

**100 éve**, 1901. december 5-én született Würzburgban *Werner Karl* HEISENBERG. Münchenben és Göttingenben tanult, majd Lipcsében, Göttingenben és Berlinben volt egyetemi tanár és Münchenben a Max Planck Fizikai Intézet igazgatója. M. Born és P. Jordan mellett a kvantummechanika megalapítója volt. A kvantumos jelenségek leírására a mátrixszámítás módszerét használta. Hozzájárult az atom szerkezetének pontosabb leírásához. Széleskörű elméleti fizikai kutatásai mellett a fizika és filozófia kapcsolatával is foglalkozott. Az 1932-es Nobel-díjat kapta. 1976-ban halt meg.

**95 éve**, 1906. november 18-án New Yorkban született *George* WALD, aki a Harvard Egyetemnek több mint 30 évig volt tanára. Biokémiával és fiziológiával foglalkozott. Tanulmányozta a látás fiziológiáját, kimutatva az A<sub>1</sub> és A<sub>2</sub> vitaminok szerepét a retina fotokémiai folyamataiban. Tanulmányozta a színérzékelés mechanizmusát. 1967-ben fiziológiai és orvosi Nobel-díjat kapott.



## Sajátos biomolekulák: a hormonok

A *hormonok* (hormon a görög hormanein - serkenteni, mozgatni kifejezésből származik) az élőlények testében képződő anyagok, amelyek az adott szervezet sejtanyagcsere folyamatait, növekedését, fejlődését, szaporodását szabályozzák. A hormonok a kialakulási helyükről a testnedvek közvetítésével eljutnak a célsejtekhez, ahol hormonreceptorokhoz kötődve fejtik ki hatásukat. Állatokban és emberekben nagyrészt a belső elválasztási mirigyekben, és bizonyos idegsejtekben (neuroszekréción sejtben) termelődik. Az állati szervezetekben a vegyi (hormonális) szabályozás fejlődéstanilag korábban jelent meg, mint a gyorsabb szabályozást biztosító idegrendszer. A magasabb rendű szervezetben az idegi és a hormonális szabályozás szorosan egybekapcsolódik (neurohumorális rendszer). A gerinctelen állatok körében is ismeretesek hormon hatású anyagok (rákokban, rovarokban), melyek a vedlésre, színváltozásra, a nemi jelleg meghatározására ill. a megtermékenyítés lefolyására hatnak.

A növényi szervezet, bár komplexitásában messze elmarad az állatokétól, szerkezeti és működési szempontból egyaránt nagyfokú szervezettséget mutat. Ezt rendkívül pontos és jól összehangolt szabályozási folyamatok teszik lehetővé. Az állatokhoz hasonlóan a növényekben is kimutattak szabályozó, koordináló hatású vegyületeket. Azokat az endogén szerves vegyületeket, amelyek kis mennyiségben képesek a többsejtű növényi szervezetekben a normális működés és fejlődés szabályozására, a sejtek, szövetek és szervek közötti együttműködés fenntartására, *növényi hormonoknak* (fitohormonoknak) nevezzük. Mivel a növények nem rendelkeznek idegrendszerrel, a fitohormonok különleges jelentőséggel bírnak.

A növényi szervezetek endogén szabályozóanyagait csak bizonyos mértékben felelnek meg a klasszikus hormonfogalom kritériumainak, ezért ezeket gyakran csak egyszerűen *növényi bioregulátoroknak* vagy növekedésszabályozó anyagoknak nevezzük. A növényi és állati hormonok közötti lényeges különbségek a következők:

- a növényekben a hormontermelés nem korlátozódik egy-egy speciális szervre vagy ún. mirigyszövetre. Ugyanazt a fitohormont több növényi szövet is szintetizálja. Potenciálisan mindegyik növényi sejt képes hormonok előállítására.

- a növényi hormonok szállíthatnak a sejtek közötti légterben, a sejtfalakban, a fa- és a hánccsedényekben, tehát szállításuk nem követ egy jól kijelölt specifikus pályát
- a hormonhatás helye nem különül el élesen, ez lehet éppen a termelősejtrel szomszédos sejtben vagy az illető szerv ellentétes oldalán
- a leglényegesebb eltérés az állati és növényi hormonok között az, hogy utóbbiak hatása nem specifikus, ugyanaz a fitohormon több szabályozómechanizmusban is részt vesz, illetve egy élettani folyamatra együttesen több hormon is hat. Egy hormon kisebb koncentrációban bizonyos folyamatokat serkent, nagyobb koncentrációban pedig ugyanazokat gátolja.

