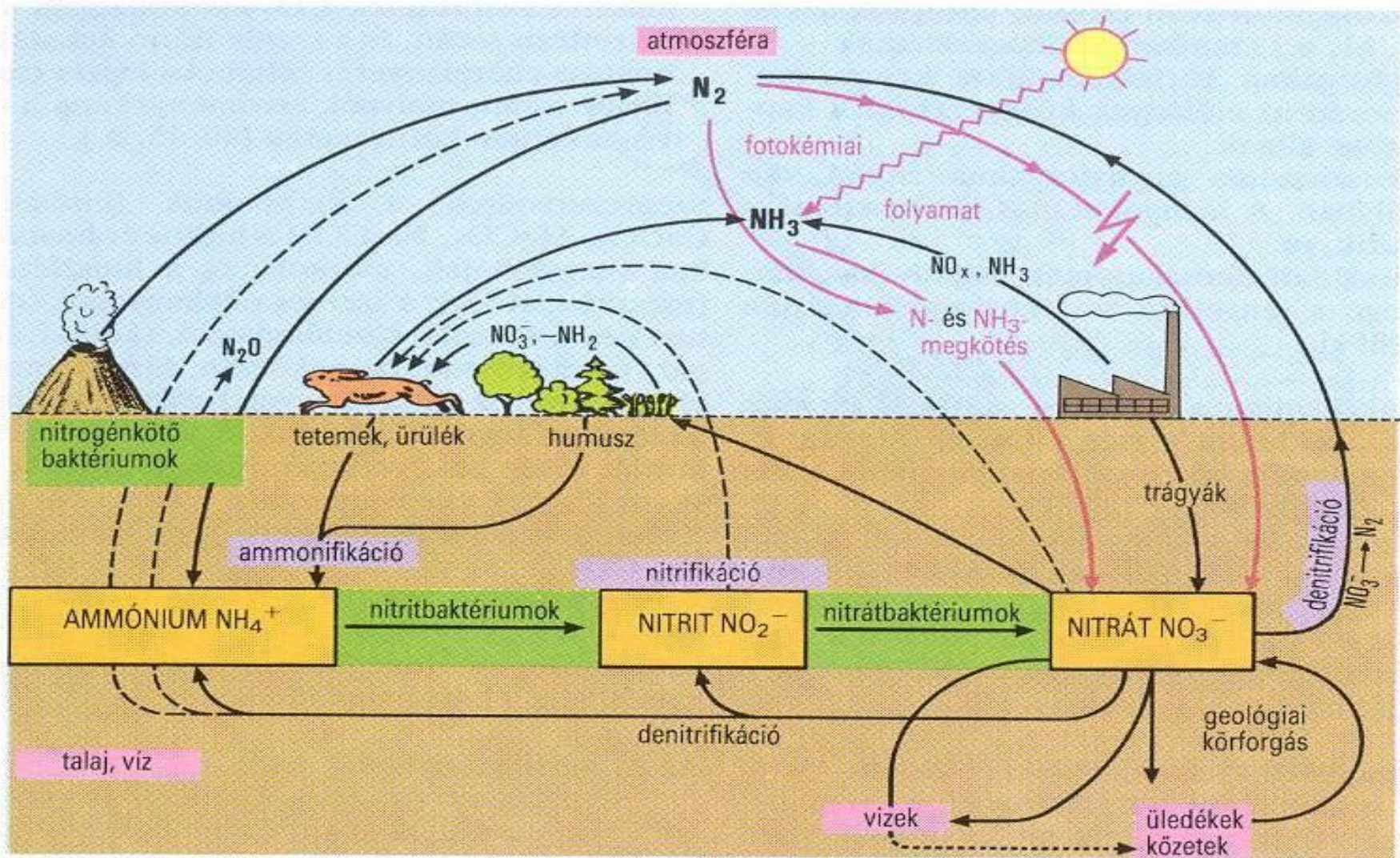
■ Emberre

- NO₂ kb. 4x olyan mérgező, mint a NO
- nyálkahártya irritáció
- tüdővizenyő
 - léghólyagocskákban /alveolus/ salétromsav keletkezik
 - léghólyagocskák féligáteresztő falán történik a szén-dioxid oxigén gázcsere
 - salétromsav : fehérje denaturáló hatású → /Biuret reakció/ féligáteresztő képesség megszűnik → folyadékkal töltődik fel
 - gázcserefelület vesztés → halál

Biogeokémiai körfolyamat

- Nagyrészt az élőlények és a talaj (bioszféra-litoszféra) között zajlik, így az atmoszférikus nitrogén nagy koncentrációja ellenére csak másodlagos szerepet játszik 
- A hidroszférának a vízi élőlények fehérjéi, az atmoszférának a villámlás révén van szerepe. Ez utóbbi a többihez képest kicsi.
- Az antropogén hatás igen jelentős.
- A NO_x probléma nem mennyiségi tétel a nitrogén-körforgalomban viszont már kis mennyiségben is súlyos problémát jelent

