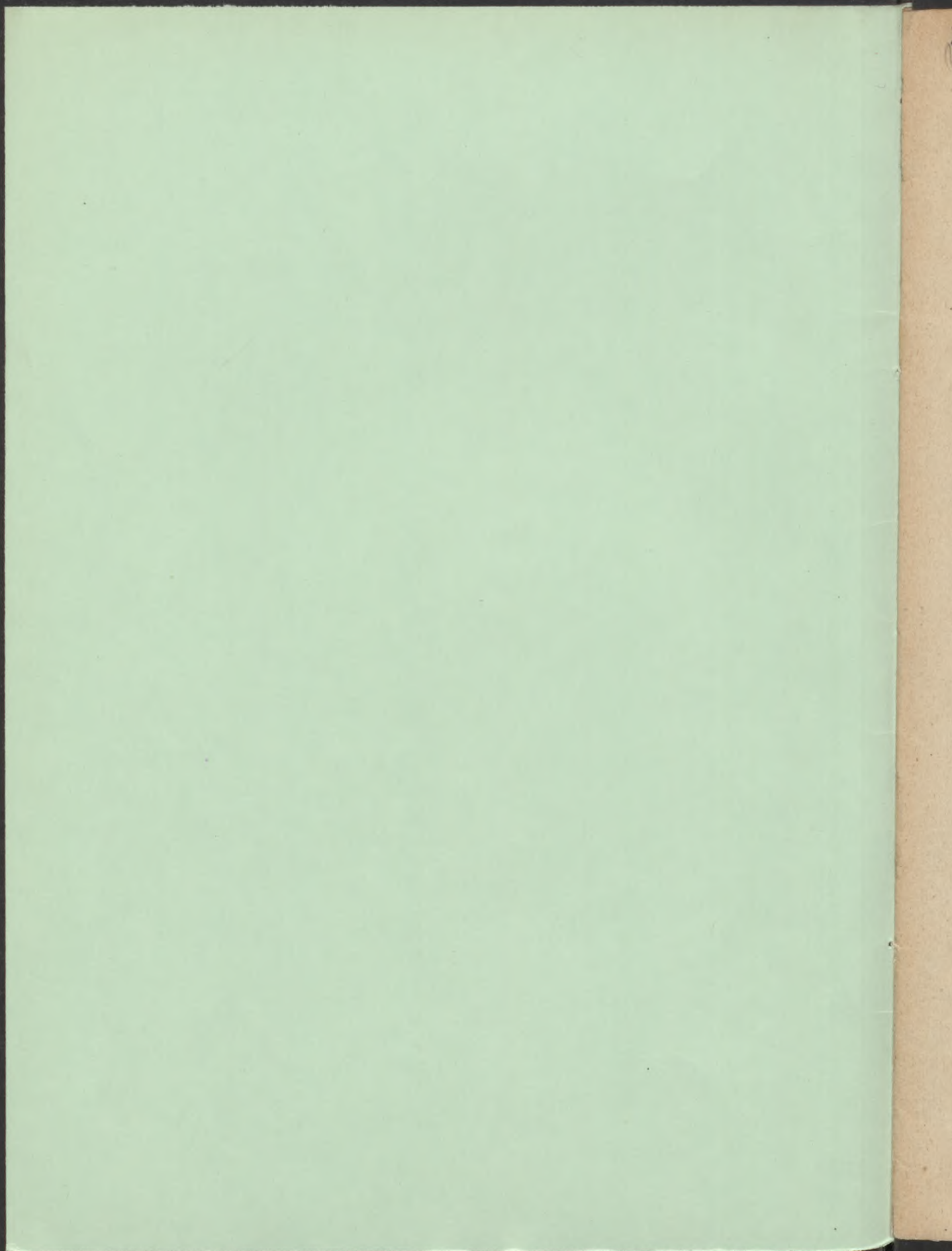


123.768



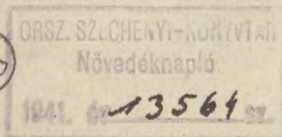
A vitaminok növényélettani szerepe.

A növényfiziológusok, még ezelőtt néhány évvel is, nagyon nehéz helyzetben voltak, ha a vitaminokról kellett nyilatkozniuk. A vitaminokat ugyanis az ember- és állatéletkutatók fedezték fel, de elejétől kezdve tudták azt is, hogy az ember és az állatok eme úgynevezett védőtáplálékait, vagy legalább a felépítésükhöz szükséges alapanyagokat, a provitaminokat, csak a növények képesek elkészíteni, az ember és az állatok készen kapják a növényi táplálékokban. Mégis a legújabb időkig szinte semmit sem tudtunk arról, hogy a vitaminok milyen szerepet játszanak a növények életében.

Ma sem ismerjük ugyan minden tekintetben a vitaminok növényélettani szerepét, de legújabban annyit mindenesetre sikerült megállapítani, hogy egyes vitaminok a növényekben nélkülözhetetlen, vagy legalább igen fontos úgynevezett növekedési tényezők, amelyek hiánya éppúgy avitaminózisokat okoz a növényekben, mint az állatokban. Hogy azonban sokáig mégsem sikerült a vitaminok növényélettani jelentőségét felismerni, annak egyszerűen az az oka, hogy nagyon sok növény, kivált zöldnövény, vitaminok tekintetében önellátó, vitamin-autotróf, vagyis maga készíti el maga számára a vitaminokat is, miként az életben szükséges többi szerves anyagot.