A növényekben termelődnek a természetes *hormonantagonisták* (*antihormonok* – benzoesav és származékai, fahéjsavszármazékok, fenolszármazékok, stb.) is, melyek gátolják az egyes hormonok hatásmechanizmusát.

Az egyes fennmaradását, a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodását az anyagcsere folyamatok harmonikus egybekapcsolódása teszi lehetővé, aminek alapja a szervezethez és a szabályozás. A hormonok hatásukat az anyagcsere folyamatokra közvetett módon, az enzimrendszer aktiválásán vagy gátlásán keresztül fejtik ki. Az anyagcsere szabályozása két úton, az enzimek bioszintézisének szabályozása, valamint a meglévő enzimek aktivitásának módosítása révén valósul meg. Első esetben az enzimek mennyisége változik meg (pl. génaktiváció illetve ezt követően fehérjeszintézis során), a második esetben pedig a változatlan enzimszint mellett az enzimek működése szabályozott. A növényi hormonok a szabályozás mindkét módjában részt vehetnek, mert hatásuk mind genetikai, mind metabolikus szinten érvényesül.

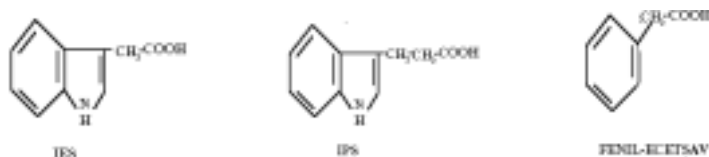
A növényi hormonok öt fő csoportba sorolhatók: 1. *Auxinok* 2. *Citokininok* 3. *Giberellinek* 4. *Abszciszinsav* 5. *Etilén*. Az alábbiakban ezen hormoncsaládok jellemzőit és rövid élettani hatásait ismertetjük.

### 1. Auxinok

Az auxinok az elsőként felfedezett, legismertebb növényi hormonszempontot képviselik.

*Charles Darwin* és fia *Francis* 1880-ban kanáriköles (*Phalaris canariensis*) csíranövények fényindukálta görbületeire tett megfigyelései képezték a növényi hormonok felfedezésének kiindulópontját. Ezek a megfigyelések ösztönözték és vezették a későbbi idők kutatóit arra a feltételezésre, hogy a növényi hajtásban olyan vegyületek létezhetnek, amelyek vándorlásra képesek, egyenlőtlen eloszlásukkal pedig a szár görbüléssel növekedését idézik elő. A növényi szár vegyi inger okozta görbülését 1919-ben egy magyar kutató, *Paál Árpád* bizonyította be elsőként, mégis ennek teljes értékű jogát 1926-ban *F. W. Went*nek tulajdonították. A feltételezett vegyületet először *Kögl* izolálta 1934-ben és nevezte el *auxinnak* (auxin<sub>gör.</sub> - nőni), majd *Thimman* is kimutatta, hogy ez azonos a *3-indol-ecetsavval*, mely az emberi vizeletben is jelen van. A baktériumoknál, a gombáknál, a moháknál sőt a zöldmoszatoknál is jelezték az auxinok jelenlétét, de élettani hatásuk csupán a fejlettebb testszerveződésű növényekre korlátozódik.

A gyűjtőnéven auxinoknak nevezett vegyületek közül a *β-indol-ecetsav* (*β-indol-ecetsav*) vagy *heteroauxin* (IES) az, amely a hajtásos növények növekedési hormonjának szerepét általánosan betölti. Újabban két másik természetes auxint is azonosítottak: az *indol-propionsavat* (IPS) és *fenil ecetsavat*. Egy vegyületet akkor tekintünk auxinnak illetve auxinhatásúnak, ha a növények megújulási övezetéből izolált szárdarabok megnyúlásos növekedését fokozza.



Az IES kémiai szempontból az ecetsav heterociklikus indol származékának tekinthető. Anélkül, hogy a növényi életfolyamatokra gyakorolt hatásai ismertek lettek volna, mesterséges szintézisét 1904-ben Ellinger végezte el. A bioszintézis a hajtásos növényekben az IES a triptofán nevű aminosavból keletkezik a hajtáscsúcs osztódásra képes sejtjeiben (a merisztéma sejtekben), a fiatal, kifejlődőben lévő levelekben illetve a fejlődő termésekben és éretlen magvakban. Az auxin koncentrációja a csúcsmerisztémától távolodva csökken a növényi szövetekben. A hajtásban a hancs útján szállítódik, a célsejtéig pedig 0,5–1,5 cm/óra áramlási sebességgel jut el.