Körforgás a természetben

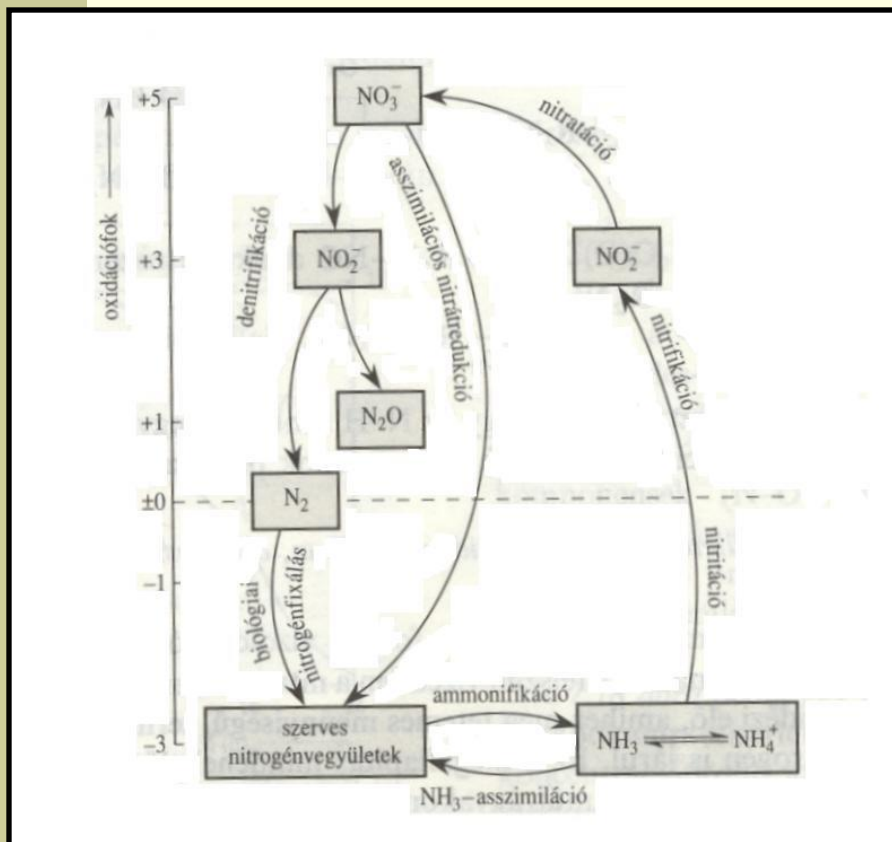


-----> kisebb jelentőségű

A A nitrogén körforgása

- A mikroorganizmusok alakítják át a szerves vegyületeket a növények számára felvehető ásványi formába
- A zöld növények ásványi nitrogént /nitrát/ hasznosítanak életfolyamataikhoz, így nemcsak szén-, hanem nitrogén-autotrófok is
- A nitrogént a talajból ammónium-, nitrit- és nitrátion formájában veszik fel
- A szervesetlen nitrogénformák az összes nitrogén 1–5%-át teszik ki
- A talajban a nitrogén ásványi formában gyakorlatilag csak NH_4^+ -ként és NO_3^- -ként van jelen, illetve nagyon ritkán (csak redukált körülmények között) nyomokban még NO_2^- - is kapcsolódhat hozzájuk
- A nitrát, mint erős sav anionja, a gyakran előforduló kationokkal könnyen oldható sókat képez
- Ezért a NO_3^- - nem tud a kolloidokhoz kötődni, könnyen kimosódik