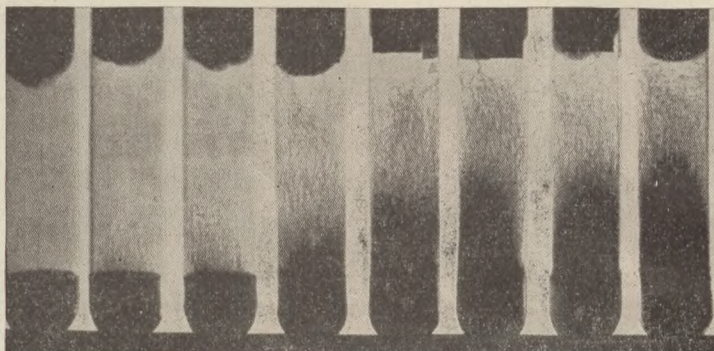
A vitamint önellátásban asszimiláló növényekben természetesen sokkal nehezebb kimutatni a vitaminok szerepét, de van nagyon sok olyan növény is, amely nem képes vitaminszükségletét maga ellátni, mert nem képes bizonyos vitaminokat elkészíteni, hanem kénytelen a külvilágból megszerezni, s ezek a vitamin-heterotróf növények, legnagyobb részben klorofilltala szervezetek, hamarosan elárulják vitamin-szükségletüket, mert tengődnek, sőt elpusztulnak, ha táplálékukból hiányoznak a szükséges vitaminok. A vitamin-heterotróf növények táplálkozása tehát e tekintetben hasonlatos az állatok és az ember táplálkozásához.

A vitaminok növényélettani szerepéről általánosságban annyit kell tudnunk, hogy éppúgy rendkívül kis mennyiségben szükségesek, és éppúgy mint koenzimek fejtik ki hatásukat a plazmanövekedésben, akár az állatokban és az emberben. Mindazonáltal a növényekben többféle eltérést is találunk a vitaminok szerepe tekintetében. Ismerünk pl. olyan növényi vitaminokat is, amelyek állatélettani szerepe még ismeretlen. Ilyen pl. a *b i o s z*, amely egyes növények legfontosabb növekedési tényezője. Fedezett fel a növényélettan olyan vitamint is, amelyről később kiderült, hogy fontos az ember- és állatélettanban is. Ilyen a *nikotinsav*.



Az ember- és állatélettanból közismert vitaminok közül a növényélettanban legfontosabb a B₁-vitamin, másként élettanilag a neurin, amelynek hiánya emberben a beri-beri, baromfiakban a polineuritisz néven ismert betegséget okozza. A növényekben eléggé elterjedt. Legtöbb neurin van a sörélesztőben, némely kenyérellesztőben, a rizs aleuronrétegében és a búzacsírában. Nagyobb mennyiségben fordul elő a parajban, sárgarépában, paradicsomban, salátában, borsóban, csiperkében. Utóbbiakban 15–30, előbbieken 100–150 patkány-növekedési egység van.

Hogy egyes növények is rászorulnak táplálkozásukban aneurinra, először azok a kutatók sejtették meg, akik gombákat mesterséges táptalajon igyekeztek tenyészteni. A gombák táptalajában természetesen nem hiányozhatnak a szerves tápanyagok, szerves táplálékul többnyire szőlőcukrot és aszparagint adnak



0 0.01 0.02 0.1 0.2 0.4 0.8 1.6 γ

1. kép. Az aneurin hatása a *Phycomyces Blakesleeanus* általános növekedésére (SCHOPFER nyomán).

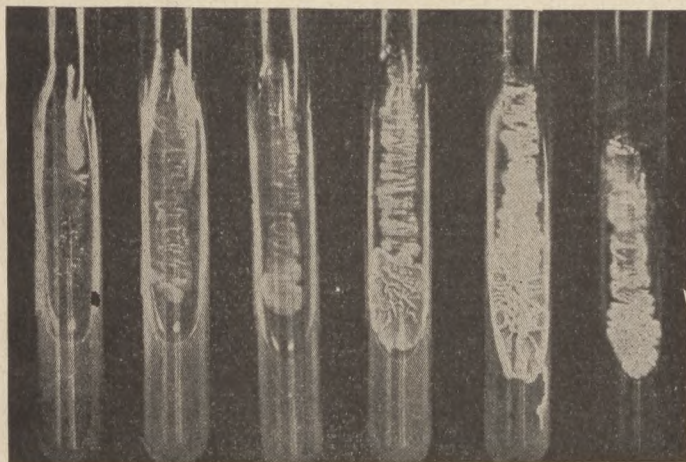
a gombáknak. Azonban sok gomba ezekkel sem elégedik meg, szerves táptalajon is tengődik. Ezek többnyire avitaminózisban szenvednek s nyomban erőteljes növekedésnek indulnak és megerősödve fejlődnek tovább, mielőtt megfelelő növekedési tényezőket keverünk táptalajukba.

A moszatgombák általában könnyen tenyészthetők mesterséges táptalajon, egyesek azonban nem. Utóbbiak közé tartozik pl. a *Phycomyces nitens* és *Blakesleeanus*, amelyek a természetben kenyéren, malátán fordulnak elő. Mesterséges táptalajon csak akkor tenyésznek, ha élesztő vagy zöldnövény nedvét keverjük bele. A vizsgálatok kiderítették, hogy e nedvekkel aneurin jut táptalajukba, ez a nélkülözött növekedési tényező. Az aneurin legelőnyösebb mennyisége 25 köbcm szilárd tápanyagban 0.4–0.5 γ, ennél kevesebb nem elegendő, viszont ennél több fölösleges, mert nem gyarapítja tovább a micélium szárazanyagmennyiségét (1. kép). Érdekes, hogy a spórákban van ugyan annyi aneurin, amennyi csírázásukhoz szükséges, de ez nem elegendő a micélium kifejlődéséhez. E rokonsági körben még sok olyan fajt ismerünk, amely aneurinra szorul.