A növényekben a heteroauxinon kívül előfordulnak más indolvázis vegyületek is, amelyek kisebb-nagyobb auxinhatással rendelkeznek, ezek azonban vagy elővegyületei, vagy utószármazékai az IES-nak és hatásukat annak köszönhetik, hogy a különböző növényi szövetekben át- vagy visszaalakulnak IES-vá.

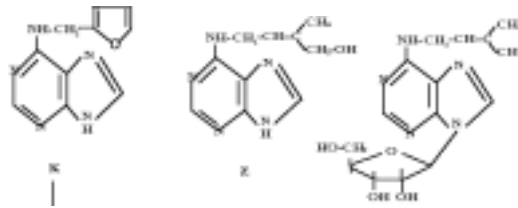
Az IES a növényekben szinte minden növekedési-fejlődési jelenséget elsődlegesen, vagy más hormonokkal együttműködve befolyásol. Hatásai:

- legjellegzetesebb hatása a *szár megnyúlásos növekedésének a serkentése*, ami a sejtek méretének megnagyobbodásával és új sejtalkotók képződésével jár együtt. A sejt-nagyobbodás feltétele a sejtfa nyújthatósága (plaszticitása) illetve a sejt turgor-nyomásának növekedése.
- *sejtosztódás serkentése*, mitózis fenntartása citokininek jelenlétében; az auxinok és citokininek koncentrációja közti aránynak fontos szerepe van a *gyökérbésképződés vagy hajtásbésképződés* kiváltásában
- A csúcsrügyben található nagy auxinkoncentráció gátolja az oldalhajtások kifejlődését. Ezáltal közvetve *meghatározza a növény elágazási rendszerét (habitusát)*. Ennek gyakorlati alkalmazása (amit a kertészek régóta ismernek) a hajtáscsúcs eltávolítása, miáltal elő lehet idézni az oldalhajtások növekedését.
- *serkenti a fehérjészintézist*
- *késlelteti a levélhullást*
- a magfehérjében és a fejlődő magvak embriójában termelődő auxin *serkenti a termés kialakulását, fejlődését*.

## 2. Citokininek

Már 1913-ban jelezték egy olyan anyag jelenlétét a burgonyagumókban, amely sebzéskor szabadul fel és felszaporodva a vágási felületen sejtosztódást idéz elő. A citokininek tulajdonképpeni felfedezéséhez egy véletlen segítette hozzá *F. Skoog* és *C.O. Miller* amerikai kutatókat. Megfigyelték, hogy dohány bélszövetből létrehozott mesterséges táptalajon fenntartott tenyészetek auxin jelenlétében csak korlátozott ideig növekednek. Amikor degradált élesztő DNS kivonatot vagy kókusztejet adagoltak a szövettenyészetekhez, azok újra osztódni kezdtek. 1955-ben különítették el azt a hatóanyagot, amely az osztódást megindította és *kinetinnek (K)* nevezték el.

Később hajtásos növényekből is sikerült kivonni sejtosztódást serkentő anyagokat. Ezeket közös néven *citokinineknek* nevezik. Elnevezésük arra utal, hogy sejtosztódást (*citokinézist*) váltanak ki. A fitohormonok ezen csoportjába természetes és szintetikus, többségükben purinvázis vegyületek tartoznak.



A citokininnek az egyedfejlődés szinte minden fázisában jelen vannak és a növényi anyagcserét sokféle módon befolyásolják. Élettani hatásuk:

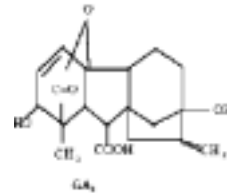
- a *sejtosztódás serkentése*, a sejtek számának a növelése
- aktivitásuknak tulajdoníthatóan a növényi szerv felületén bekövetkezett sérülési helyeken hegyszövet képződik (*sebhormonként* működnek)
- az auxinnal együttesen szerepet játszanak a *szöveti differenciálódásban* és a *szerkeztődésben*
- *serkentik a nukleinsav-, fehérje- és klorofilszintézist*
- *késleltetik az öregedést*

### 3. Gibberellinek

F. Kunsawa japán kutató 1926-ban megfigyelte, hogy a *Gibberella fujikuroi* patogén gombával fertőzött rizsnövények az egészségesekkel ellentétben magasabbra nőnek, leveleik szélesebbek és nem virágoznak. A biológiailag aktív anyagot 1934-ben T. Yabuta vonta ki és kristályosította, *gibberellinnek* nevezte el.