Mikrobiológiai nitrogén körforgás

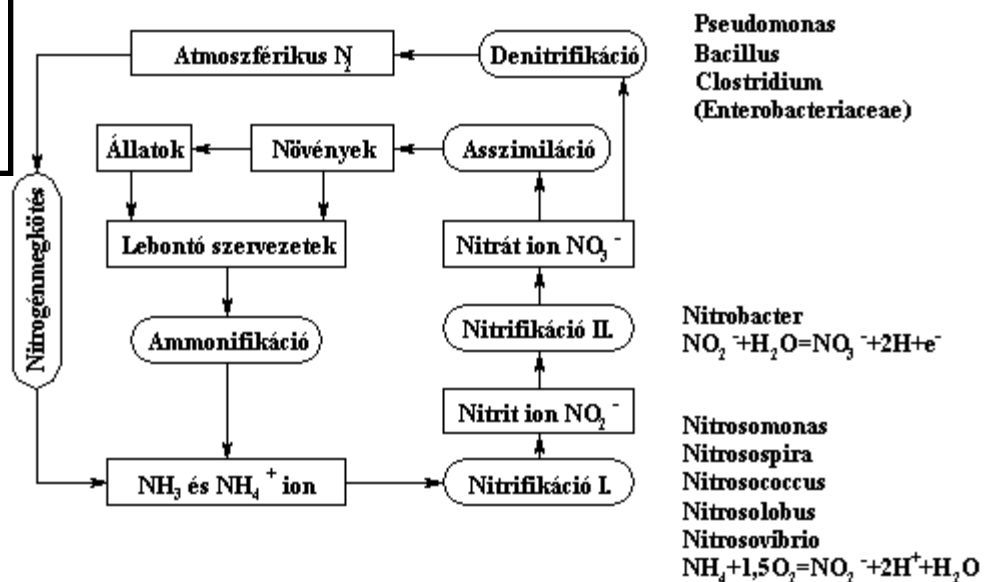


Rhizobium,
Bradyrhizobium,
Nocardia alni,
Clostridium,
Azotobacter

A légköri nitrogén (N₂) megkötése (biológiai nitrogénfixálás):

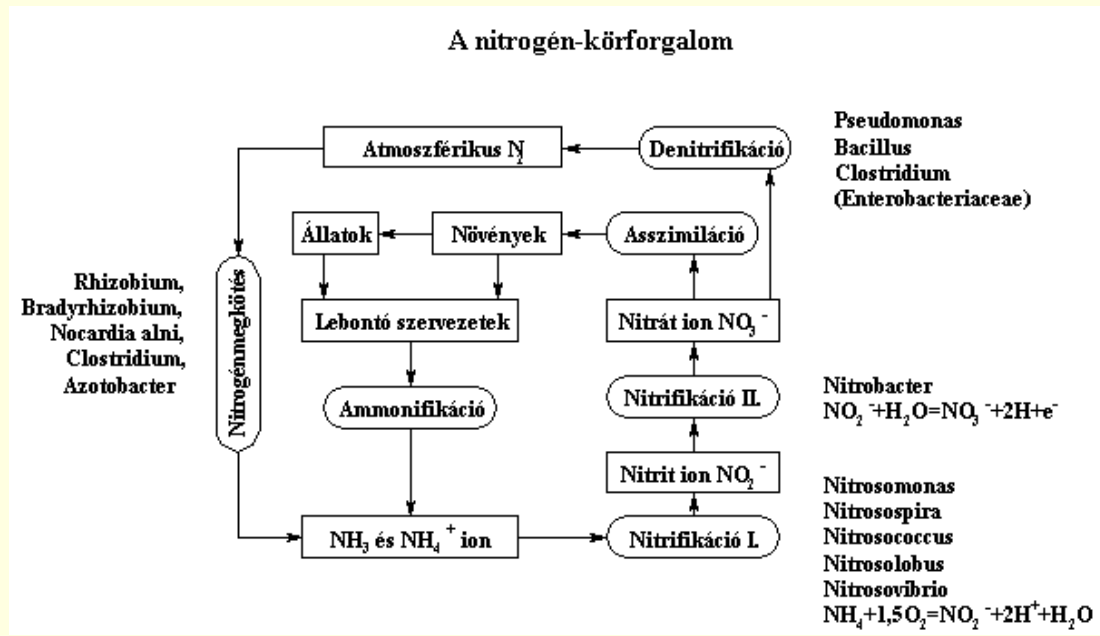
- Cianobaktériumok
- Szinbionta nitrogénkötő baktériumok (pl. Rhizobium, Spirillum fajok)
- Szabadonélő nitrogénkötő baktériumok (pl. Azotobacter, Clostridium fajok)

A nitrogén-körforgalom



Nitrogén mineralizáció

- A biomasszában kötött nitrogén túlnyomórészt protein vagy proteid formájában fordul elő
- Ez a nagy polimerizáltságú fehérjeanyag a hidrolízis során saját építőelemeire esik szét, amelyekből lépésről lépésre felépült
- A holt szerves vegyületek mineralizációja során tehát a nitrogén egy része ismét anorganikus alakban, mint ammónia jelenik meg
- Ez a szerves nitrogén
→ ammónia-átalakítás
az **ammonifikáció**



Nitrifikáció

- A **nitrifikációt** mikroorganizmusok végzik, amelyek a rendelkezésre álló **ammóniát nitráttá oxidálják**
- A nitrifikálók olyan aerob baktériumok, amelyek redukált szerves vegyületek (NH_3 , NO_2^-) kémiai oxidációs energiáját hasznosítják, és a levegő széndioxidjával, mint egyedüli szénforrással, szén-autotróf életmódot folytatnak
Élettani szempontból két csoportba sorolhatók:
 - **Nitroso(monas)**, mikroszervezetek végzik az ammónia→nitritté alakítását,
 - **Nitrobacterek** pedig a nitrit → nitráttá oxidálásában tevékenykednek
- A nitrifikáció jó oxigénellátás mellett megy végbe; 4 pH alatt a talajban már nem megy végbe
- Gyorsabb a nitrifikáció meleg (30–35 °C), nedves viszonyok között; tavasszal és ősszel tapasztalható a nitrát-képződésben a maximum, nyári száraz napokon és télen pedig nagyon lelassul

