

4. A növények légzésének ökofiziológiai vonatkozásai

A légzés minden élőlénynek egyik alapvető életfolyamata, mely által a szerves tápanyagokban levő vegyi energia lebontó reakciókban fokozatosan felszabadul a felhasználás céljából. A légzés biokémiai és bioenergetikai folyamatai alapvetően egyformán zajlanak minden élő sejtben, tükrözve az egész élővilág molekuláris és sejt szintű egységességét. A légzés lényege az **energia felszabadítása** a szerves molekulák kémiai kötéseinek felszakadásakor, oxidációs folyamatok során. A légzési anyagbontásnak (katabolizmusnak vagy disszimilációnak) van egy kezdeti, kevés energia felszabadulásával járó részleges lebontási szakasza, mely nem igényeli az oxigénmolekula jelenlétét. Ezt nevezzük **anaerob** szakasznak, energetikai hatékonysága kicsi, pazarolja a szerves szubsztrátumot. Növényekben a glikolízis és az oxidatív pentózfoszfát út által valósulhat meg a sejtek citoplazmájában és bizonyos mértékben a plasztiszok sztrómájában, végül alkoholos vagy tejsavas **erjedéssel** zárulhat (vajsavas és ecetsavas erjedés a növényekben nincs). Szellőztelen élettérben fejlődő növényi testrészekben (például mocsarakban, iszapban, vízben) az ehhez alkalmazkodott növények az erjedés káros termékeit gyorsan átalakítják ártalmatlan anyagokká, például almasavvá, borostyánkőssavvá, elzártan raktározható fenolszármazékká stb.

Oxigén jelenlétében az anaerob szakasz vízképződéssel befejeződő teljes lebomlással folytatódik. Ez az **aerob** légzési szakasz, mely nagy energetikai hatékonysággal zajlik, sok ATP termelődését eredményezi (amelynek makroergikus foszfátkötéseiben raktározódik és elszállítódik a felhasználási helyekig a vegyi energia). Az aerob szakasz magába foglalja a Krebs-ciklus (citrátkör) általi hidrogénelvonást, a szerves tápanyagok hidrogénatomjaiból származó elektrontranszportot a légzési lánc vagy terminális oxidáció útján, valamint az elektronszállításhoz társult protontranszlokációt és a protongradiens hatására megvalósuló oxidatív foszforiláció általi **ATP szintézist**. Mindezek a folyamatok az eukarióta sejtek mitokondriumaiiban, valamint a baktériumsejtek plazmamembránjában és citoplazmájában mennek végbe, az energia-szükségleteknek megfelelően szabályozott módon. Az oxigén jelenléte kikényszeríti az aerob légzést és gátolja a tápanyagokat pazarló anaerob légzést, ezt nevezzük Pasteur-effektusnak. A légzés anyagcseréjéhez jellegzetes gázcsere társul: az anaerob szakaszban szén-dioxid szabadul fel, az aerob szakaszban a szén-dioxid termelés oxigénfelvétellel és vízképződéssel társul. A légzés általános folyamatai nem képezik az ökofiziológia tárgyát, ezért itt ezeket nem részletezzük, hanem emlékeztetőként egy egyszerűsített vázlatban foglaljuk össze a légzési anyagcsere sejt szintű részfolyamatai közötti összefüggéseket és ezek energetikai szerepét (**39. ábra**).

A növények légzésének fontosabb sajátosságai a következők:

1. A növényi mitokondriumok belső membránjában létezik egy **cianidrezisztens alternatív légzési lánc** is, mely egy növényekre jellemző oxidáz által juttat-

ja a lebontott szerves molekulák hidrogénatomjaiból származó elektronokat és protonokat az oxigénmolekulára. Ez a CN⁻-rezisztens út, mely letéríti az elektronokat a citokrómokon keresztüli útról, sajátos körülmények között erősödik; létezésének köszönhetően a növények nem pusztulnak el a ciánsav hatására, de anyagcseréjük és fejlődésük gyengül, mert a cianidrezisztens út energetikai szempontból kevésbé hatékony (2-3-szor kevesebb ATP termelődését eredményezi), mint a minden élőlényben jelen levő másik légzési lánc. A cianidrezisztens alternatív légzési úton a lebomló tápanyagok kémiai energiájának nagy része hőenergiává átalakulva elvész.