A gibberellinek hajtásos növényekben is általánosan jelen vannak, hiányuk törpenövéshez vezet. Jelenleg 68 féle természetes gibberellint ismer a tudomány, amelyeket részben gombákból, páfrányokból, mohákból és algákból, részben virágos növények különböző szerveiből vontak ki.

Kémiai felépítésüket tekintve szokatlan konfigurációjú diterpének, négy kondenzált gyűrűből álló ún. gibbánvázat tartalmaznak. A 7. széntartalomhoz mindig karboxilcsoport (-COOH) kapcsolódik, mely a vegyület élettani aktivitásának feltétele, ezért *gibberellinsavaknak* is nevezzük, (GS vagy GA). Az egyik legaktívabb gibberellinsav (GA<sub>3</sub>) szerkezete:



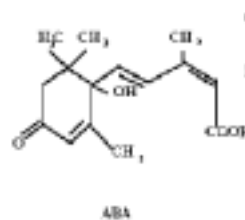
Képződésük helyei a fiatal levelek, fejlődő termések és éretlen magvak. Szállításuk mind a háncs-, mind a faedények útján történik. Mint endogén bioregulátorok kölcsönhatásban vannak közvetlen vagy közvetett módon az auxinokkal és a következő hatásokat fejtik ki:

- szártagok hosszanti megnyúlásának a fokozása
- sejtosztódás és sejtnagyobbodás serkentése
- levélnövekedés serkentése
- sajátos, a többi hormontól független hatás, magvak csírázásakor a raktározott tápanyagok mozgósításának serkentése

### 4. Abszcizinsav (ABA)

A növényi szervezetben előforduló legjelentősebb *természetes gátlóanyag*, amelyet az 1960-as években mutattak ki. Megtalálható a mohákban, páfrányokban és a virágos növényekben.

Vegy szerkezetét illetően az *abszizinsav* egy ciklohexán gyűrűt tartalmaz, amelyhez 3 metil-csoport, egy keto-csoport és két konjugált kettős kötést viselő 5 szénatomos oldallánc kapcsolódik.



Élettani hatásai ellentétesek az auxinokéval és gibberellinével, elsősorban ezek működését gátolja. Az abszizinsav fő hatásai:

- gátolja a vegetatív szervek növekedését
- kiváltja és fenntartja a rügyek és magok nyugalmi állapotát
- előidéz a levelek és termések leválását
- elősegíti a szárazfalú termések felnyílását
- sietteti a növények öregedését
- véd a szárazság ellen, azáltal, hogy kiváltja a gázcserenyílások záródását, ily módon csökkentve a növény párologtatását

## 5. Etilén

Az *etilén*, az egyedüli gázhalmazállapotú hormon, a növényi anyagcsere természetes produktuma. Hormonhatásának felderítése véletlenszerűen történt ezelőtt kb. száz évvel, az 1900-as évek elején. Megfigyelték, hogy a világítógázként etilént használó utcai lámpák közelében található fák levelei korábban megöregedtek és lehulltak. Azt is megfigyelték, hogy a kevésbé érett gyümölcsök hirtelen beérték, ha olyan raktárhelyiségekben tárolták őket amelyekben etilén tartalmú gázt használó régi típusú kályhával fűtöttek. Ebből azt a következtetést lehetett levonni, hogy az etilén serkenti az említett növényi részek anyagcseréjét.

A hajtásos növények minden sejtje képes termelni ezt a kis molekulájú gáznemű alként. Számos olyan jelenségről, amelyet korábban kizárólag az auxinok hatásának tulajdonítottak, kiderült, hogy abban az etilén is szerepet játszik. Az auxin és az etilén közötti összefüggés sokat foglalkoztatja a kutatókat, miután rájöttek, hogy a heteroauxin serkenti az etiléntermelést.

Az etilén legjellegzetesebb fiziológiai hatásai a következők:

- gátolja a szár megnyúlásos növekedését
- serkenti a rügyek kihajtását és egyes növények magvainak csírázását
- serkenti a termésérést és termésleválást; a fertőzött vagy sérült húsos termések (gyümölcsök) etiléntermelése fokozottabb. Mivel a felszabadult gázhalmazállapotú hormon a termések érését tovább fokozza elegendő éléskamrákban egy-két sérült gyümölcs, ahhoz hogy a többi is túlérjen, esetleg megrothadjon.
- serkenti a levelek lehullását
- sietteti a növényi szervek öregedését
- hozzájárul a virágok képződéséhez

A bemutatott növényi hormonok mellett számos mesterségesen előállított növekedésszabályozó anyag létezik. Máskülönb a legtöbb természetes fitohormon izolálását követően kémiai szintézisüket is elvégezték.