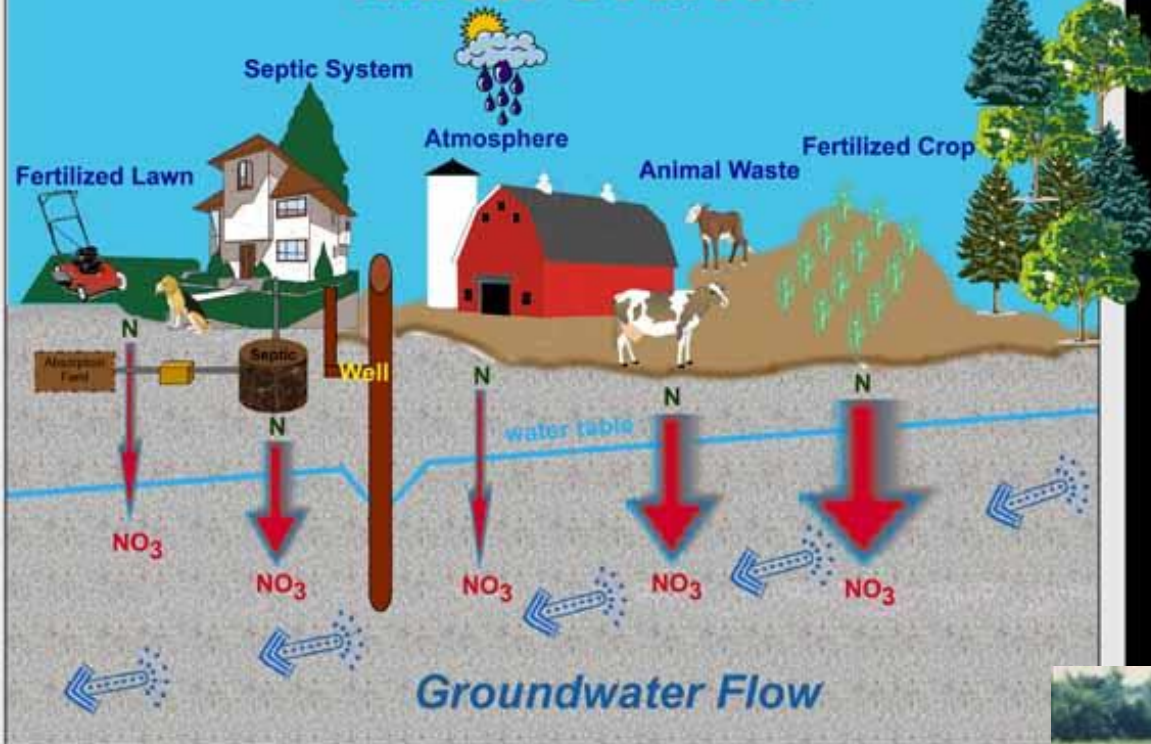
Nitrátredukció

- A **nitrátredukció** a nitrifikáció fordítottja
- Ezt a legtöbb növény el tudja végezni, úgyhogy a nitrát teljes értékű nitrogénforrás a fehérjeszintézishez
- Egyes baktériumok, pl. a Pseudomonasok, Bacillus és Mikroccoccusok oxigén hiányában a nitrátot tudják oxigénforrásként felhasználni

Denitrifikáció

- Denitrifikáció alatt a nitrát-készletek N_2 , N_2O vagy NO alakban bekövetkezett, gáz halmazállapotú nitrogénveszteségét értjük, amely főleg, (de nem szükségszerűen) biológiai hatásra megy végbe
- A nitrát-légzés biológiai denitrifikációhoz vezet, ahol N_2 vagy N_2O szabadul fel
- A denitrifikáció nemcsak a vízzel telített, levegőtlen, oxigénszegény talajokon mehet végbe, hanem jól levegőzött talajokon is, ha a talajoldatnak nagy az ammóniakoncentrációja

Nitrate Sources



- ❖ A nitrit - methemoglobémia
- ❖ Eutrofizáció

Foszfor

Dolgosné dr. Kovács Anita egy.doc.
PTE PMMK
Környezetmérnöki Tanszék

Allotróp módosulatok I.

■ Sárga

- P_4 szabályos molekularács, lágy, késsel vágható
- szobahőmérsékleten is hevesen oxidálódik
- könnyen párolog
- kellemetlen szagú
- víz alatt kell tartani, oxigéntől elzárva (öngyúlékony)
- vízben nem oldódik
- zsírokban, olajokban jól oldódik
- lenyelve már 0,05 g is halálos belőle
- képes átalakulni vörösfoszforrá
- **rendkívül mérgező**



Allotróp módosulatok II.