A peronoszporák rokonsági körében is sok olyan fajt ismerünk, amely aneurin-heterotróf, ilyen pl. a *Phytophthora cactorum*, *cinnamomi*, *capsici*, *parasi-*

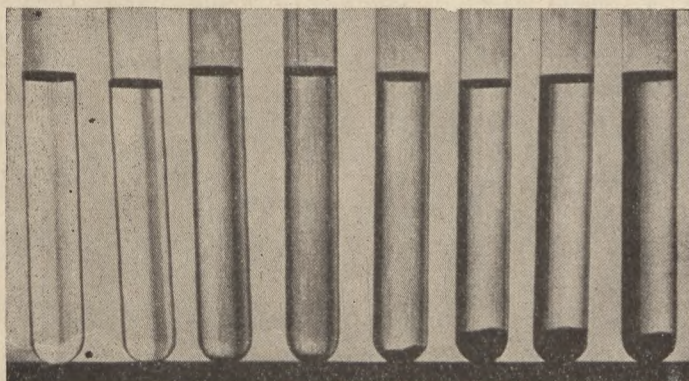
tica stb. Az elsőről megállapították, hogy fejlődéséhez 0.01 γ aneurin kevés, ellenben 1 γ annyira előnyös, hogy a micélium 60 nap alatt 112.9 mg súlyt ér el.

Az élősködő gombák közt különbözőképen viselkednek a táptalajokon az üszöggombák is. Legnagyobb részük könnyen tenyésztethető mesterséges táptalajon, pl. a közismert búza-, árpa-, zab- és kukoricaüszög, mások ellenben aneurin nélkül avitaminózisban szenvednek. Az utóbbiak közé tartozik a fehér mécsvirág (*Melandrium album*) üszöggombája, az *Ustilago violacea*, amely a porzókat támadja meg s a termős virágok csökevényes porzóit kifejlődésre készíti, de



0 1 4 8 20 m γ agar

2. kép. Az aneurin hatása a fehér mécsvirág üszöggombájának (*Ustilago violacea*) általános növekedésére. Az első öt üvegben a táptalaj kimosott agar a fent jelzett mennyiségű aneurinnal, a hatodik üvegben közönséges agar 1% Wander-maltinnal (SCHOPFER és BLUMER nyomán).



0 1 2 4 6 10 20 40 m γ

3. kép. Az aneurin hatása a fehér mécsvirág üszöggombájának általános növekedésére, üledék a tápoldatban (SCHOPFER és BLUMER nyomán).

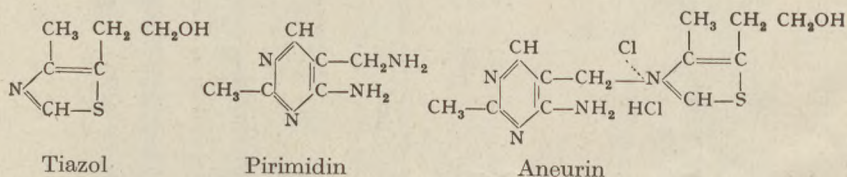
e portokokban is sötétibolya színű spórákat termel. Eleinte a kereskedelembe kapható szaponinnal sikerült e gomba tenyésztését biztosítani mesterséges táptalajon, később kiderült, hogy nem a szaponin a szükséges növekedési tényező, hanem a szaponin szennyezésében szereplő aneurin. A legelőnyösebb mennyiség kisszámú spóra esetében 10—20 mγ (2. és 3. kép), nagyszámú spóra esetében 4 m γ, azért aránytalanul kevesebb, mert ekkor a sok spórával sok növekedés tényező jut a táptalajba.

A taplógombák közt is sokat ismerünk, amelyek aneurin-heterotrófok. Kísérletileg pl. a *Polyporus abietinus* és *adustus* taplóról mutatták ki, hogy táptalajukban nem nélkülözhetik az aneurint. Az alábbi táblázat mutatja, hogy 0.1 γ a legelőnyösebb mennyiség.

Aneurin-mennyiség	Hígítás	A micélium szárazanyagának súlya mg-okban
Növekedési tényező nélkül	—	0.5—0.0
0.0001 γ aneurin	1 : 250,000,000,000	1.1—0.0
0.001 „ „	1 : 25,000,000,000	2.9—0.3
0.01 „ „	1 : 2,500,000,000	6.5—0.6
0.1 „ „	1 : 250,000,000	20.0—0.8
1 „ „	1 : 25,000,000	19.8—0.4

A természetben az aneurinra szoruló taplógombák kísérleti megállapítások szerint baktériumoktól kapják e növekedési tényezőt. Már régebben megfigyelték, hogy a fatestben élő taplógombák olyan helyeken telepednek meg, ahol bizonyos szaprofita baktériumok elszaporodtak. E baktériumok kultúrájával kevert mesterséges táptalajokon a legigényesebb taplógombák is sikerrel tenyészthetők. Itt találkozunk először a vitaminok növényzociológiai jelentőségével s látni fogjuk, hogy növényzociológiai szerepük igen széleskörű.