A növények cianidrezisztens légzése fokozódik:

- túl magas hőmérsékleten
- alacsony hőmérsékleten
- vízhiány esetében
- idős, sérült és fertőzött testrészekben
- nyugalmi állapotban levő magvakban és raktározó szervekben
- sárguló levelek és túlérő termések klimaktérikus légzése során
- a kontyvirágfélék virágzati tengelyének légzési termogenezise alkalmával.

2. A fertőzött növényi testrészekben ún. **parazitogén légzésfokozódás** észlelhető, melynek egy része extramitokondriális oxidázoknak (fertőtlenítő hatású kinonokat termelő fenol-oxidázoknak, mikroorganizmusokat elpusztító peroxidázoknak stb.) tulajdonítható.
3. Az öregedő levelek és termések sejtjei elpusztulásuk előtt ún. **klimaktérikus légzésfokozódást** mutatnak, annak ellenére, hogy az idősödő testrészekben általában egyre gyengébb a légzés.
4. A **légzési termogenezisnek** (hőtermelésnek) a kontyvirágféléknél (a kála rokonainál) közvetett szerepe van a kereszttezett megporzás általi örökletes változottság biztosításában és az ivaros szaporodásban, ugyanis a hirtelen felerősödő légzés hőtermelése miatt felmelegedő virágzati tengelyből elpárolgó szaganyagok odacsalogatják nagy távolságokról is a faj egy másik egyedének virágából idegen pollent szállító rovarokat.

A légzés intenzitását befolyásoló legfontosabb tényezők a hőmérséklet, a hidratációs fok, az oxigén és a szén-dioxid koncentrációja, az ásványi sók aktív felvétele, a sérülés, a fertőzés, a testrészek életkora és élettani állapota.

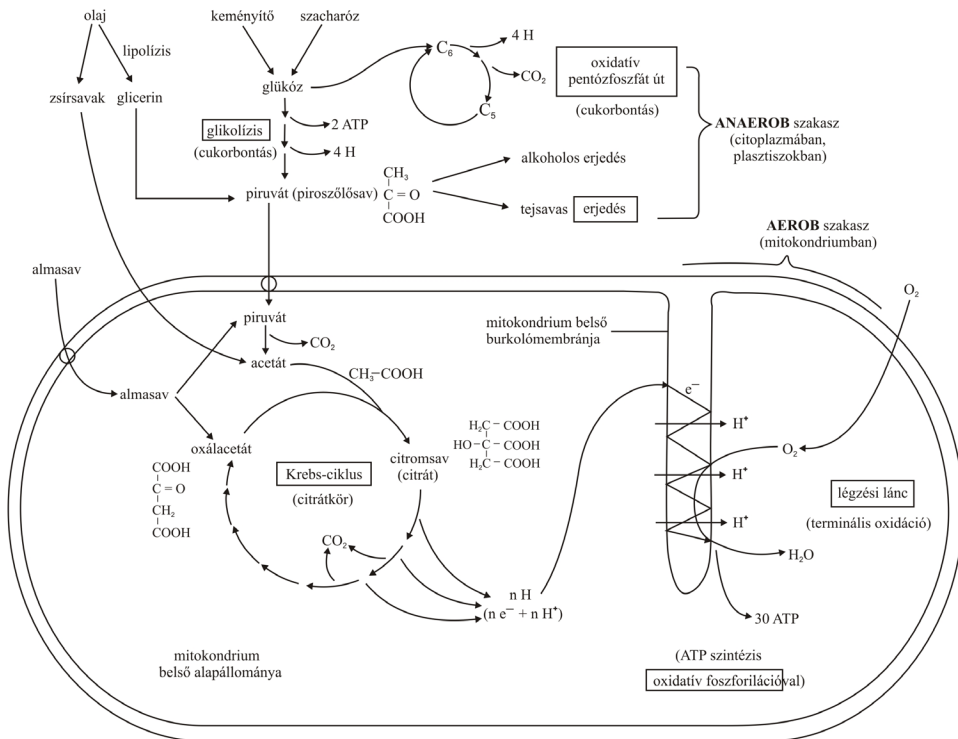
Magas **hőmérsékleten** a légzés erősebben fokozódik, mint a fotoszintézis, így anyagvesztést okozhat. Hőmérsékleti optimuma általában 35 °C körül van, télen a tűlevelek –25 °C-on is lélegeznek, termálvízi algákban pedig a légzés felső hőmérsékleti határa +60 °C.