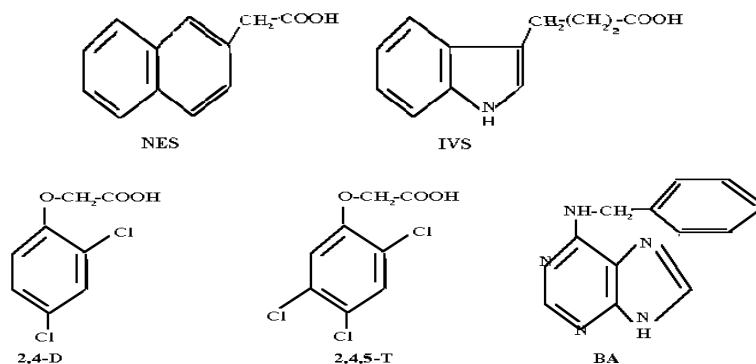
Ezek a szintetikus, kívülről adagolható vegyi anyagok a növényekben nem kapcsolódnak be az anyagcsere láncokba, mert nincs számukra enzimrendszer, nem kötődnek le, ezért aktivitásukat hosszabb ideig megőrzik. Élettani hatásaik főleg az alkalmazásuk helyére korlátozódnak.

A mesterséges auxinok tág köréből a legismertebbek és leggyakrabban használtak a  $\beta$ -naftil-ecetsav (NES), az indol-vajsav (IVS), a 2,4-diklór-fenoxi-ecetsav (2,4-D) és a 2,4,5-triklór-fenoxi-ecetsav (2,4,5-T). Ezek hatnak a növekedésre és fejlődésre, de egyik sem rendelkezik olyan széles spektrumú aktivitással, mint a természetes heteroauxin (IES). Előnyük viszont az, hogy a természetben előforduló vegyületeknél könnyebben szintetizálható és gyakran nagyobb hatású hormonok állnak rendelkezésre (a 2,4-D hatása 8–12-szer nagyobb, mint az IES-é). Alkalmazásuknál viszont vigyázni kell, mert nagy töménységben toxikusak és gátló hatást fejtenek ki. Főleg a 2,4-D és 2,4,5-T magas koncentrációban hatásos gyomirtó szer. A kettő keverékét használták az amerikaiak a vietnámi háborúban az esőerdők permetezésére, a fák lombozatának leszárítására.

A mesterséges citokininek száma szintén igen nagy. A leggyakrabban használt és leghatásosabb a benziladenin (BA).

Szintetikus gibberellinek előállítására nem törekednek, mert az őket termelő gombák tenyésztésével egyszerűbb és olcsóbb módon nyerhetők természetes gibberellinek.

Mesterséges etilénforrásként a termések érésének siettetésére a *klor-etil-foszfon-savat* használják. Ezt a termésekre vizes oldat formájában permetezéssel juttatják, ahonnan behatol a szövetekbe és felszabadul belőle az etilén.



A természetes és mesterséges növekedésszabályozó vegyületek gyakorlati felhasználása a modern biotechnológiákban, a mezőgazdasági növénytermesztésben és a kertészetben történik, a növényi anyagcsere, a növekedés és fejlődés folyamatainak stimulálására. Erre vonatkozóan megemlítünk néhány példát: a kerti dugványok gyökérbérbézésének serkentésére alkalmazzák az indol-vajsavat, úgy, hogy a hajtás első részét pár percre ennek tömény oldatába helyezik. Naftil-ecetsavval permetezve az almafákat serkenthető a rügyek fejlődése, az érésben található szőlőszemek cukortartalma pedig ugyanezzel a módszerrel fokozható. Hasonló kezelések alkalmazhatók a legtöbb kultúrnövényenél (kukorica, zöldborsó, szója, káposzta, cukorrépa, stb.).

Az auxinokat és citokinineket sikeresen alkalmazzák a mesterséges táptalajokon fenn tartott növényi szövettenyészetek növekedési és fejlődési folyamatainak serkentésére és szabályozására. Ezek a tenyészetek képezik az igen változatos és korszerű biotechnológiai eljárások (pl. genetikailag módosított növényfajták előállítása) kiindulási pontját.