Az aneurin-asszimiláció ismerete lényegesen bővült, amikor sikerült az aneurin kémiai összetételét megállapítani, majd a bonyolult összetételű vegyületet összetevőkre bontani. JANSSEN és DONATH 1926-ban különítette el és kristályosította, majd WINDHAUS állapította meg, hogy összetétele $C_{12}H_{10}N_4OS$. Kén-tartalmáról tiaminnak is nevezik. Szerkezeti képletének felderítése közben kiderült, hogy két összetevőre bontható, egyik egy tiazol, másik egy pirimidin, mint ezt az alábbi szerkezeti képletek mutatják:



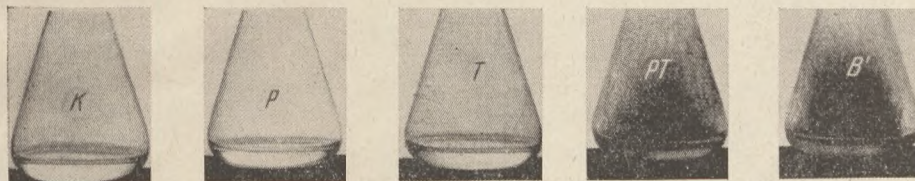
Az összetevők ismerete alapján felmerül az a kérdés, milyen szerep jut a növényekben az egyes összetevőknek. A felelet, amelyet e kérdés eldöntésére végzett kísérletek alapján megfogalmazhatunk, nagyon érdekes és tanulságos. Kiderült ugyanis, hogy a növények különféleképpen viselkednek e tekintetben

(4. kép). 1. Egyes növények kész és teljes aneurinra szorulnak, ilyen pl. a *Phytophthora cinnamomi* és több más *Phytophthora*. Ezek tehát nem képesek még arra sem, hogy a két összetevőből maguk kapcsolják az aneurint. 2. Más növények megelégszenek a két összetevővel, de mind a tiazolt, mind a pirimidint megkívánják a táptalajban. Ilyen pl. a *Phycomyces nitens*, *Blakesleeanus*, *Ustilago violacea* stb. Ezek aneurin-heterotrófiája annyiban különbözik az előbbiektől, hogy képesek a két összetevőt maguk kapcsolni. 3. A pirimidin-heterotróf növények csak a pirimidin-összetevőt kívánják meg a táptalajban, ezt nem képesek felépíteni, ellenben a tiazolt maguk készítik és maguk asszimilálják tovább. Ilyen a *Phytoph-*

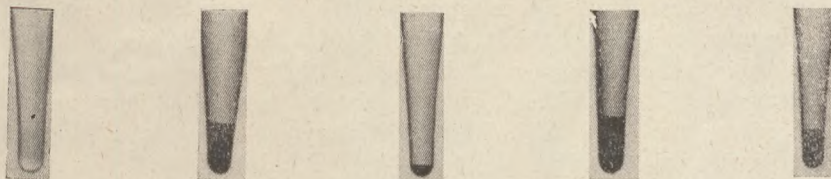
Phytophthora cinnamomi (1).



Phycomyces Blakesleeanus (2).



Rhodotorula rubra (3).



Mucor Ramannianus (4).



4. kép. Az aneurin és összetevőinek hatása aneurin- (1), pirimidin és tiazol- (2), pirimidin- (3), tiazol-heterotróf (4) szervezetre. K növekedési tényező nélkül, P pirimidin, T tiazol PT pirimidin és tiazol, B₁ aneurin a táptalajban. (SCHOPFER és MÜLLER nyomán).

thora jagopyri, *Rhodotorula rubra* stb. Ultrapirimidin-heterotrófok azok a növények, amelyek számára nemcsak szükséges a táptalajban a pirimidin, hanem annyira nélkülözhetetlen, hogy az aneurin sem pótolja teljes mértékben. Ilyen az *Absidia ramosa* és a *Parasitella simplex*. 4. A tiazol-heterotrófok tiazolra szorulnak, a pirimidint maguk készítik és asszimilálják tovább. Ilyen a *Mucor Ramannianus*, a fenyőerdők talajának parányi moszatgombája.

Az ember- és az állatélettan ismeri a vitaminok kártékony hatását is, a hipervitaminózisokat. A növényélettan másféle jelenséget ismer, amely a vitaminok kártékony hatását mutatja. Az aneurinnal végzett kísérletek közben kiderült ugyanis, hogy egyes esetekben ez a vitamin gátló hatást fejt ki. Ez a hatása azonban nem mennyiségének következménye, hanem faji különbségeken alapul. Közelebbi magyarázata azonban még ismeretlen. Az aneurin gátló hatását legjellegzetesebben *Rhizopus*-fajokon figyelték meg. Mint az alábbi táblázat mutatja, az aneurin egyes *Rhizopus*-fajokra közömbös, másokra pedig egyenesen nagymértékben gátló hatású.

		A micélium súlya mg-okban	
		aneurin nélkül	20 γ aneurinnal
<i>Rhizopus</i>	<i>nigricans</i>	49	46
„	<i>maydis</i>	17	17
„	<i>oryzae</i>	95	67
„	<i>chinensis</i>	21	14
„	<i>bovinus</i>	6	3
„	<i>tritici</i>	88	43
„	<i>tonkinensis</i>	86	31
„	<i>nodosus</i>	90	48
„	<i>suinus</i>	63	28
„	<i>japonicus</i>	70	31

Arra a kérdésre is sikerült bizonyos mértékben megadni a feleletet, hogy az aneurin miképpen fejt ki hatását. Azt már tudjuk, hogy általában a vitaminok mint koenzimek, vagyis az enzimek irányító, szabályozó összetevői működnek. A baktériumokkal és gombákkal végzett kísérletek azt mutatják, hogy az aneurin több enzim összetevője lehet. Pl. *Staphylococcus aureus*-ban és az élesztőgombákban karboxiláz, a *Bacillus Delbrückii*-ben dehidráz, szintén a *Staphylococcus*-ban még diszmutáz koenzimje. A növény- és állatvilágban való nagy elterjedtsége alapján valószínű, hogy még más enzimeknek is lehet összetevője.