Alacsony víztartalmú állapotban a növényi testrészek légzése nagyon gyenge, ilyen latens állapotban a nyugvó magvak, rügyek és földbeni száruk ellenállnak a téli

hidegnek és a nyári szárazságnak, de nem növekednek. Az élénk légzés feltétele a vízzel telített, jól **hidratált állapot**. Például, a kiszáradt mag csíranövénye alig lélegzik, de miután átnedvesedett, nagyon élénk légzésbe kezd (főleg ha a magban a tartalék tápanyag olajként raktározódott, melynek átalakítása felhasználható egyszerű cukrokká nagyon sok oxigén felvételét igényeli).

A magas **oxigéntartalom** serkenti az aerob légzést, a magas szén-dioxid koncentráció pedig, mivel a CO_2 a légzés egyik terméke, negatív visszacsatolós önszabályozás útján gátolja a légzést. A fentiek alapján érthető, hogy növényi anyagok tárolása során a légzési veszteségek csökkenthetők ha a raktározás hűvös, száraz és oxigénszegény helyen történik.

Az ásványi sók aktív felvétele serkenti a légzést, mert sok ATP-t igényel, amit a légzés biztosít a nem fotoszintetizáló sejtekben. Amikor pedig kedvezőtlen talajviszonyok miatt csökken az ásványi anyagok felvétele, felgyűl az el nem használandó ATP, kifogy az újra nem képződő ADP, ez pedig azt eredményezi, hogy a légzés mérséklődik és esetenként áttér a kevesebb ATP-t termelő, cianidrezisztens alternatív elektronszállító útra.



39. ábra. A légzési tápanyag-bontás és energiefel szabadítás egyszerűsített vázlat (növényi sejtben) (eredeti)

A sérülés és a fertőzés fokozza a légzést, egyrészt a sebhelyen való könnyebb oxigénbejutás miatt, másrészt a védő szerepű oxidázok működésének fokozódása által.

A fiatal, élénk anyagcseréjű testrészek erősebben lélegeznek, mint az idősebbek, ugyanakkor aktív életműködési állapotban a légzés sokkal erősebb, mint nyugalmi állapotban.

A mitokondriumok belső membránjának légzési útján kívül a növényekben egyéb olyan enzimek is előfordulnak, amelyek terminális oxidázként működnek (főleg védő szerepű fenol-oxidázok, peroxidázok, kataláz stb.), tehát a molekuláris oxigénre visznek át elektronokat, így a felvett oxigén szerves molekulákba asszimilálódik. Ezáltal a növények nemcsak a szén, a nitrogén, a kén asszimilációját végzik, hanem az oxigénét is az élettelen és az élő, a szervetlen és a szerves anyagi világ közötti kapcsolatteremtő szervezetekként.

Összefoglaló kérdések

1. Hogyan alkalmazkodtak a mocsári és vízi növények gyökerei ahhoz, hogy az oxigénhiány miatti anaerob légzés termékei ne gyűlhessenek fel toxikus mennyiségben?
2. Milyen környezeti körülmények biztosítják, hogy a nyugvó magvak légzési tápanyagfogyasztása minimális legyen?
3. Hogyan befolyásolja az aszpirin alapanyaga, vagyis a szalicilsav a kontyvirágfélék virágzati tengelyének hőmérsékletét és milyen kapcsolata van ennek a légzéssel? Milyen egyéb szerepei vannak a szalicilsavnak a növényvilágban?
4. Milyen összefüggés van a légzési termogenezis és a kontyvirágfélék örökletes változatossága között?
5. Mi történik a vízi növényekkel, ha egy folyóba érc-kitermelő vállalat feltáró medencéjéből baleset alkalmával nagy mennyiségű cianid kerül?