A kereskedelemben található legtöbb külföldről behozott gyümölcs és zöldség (de a hazai üvegházi produktumok is) hormonokkal és egyéb vegyszerekkel kezelték. Tény az, hogy a vásárlók esztétikai igényeinek megfelelnek, az viszont, hogy fogyasztásuk milyen egészségügyi következményekkel jár az emberi szervezetre, vita tárgyát képezi.

### Felhasznált szakirodalom

- 1] Természettudományi Kislexikon, Akadémiai Kiadó, Bp., 1971
- 2] W.G. Hale, J.P. Margham, V. A. Saunders: Biológia értelmező szótár, Panem-McGraw-Hill, Bp., 1997
- 3] Frink, J.P., Halmágyi, A., Természetes és mesterséges auxinok és citokininek hatása a szegfű in vitro vegetatív fejlődésére, Múzeumi Füzetek, Új Sorozat, 8, p. 87-93, 1999
- 4] Máthé, Cs., Az auxinhatás molekuláris mechanizmusa a magasabb rendű növényekben, Múzeumi Füzetek, Új Sorozat, 5, p. 71-86, 1996
- 5] P.F. Wareing, I.D.J. Phillips, Növényi Növekedéstudomány, Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Debrecen, 1982

Frink József-Pál

## Gombák tápanyagok, mérgek

### I. rész

A gombák zöld színanyag nélküli szervezetek, amelyek a többé-kevésbé megnyúlt, egymással összekapcsolódó és elágazó egy vagy többmagvú sejtekből állnak.

A gombák valószínűleg részben az ősi ostorosmoszatokból, részben pedig fonalas zöldmoszatokból származtathatók, és ma élő képviselőik a növényekkel és az állatokkal párhuzamosan alakultak ki. A fotoautotróf szervezetek (a szerves anyagoknak szervesetlenből történő szintéziséhez a fényt hasznosítják) elszaporodásával a vízben és később a szárazföldön is mind több elpusztult szerves anyag halmozódott fel. Ez a nagy tömegben jelen levő táplálékforrás kedvezett a bomló szerves anyagokat fogyasztó szaporító (korhadék lakó) szervezetek kialakulásának és elterjedésének.

A gombákat a régebbi rendszerezések a növények közé sorolják, mert többségük földhöz rögzült és helyváltoztatásra nem képes. Ezek a hasonlóságok azonban csak a környezethez való alkalmazkodás következményei.

Ma a gombákat az élővilág önálló evolúciós irányvonalát képviselő csoportjaként tartjuk számon. Fejlődéstanilag nem alkotnak egységes csoportot.

A gombák teste nem tagolódik gyökérre, szárra és levélre, mint a virágos növényeké. Megkülönböztetünk egysejtű és többsajtű gombákat.

A többsajtű gombák teste általában azonos alakú és működésű megnyúlt sejtekből áll, melyek hosszirányban nőnek és osztódnak gombafonalakat (hifákat) alakítva ki. A fonalak oldalirányba osztódva laza, elágazó szövedéket, a tenyésztetet, a micéliumot hozzák létre. A változatos kifejlődésű, alakú, színű és terjedelmű micélium valójában az élő gombatest. Az ehető és mérges gombák micéliuma akár 100 m<sup>2</sup>-es felületen is szétterjedhet kedvező környezeti feltételek mellett. A kalapos gombák micéliuma a legtöbbször a talajban, az avarban van. A gomba fejlődésének egy meghatározott időszakában a micélium, ha a környezeti feltételek kedvezőek, termőtestnek nevezett sok sejtből álló szaporítószervet alakít ki, melyben a szaporodásban szerepet játszó spórák képződnek. A gombáknak többnyire csak a termőteste jelenik meg a talaj felszíne felett és ez igen változatos alakú lehet: emyőszerű (kalapos), gumó, kucsma, korall, csésze stb.

A termőtest alján megfigyelhetők a micélium fonalai, melyek gyökérre emlékeztetnek. A termőtestet a micélium képezi ki (nem pedig fordítva), így ez is hifák szövedéke, csupán sokkal tömöttebb.

A legtöbb nagygomba termőteste kalapos. A kalapnak nevezett részt a tönk tartja fenn. A kalap a kalaphúsrá és a kalap alján elhelyezkedő termőrétegre tagolódik. Utóbbiban fejlődnek a spórák. A termőréteg állhat csövekből, tüskékből vagy lemezekből, ami