Mindaddig klorofilltalan növényekben vizsgáltuk az aneurin szerepét. A zöldnövényekben sokkal nehezebb kimutatni a vitaminok jelentőségét, újabban azonban kétségtelenül kiderült, hogy az aneurin a zöldnövényekben is szerepet játszik mint növekedési tényező. A zöldnövényeknek is vannak klorofilltalan részei, pl. gyökerek többnyire klorofilltalanok, ezek természetesen a zöld részekből kapják a szerves táplálékokat, köztük a vitaminokat is. Ez a körülmény tesz nagyon jelentékennyé az újabban terjedő növényi szövet- és szervtenyészeteket. Gyökértenyészetekben éppúgy szerves anyagokra szorulnak a gyökerek, mint bármely klorofilltalan szervezet. Nem nélkülözhetik a gyökerek a mesterséges táptalajokban a növekedési tényezőket, köztük az aneurint sem. Ilyen módon

több virágos zöldnövényben sikerült az aneurin szerepét kimutatni. Sőt az is kiderült, hogy egyes növények gyökerei éppúgy különbözőképpen viselkednek az aneurinösszetevőkkel szemben, mint a baktériumok és gombák. Pl. a borsó gyökere megelégszik a vitamintiazollal és vitaminpirimidinnel, a két összetevőt ugyanis maga képes kapcsolni. A paradicsom gyökere a gyökértenyészeti vizsgálatok eredményei szerint tiazol-heterotróf, a pirimidint maga készíti és a felvett tiazollal maga kapcsolja teljes aneurinná. E kísérletek alapján sikerült megállapítani, hogy az állatok aneurin-heterotrófiája is különböző fokú, pl. a patkány nem nélkülözheti a kész aneurint, ellenben a galamb számára elég külön-külön a két összetevő, mert ezeket maga képes kapcsolni.

Mint a fentiekből kiderül, a B₁-vitamin növényélettani jelentőségét több tekintetben sikerült megismerni. Sajnos, a többi vitaminról a növényélettanban sokkal kevesebbet, akárhányszor semmit sem tudunk.

Az A-vitamin, mint ismeretes, nem fordul elő a növényekben, hanem csak provitaminjai, a karotinoidok, tartoznak a növényi anyagok közé. A karotinban és karotinoidokban gazdag virágosnövények közismertek, azt is mindnyájan tudjuk, hogy a karotin neve a sárgarépatól, karotától származik. De a virágtalan növények körében sem ritkaság a különféle karotinoid, pl. a *Mycobacterium phlei*-ben α -karotint, β -karotint, kriptoxantint, lutein-esztert, zeaxantint és azafarint mutattak ki, a *Rhodotorula Sanniei*-ben nyolc karotinoidot, a penészgombákban főként β -karotint, a kovamoszatok közt a *Nitzschia closterium* tűnik ki karotinoid-tartalmával. Úgy látszik azonban, hogy a karotinoidok a növényekben nem provitaminok, hanem talán az asszimilációban van közvetlen vagy közvetett szerepük s bizonyos tekintetben a klorofill munkáját egészítik ki vagy helyettesítik.

A B₂-vitamin, vagy laktoflavin, a virágtalanok közül különösen egyes tejsavbaktériumokban, pl. a *Bacillus Delbrückii*-ben és vajsavbaktériumokban, pl. a *Clostridium butyricum*-ban, fordul elő nagyobb mennyiségben. Úgy látszik, hogy más növekedési tényezőkhez kapcsolódva szerepel eredményesen egyes tejbaktériumok táplálékában, pl. a biozzsal és a tej még más, ismeretlen növekedési tényezőivel együtt. Ilyen baktérium a *Streptobacterium plantarum*, *Bacterium bifidum*, *Streptococcus glycerinaceus*, *Thermobacterium lactis* stb. A virágos zöldnövények főként leveleikben tartalmazznak laktoflavint. A magvakban kevés a laktoflavin, de pl. a borsómagban jelentékeny. Csírázás után azonban megnövekedik a növényke laktoflavin-tartalma. Mint ismeretes, ez a vitamin az oxidációs folyamatokban játszik szerepet.

A B₆-vitamin, vagy a d e r m i n, szintén a tejben található s egyike azoknak a tejben szereplő növekedési tényezőknek, amelyek a tejbaktériumok táplálékában szerepelnek. Gyökértenyészetek azt mutatják, hogy e növekedési tényező valószínűleg a zöldnövényekben is szerepet játszik, de egyes növényeknek nemcsak zöld, hanem klorofilltalan részei is képesek elkészíteni, így pl. a borsógyökér.

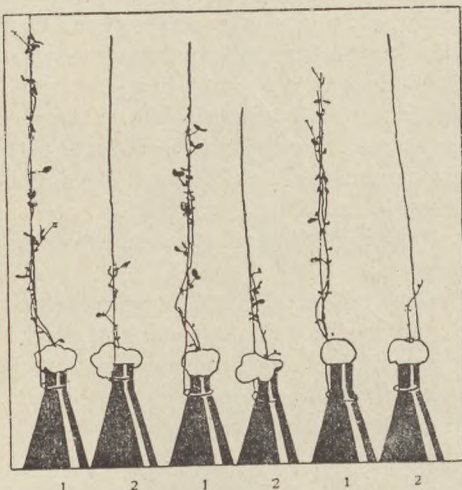
A B-vitaminkomplexumhoz tartozó nikotinsav, amelyet az emberélettanban PP-tényezőnek, pellagra-preventivumnak, neveznek, több baktérium számára nélkülözhetetlen növekedési tényező. A szabad levegőn, vagyis aerobiotikusan, tenyésztett *Staphylococcus aureus* táptalajába nikotinsavat vagy nikotinsavamidot kell keverni. Ugyancsak nélkülözhetetlen e vitamin a *Bacterium*

proteus táptalajában is. Zöldnövényekben éppúgy gyökértényészetekkel mutatható ki jelentősége, mint az előbbi vitaminé, s ugyancsak valószínű, hogy egyes növények gyökerei maguk képesek elkészíteni, pl. a paradicsomgyökér.