Vörös

- könnyen szublimál, sárga foszfor csapódik le
- szerves és szervesetlen oldószerekben oldhatatlan
- nem mérgező



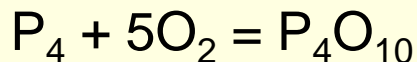
Fekete

- csak extrém körülmények között fordul elő
 - 200 °C felett
 - nagy nyomáson

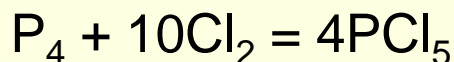
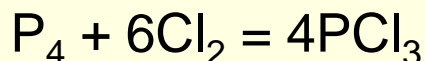


Kémiai tulajdonságok

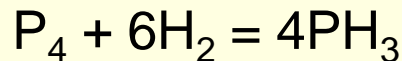
- A fehér foszfor igen reakcióképes elem
- rendkívül gyúlékony, égésekor P_4O_{10} keletkezik
- szobahőmérsékleten lassan oxidálódik (foszforeszcencia)



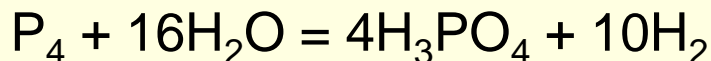
- halogénekkal „tűztűnemény” közben egyesül



- Hidrogénnel foszfinná egyesül



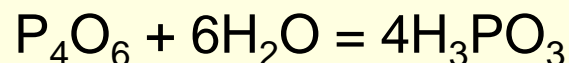
- magasabb hőmérsékleten a vízgőzt is redukálja



Vegyületei

Difoszfor-trioxid (P_4O_6)

- fehér, viasz lágyságú
- könnyen olvadó, kristályos anyag
- hideg vízben lassan oldódik
- foszforossavnak valódi savanhidridje



- HPO_2 metafoszforossav
- H_3PO_3 ortofoszforossav
- $H_4P_2O_5$ pirofoszforossav

Difoszfor-pentaoxid (P_4O_{10})

- fehér, pelyhes, könnyen szublimáló vegyület
- erősen nedvszívó
- foszforsavak valódi savanhidridje
- leghatásosabb szárítószer

- HPO_3 metafoszforsav
- H_3PO_4 ortofoszforsav
- $H_4P_2O_7$ pirofoszforsav

Jellemzők

- A foszfor (P) az élő szervezetek egyik nélkülözhetetlen eleme
- Kis mennyiségben mindenütt megtalálható
- Foszfot minden élő szervezet tartalmaz, pl. a DNS alkotórészeként
- A körforgalomba foszfátion (PO_4^{3-}) formájába kerül be (ortofoszforsav ionja)
- Számos foszfát nehezen oldható üledéket képezve kerül ki a ciklusból
- Biológiai jelentősége széleskörű:
 - szervesetlen sója, a trikálcium–foszfát a csontok egyik alkotóeleme;
 - a szerves foszfor–vegyületek közül jelentősek a nukleinsavak (DNS, RNS),
 - Energiatároló vegyületek (ATP, ADP)
- A foszfor endogén, vagyis az élőlényeken belüli körforgásban nagyon gyors