Általában a B₆-vitaminra és a nikotinsavra jellemző, hogy teljes működésük kifejtéséhez támogatásra szorulnak, hatásuk csak akkor mutatkozik teljes értékében, ha egymáshoz és a B₁-vitaminhoz kapcsolódhatnak, némely esetben pedig még az alább tárgyalandó biotinhoz is. Igen erős pl. a nikotinsav hatása az említett *Staphylococcus*-ra, ha aneurint és biotint is keverünk vele együtt a táptalajba. A zöldnövényekben pedig a gyökértényészetek eredményei szerint valószínűleg B₁ és B₆-vitamin kapcsolódik a nikotinsavhoz a teljes eredmény eléréséhez, azonban, mint már említettük, egyes gyökerek a B₆-vitamint, mások meg a nikotinsavat képesek maguk asszimilálni, tehát a gyökértényészet tápoldatából adott esetben a megfelelő vitamin elmaradhat.

A C-vitamint vagy a szkorbinsavat a szakismeretekben járatlan közönség legtöbbet emlegeti s általánosan ismeretes, hogy a virágosnövényekben nagyon elterjedt, különösen a húsos gyümölcsökben és a levelekben gyakori jelentékeny mennyiségben. Több aszkorbinsav-heterotróf növényt ismerünk, több olyat is, amelyek fejlődésüknek csak bizonyos szakában értékesítik előnyösen a táplálékban lévő aszkorbinsavat. Egyes ostorosok táptalajában nélkülözhetetlen ez a vitamin. A zöldnövények közül előnyösen értékesül az aszkorbinsav pl. a borsó táplálkozásában a növény bizonyos fejlődési szakaszában. Sterilizált táptalajon nevelt borsónövények kimutathatólag felveszik az aszkorbinsavat s az ilyen növényekben az aszkorbinsav mennyisége kétszeresre gyarapodhat, mint amekkora azokban, amelyek táptalajába nem juttattunk. Ha fiatal borsónövények aszkorbinsavhoz jutnak, növekedésük előnyösen fejlődik. Az érett borsómagban majdnem teljesen hiányzik az aszkorbinsav, a csirában ugyanis

rendkívül kevés van, a sziklevelekben pedig teljesen hiányzik. Ellenben csírázás közben jelentékeny mennyiségben képződik. Ha tehát korán megfosztjuk a borsócsírást szikleveleitől, megakadályozzuk, hogy aszkorbinsavat készítsen. HAUSEN vízbeáztatott borsómagvakat a hetedik napon megfosztott szikleveleiktől, azután egyeseket aszkorbinsavval trágyázott, másokat aszkorbinsavtól mentes tápoldaton tartott. Előbbiek 80 cm magasra nőttek és virágzottak, utóbbiak satnyák maradtak és idővel virágzás nélkül elpusztultak (5. kép) Idősebb, 9–10 napos, sziklevelek már annyi aszkorbinsavat juttatnak a csírának, hogy aszkorbinsavtartalmú táplálék nélkül is tovább fejlődhet.



5. kép. A hetedik napon csíraleveleüktől megfosztott aszkorbinsavas (1) és aszkorbinsavtól mentes (2) tápoldatban nevelt borsónövények (HAUSEN nyomán.)

Az aszkorbinsav növényélettani szerepéről annyit tudunk, hogy közvetítő a peroxidáz-rendszer által végzett oxigénátvitelben. Azokban a növényekben, amelyek nem mutatnak változást növekedésükben az aszkorbinsavat tartalmazó táplálék hatására, kezdetétől legelőnyösebb mennyiségben van aszkorbinsav, vagyis kifejezetten aszkorbinsav-autotrófok, de ezek sem nélkülözik ezt a fontos növekedési tényezőt.

Lényegében ennyi az, amit napjainkban az ember- és állatélettanban ismert vitaminok növényélettani szerepéről tudunk. Miként azonban már a bevezetésben előre bocsátottuk, ezzel nem meríthető ki a növények vitamintana, mert több olyan anyagot ismerünk, amelyek a növények számára vitaminnak tekintendők, általános növekedési tényezők, nélkülük egyes növények nem gyarapodnak, satnyák maradnak, ha ellenben ezek a vitaminszerű anyagok rendelkezésükre állanak a táplálékban, rendesen fejlődnek és szárazanyagtartalmuk erősen megnövekedik. A legfontosabbak és legérdekesebbek e növényi vitaminok közt a bioszanyagok.

A biosz felfedezésének története PASTEUR és LIEBIG korában kezdődik. PASTEUR már 1858-ban megállapította, hogy az élesztőgombák sikeresen tenyésztethetők olyan mesterséges táptalajon, amelyben az élesztő hamualkatrészein kívül cukor és ammoniumsók vannak. Később LIEBIG is foglalkozott ezzel a kérdéssel, de nem sikerült ilyen táptalajban élesztőgombát eredményesen tenyésztenie, ennél fogva 1871-ben nyilvánosan kétségbe vonta PASTEUR megállapítását. Erre PASTEUR meghívta LIEBIGET, hogy nála személyesen győződjék meg kísérletei eredményéről. Ám az öregedő LIEBIG nem vállalkozott az útra, s a kérdés tisztázása az utódokra maradt. Csak három évtized múlva foglalkozott ismét e kérdéssel WILDIERS, aki megállapította, hogy mindkét kutatónak igaza volt. LIEBIG-nek azért, mert kevés élesztősejtet hiába teszünk a szóban forgó mesterséges táptalajba, nem erjesztenek és nem szaporodnak. PASTEUR-nek meg azért, mert sok élesztősejtet tett át a természetes táptalajról, a malátáról, a mesterséges táptalajba, s ezekkel annyi növekedési tényezőt juttatott oda, hogy az élesztősejtek nem szenvedtek szükségletet ezekben az akkor még ismeretlen, rendkívül kismennyiségű tápanyagokban. Ezzel a jelenséggel különben később is találkoztak a mikroorganizmusok kutatói. Említettük, hogy a fehér mécsvirág üszőgombája sokkal több aneurint kíván a mesterséges táptalajban, ha kis mennyiségben telepítjük, mint akkor, ha nagy mennyiségben. WILDIERS 1901-ben az élesztősejtek táplálásához rendkívül kis mennyiségben szükséges, egyelőre még ismeretlen anyagot biosznak nevezte el; ezzel is kifejezni akarván fontosságát. Biosz ugyanis az élet görög neve.

A bioszra vonatkozó kutatásokban az első fontos eredmény COPPING megállapítása, hogy nem minden élesztőnek van szüksége bioszra, hanem csak azoknak a rasszoknak, amelyek a hosszú domesztikáció következtében elvesztették bioszképző tehetségüket, ellenben a gyengén vagy egyáltalán nem erjesztő, de élénken lélekző rasszok nem szorulnak bioszra mesterséges táptalajon sem. Nyilván maguk építik fel szervezetükben. A következő fontos lépés volt, mikor 1923-ban kiderítették, hogy a biosz nem egységes vegyület, hanem vegyületkomplexum. Idővel hat összetevőre sikerült bontani, de talán még ezekkel sem merült ki a bioszanyagok sora.

LUCAS 1924-ben alkoholos baritoldattal, majd bázikus ólomacetáttal két frakcióra választotta szét a bioszt, amelyik a csapadékba jutott, a biosz I, amely a filtrátumba, a biosz II nevet kapta. EASTCOTT asszony később a kínai tea porából vonta ki a biosz I-et és megállapította, hogy mezoinozitol. Ez a vegyület mind állatokban, mind növényekben elterjedt. Nemcsak élesztőgombák számára növekedési tényező, hanem több más mikroorganizmus számára is, de önmagában alig vagy egyáltalában nem hatékony, csak a többi bioszanyaggal, főként a biotinnal együtt. Hatása 200.000-szeres hígításban kimutatható.

A biosz II-t amerikai kutatók újból két részre bontották szénfiltrálással, majd legújabban sikerült kimutatni, hogy a biosz IIa aminosavak vegyülete, amelyek közt legfontosabb a β -alanin. Az alanin önmagában is hatékony, még hatékonyabb azonban aszparaginsavval együtt.

A biosz IIb-t KÖGL biotinnak nevezte el. Ez a bioszanyagok közt önmagában a leghatékonyabb, hatása 400 milliárdszoros hígításban kimutatható az érzékeny élesztőraszokon. KÖGL és TÖNNIS a tojássárgájából kristályosította. E célra 250 kg kínai szárított kacsatojássárgát szereztek be, s bár számításaik szerint ebben 80 mg biotinnak kell lennie, mindössze 1-1 mg-ot kaptak. A kristályos anyag valószínűleg a biotin metilesztere: $C_{11}H_{18}O_3N_2S$. Az állat- és növényvilágban nagyon elterjedt. Hatását kimutatták zöldnövényeken is.

KÖGL és VAN HASSELT a biosz szénfiltrátumában negyedik bioszanyagot is kimutatott, ez a biosz III nevet kapta.

FARELL megfigyelései szerint a *Saccharomyces cerevisiae* jobban fejlődik olyan táptalajon, amelyben a biosz I-en, IIa-n és IIb-n kívül paradicsomlé is van, s a paradicsomlé növekedési tényezőjét biosz V-nek nevezte el. A biosz V nélkülözhetetlen a *Saccharomyces Hanseniaspora valbyensis* számára, ellenben sok más élesztő számára nem.

DEVLOO még egy tényezőt különített el a biosz-komplexumból, egy bioszterolt. A bioszban minden biotin-egységhez tíz bioszterol-egység járul. Helyettesíthető ergoszterollal és kalciferollal, vagyis D_2 -vitaminnal.

Mindezek az összetevők kettesével, hármassával sokkal hatékonyabbak, mint külön-külön, a nyers biosz pedig a kombinációkat is felülmúlja, éppen ezért benne még más növekedési tényezőket is sejtenek, sőt kismennyiségű elemeket is. A bioszkomplexum mértéke az élesztőegység. KÖGL meghatározása szerint egy *Saccharomyces*-egység az a bioszmennyiség, amely az előírt tenyésztési feltételek közt öt óra alatt kétszeresére, vagyis 100%-kal gyarapítja a sejtek számát. Biosz nélkül ugyanakkor csak 20–40%-kal emelkedik ez a szám.

Noha az állatokban elterjedt, s különösen jellegzetes a biosz előfordulása a kutya petetüszőjében, amelynek biosztartalma a fejlődés folyamán egyre gyarapodik, állatélettani szerepe eddig ismeretlen. Az élesztőgombákon kívül más gombákat is ismerünk, amelyek nem nélkülözhetik a bioszt, ilyen pl. a *Nematospora gossypii*, a gyapotnövény egy tömlősgomba-élősködője. Több gomba számára csak aneurinnal együtt előnyös. A zöldnövények körében különösen a magvakban gyakori, ami arra mutat, hogy a csírázásnak valamely tényezője. A kukoricamagvakban a csírában és a pajzsalakú szikleveleiben, a búzában a táplálósövetben is jelentékeny mennyiségű. DAGYS kimutatta, hogy a kocsányos tölgy és a csörögfűz rügye és levele biosztartalmú s a rügyekben

fakadáskor a biosz mennyisége megnövekedik. A kambiumban is van biosz s a működő kambiumban éppúgy megnövekedik mennyisége, mint a fakadó rügyben. Hogy azonban e szövetekben mi a szerepe, nem tudjuk.