A Föld globális foszfor-lelőhelyei

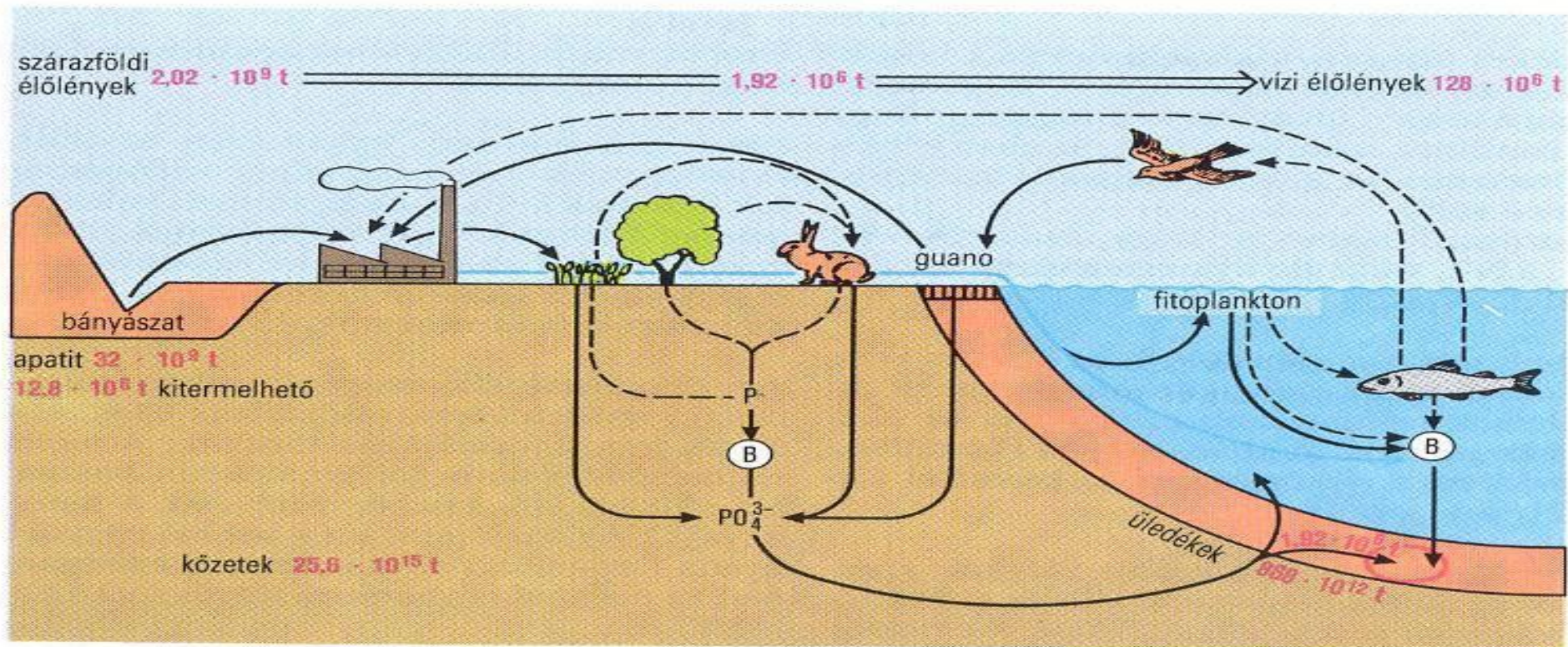
Lelőhely		Mennyiség (Mt P)
litoszféra		10^{12}
	feltárható foszfátércek	$60 \cdot 10^3$
	talaj	$16 \cdot 10^3$
	édesvízi üledékek	$10 \cdot 10^3$
	mélytengeri üledékek	$1000 \cdot 10^3$
	kőzetek	10^{12}
hidroszféra		$0,12 \cdot 10^6$
	óceánok	$120 \cdot 10^3$
	édesvizek	90
atmoszféra		0,1
biomassza		$2 \cdot 10^3$
	szárazföld	$2 \cdot 10^3$
	óceánok	140

Litoszféra

- Földkéreg 11. leggyakoribb eleme
- Valamennyi természetes eleme az ortofoszforsav (H_3PO_4) származéka
- Fő ásványa az apatit [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$], amelyben a fluort részben vagy teljesen helyettesítheti hidroxil vagy klór
- Más nyers foszfátok, pl. a foszforit, fő tömegükben szintén apatitból állnak
- Legfontosabb kalcium-ásványai

■ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	kalcium-hidrogén-foszfát
■ $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	brushit
■ CaHPO_4	monetit
■ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	apatit
■ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	hidroxi-apatit
■ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	fluoro-apatit

Foszfor ciklus

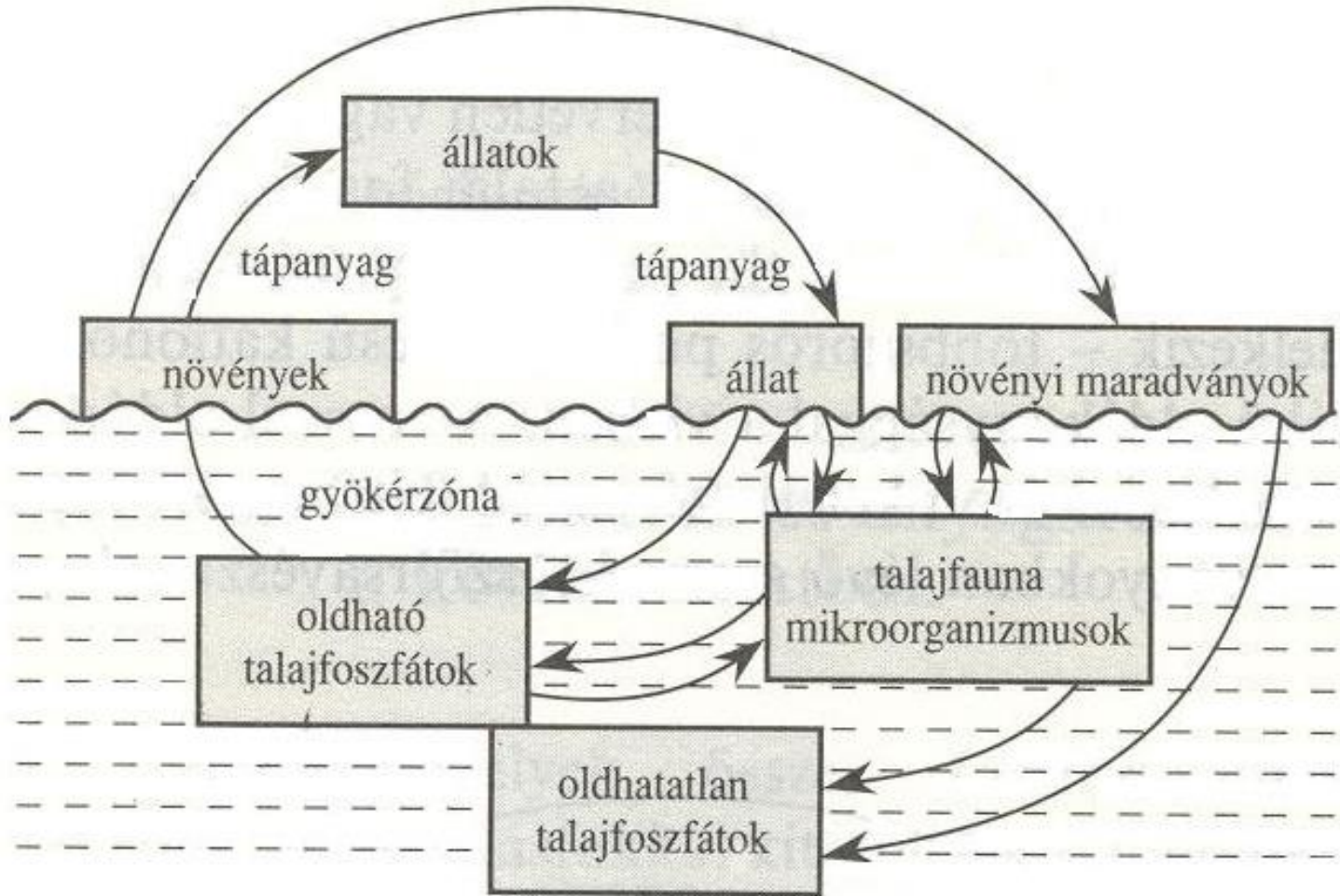


- \longrightarrow szervetlen foszfát
- \dashrightarrow szerves foszfát
- \dashrightarrow kibocsátás

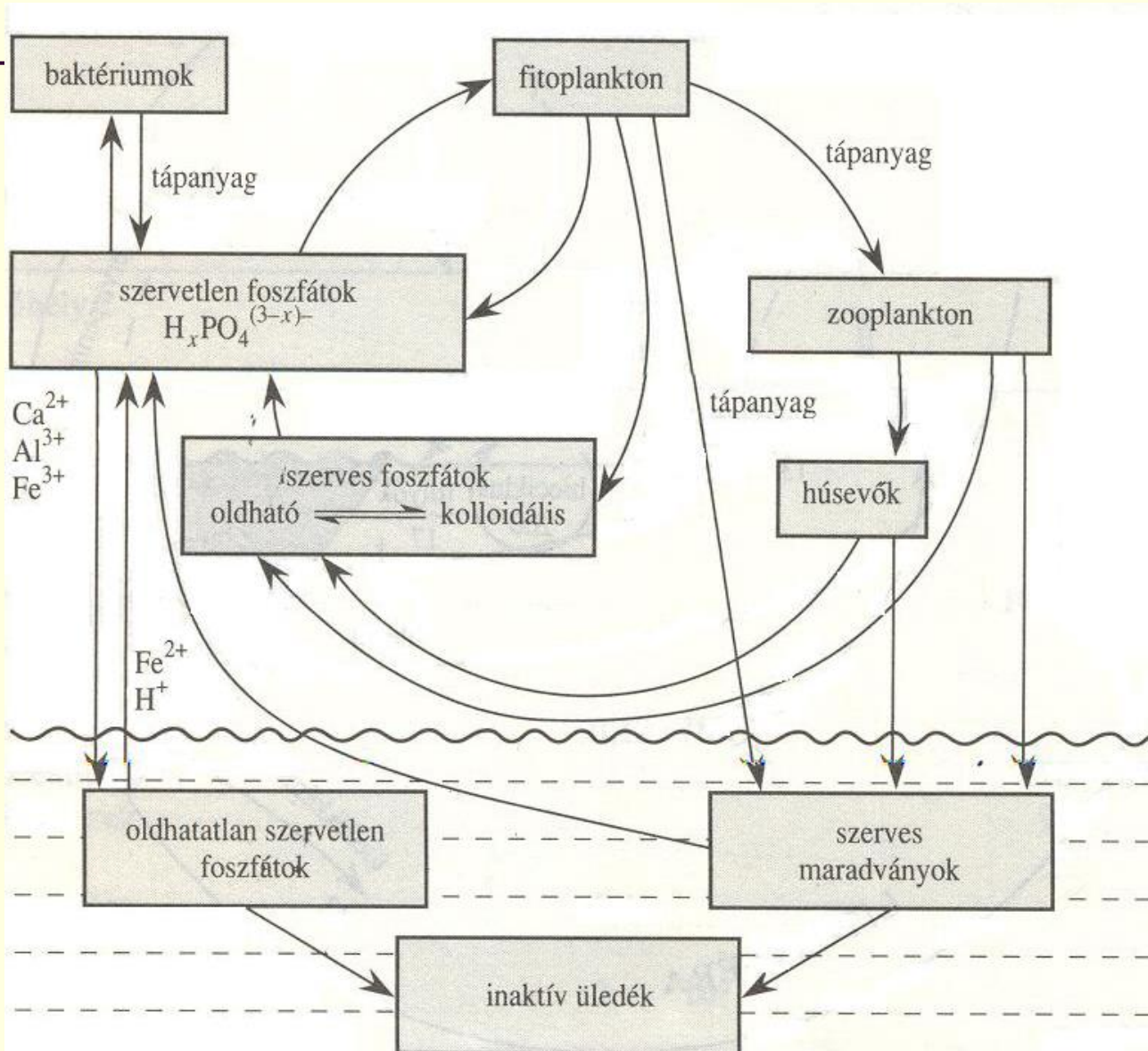
- (B) baktériumok
- természetett növények

B A foszfor körforgása

Szárazföldi ciklus



Vízi ciklus



Foszfor az élőlényekben

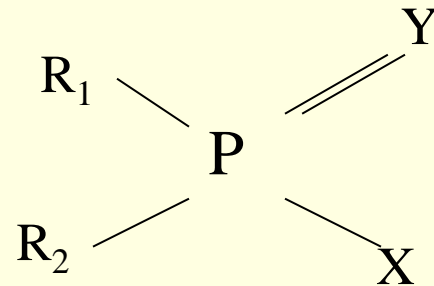
- Az élő szervezetekben található foszfornak több mint a fele foszfátmolekulákban, míg a maradék egyéb szervetlen vagy szerves vegyületekben van jelen
- A foszfát különleges szerepet tölt be az élőlények energiaháztartásában
- Egy foszfátcsoport ADP molekulára kötődésével jön létre a nagy energiájú, könnyen továbbadható ATP molekula
- A szervezeten belül sok foszfort tartalmaznak a nukleinsavak (RNS, DNS), valamint a sejtmembránok, foszfolipidek formájában

Foszfor a talajban

- A foszfor a talajban mind szerves, mind ásványi kötésben előfordul, ezért a foszforgazdálkodásban a biológiai és a szervesetlen kémiai folyamatok azonos jelentőségűek
- A talajban lévő foszfortartalmú vegyületek három nagy csoportba oszthatók:
 - Ca–, Fe– és Al- foszfátok
 - Fe– és Al– hidroxidok, valamint az agyagásványok, a humuszanyagok és a CaCO_3 felületén megkötött foszfátionok
 - Szerves foszforvegyületek

Antropogén beavatkozások

- Műtrágyák
 - A növények a tápanyag foszfor tartalmának 5 %-át képesek felvenni, a kialakuló hiányt pótolni kell
- Eutrofizáció
- Rovarölő szerek, vegyi fegyverek
 - Idegmérgek
 - Általános képlet
 - $R_1; R_2$: aril, alkil ...
 - Y : O; S
 - X : savas szubsztituens



A foszfor-műtrágyákról általában

- A nyersanyagok és műtrágyák – hatóanyag tartalmát egyaránt P_2O_5 %-ban fejezik ki
- A foszforműtrágya – gyártás célja a nehezen oldható foszforvegyületek átalakítása vízben vagy gyenge savakban oldható vegyületekké
- A nyersfoszfátok savas feltárással vagy hőkezeléssel alakíthatóak át oldható foszfátokká, savfelesleg hatására foszforsav keletkezik
- A szuperfoszfát összetétele:
35 % $Ca(H_2PO_4)_2$, 50 % $CaSO_4$, 15 % egyéb alkotórész

A foszfor-műtrágyák hatása


- fiziológiai hatása erősen savanyú
- túlzott használata a talaj elsavanyodásához vezet
- a foszfor a generatív szervek megjelenését, a termésképzést serkenti, gyorsítja a szervek differenciálódását
- a trágyázás gerjeszti a talaj tápanyagforgalmát

Eutrofizáció

- A vízbe jutó növényi tápanyagok hatására a tavak tápanyagtartalma egyre nagyobb
=> túlburjánzik a vízínövényzet.
- A vízínövények természetes elhalása révén egyre nagyobb mértékben halmozódik fel a tó aljzatán
=> halpusztulás.

Irodalmak

- Dr. Berecz Endre: Kémia műszakiaknak. Tankönyvkiadó, Budapest, 1991
- Dr. Bodor Endre: Szervetlen kémia I-III., Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1994
- Dr. Bot György: Általános és szervetlen kémia. Medicina, Budapest, 1987
- Papp Sándor – Rolf Kümmel: Környezeti kémia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- Papp Sándor: Biogeokémia – Körfolyamatok a természetben. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2002
- Dr. Papp Sándor(szerk.): Környezeti kémia. HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 az. „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” c. pályázat anyaga



Köszönöm a figyelmet!