A bioszon kívül még több más vitaminszerű növekedési tényezőt ismernek a mikroorganizmusok tenyésztői. Fentebb volt szó róla, hogy a *Staphylococcus aureus* aerobiotikusan tenyésztve nikotinsavra szorul. Ugyanez a baktérium anaerobiotikusan, levegőtől elzárva, brenszőlósavat és uracilt (2—6-dioxipirimidint) kíván mint növekedési tényezőt. Levegőn ezeket a *Staphylococcus* is termeli, ezért a baktérium tenyészetének hígításával pótolhatók. A *Corynebacterium diphtheriae* növekedési tényezője a pimelinsav, amelyet eleinte máj kivonattal juttattak táptalajába, később a tehén vizeletében is megtalálták, ebből sikerült elkülöníteni, vegyileg meghatározni, s ezen az alapon mesterségesen is készíteni. Tíz köbcm tápoldatban felhígított 0.5 γ pimelinsav hatása kimutatható.

A vitaminoktól némileg különböző növekedési tényezők a különleges hatású tápanyagok. Ezeket a vitaminoktól és a vitaminszerű anyagoktól az különbözteti meg, hogy kissé nagyobb mennyiségben szükségesek, tehát összekötő tagnak tekinthetők a tömegtápanyagok és a vitaminok közt. Ilyen pl. a B-rizopin. NIELSEN kimutatta, hogy olyan malátás tápoldatok, amelyeken *Rhizopus sinuatus* vagy *Absidia ramosa* tenyésztett, különleges szerves anyagot tartalmaz, amelyet rizopinnak nevezett el. A rizopin jelentékenyen növeli a fekete penész (*Aspergillus niger*) micéliumának gyarapodását, de sokkal nagyobb mennyiség szükséges belőle a kimutatható hatáshoz, mint általában a vitaminokból. A rizopin sem egységes vegyület, idővel sikerült két összetevőre bontani, az A-rizopinra és a B-rizopinra. Az A-rizopinról kiderült, hogy a ma már közismert heteroauxin, vagyis β -indolilecetsav, jelentősége tehát más körbe tartozik. Ellenben a B-rizopin növekedési tényező, amelynek hatása a fekete penész micéliumának szárazanyaggyarapodásában mutatkozik. A B-rizopin tanulmányozása kiderítette, hogy ezt is két összetevőre bonthatjuk: B₁- és B₂-rizopinra. A B₁-rizopint az állati szén adszorbeálja, hatása főként élesztőn mutatkozik, a B₂-rizopint az állati szén nem adszorbeálja s csak valamely más növekedési tényezővel kapcsolatban fejti ki hatását, amely főként a fekete penészen jellemző.

A vitaminok és általában a növekedési tényezők jelentőségét a fentebb elmondottakkal még nem merítettük ki, mert az túlterjed az egyéni élet határain, törzsfajlódástani és növény-szociológiai körökbe is átnyúlik. Törzsfajlódástani tekintetben nyilvánvaló, hogy a vitamin-heterotróf szervezetek vitamin-autotrófoktól származnak, szociológiai tekintetben pedig a vitamin-heterotrófia a növények társulásának egyik fontos szabályozója.

A mikroorganizmusok körében régóta ismeretes, hogy két mikroorganizmus gyakran testükből a táptalajba szivárgó anyaggal befolyásolja egymást. DAVIS, aki ezt a jelenséget a hemofil baktériumok társulásában figyelte meg, szatellitizmusnak nevezte el. A szatellitizmus a növekedési tényezők törzsfajlódási és növény-szociológiai jelentőségének megismeréséhez az első lépés. A penészgombák körében jellemző példa a szatellitizmusra a következő. Ha *Phycomyces* penészt mesterséges tápoldaton tenyésztünk, felszíni micéliuma gyengén fejlődik. Amint azonban tápoldatába szürke penészt (*Penicillium glaucum*) telepítünk, e körül nyomban erős gyarapodásnak indul a *Phycomyces* micéliuma, mert

a szürke penész micéliumából olyan növekedési tényezők szivárognak ki a tápoldatba, amelyeket a *Phycomyces* nem képes elkészíteni. Élesztőgomba ugyanezt a hatást mutatja.

A szatellitizmustól egy lépés az együttélésig, amelynek magyarázatát alábbiakkal példázhatjuk. Ha az említett *Nematospora gossypii*t mesterséges táptalajon együtt tenyésztjük a *Polyporus adustusszal*, mindkettő jól tenyészik, mert előbbi aneurint készít s juttat a táptalajba, utóbbi pedig biotint, viszont az előbbi biotinra, az utóbbi meg aneurinra szorul. Kölcsonösen lehetővé teszik mesterséges táptalajon a tenyésztést megfelelő vitamin nélkül a tiazol- és a pirimidin-heterotróf szervezetek, pl. a tiazolt készítő *Rhodotorula rubra* és a pirimidint készítő *Mucor Ramannianus*. Ilyen tenyészetben a *Mucor Ramannianus* gombafonala áthatol a *Rhodotorula* sejtjein s olyan szövédéket alkot, amely élénken emlékeztet a zuzmók telepszöveteire. Nem kérdéses, hogy a lichenizmus sokkal bonyolultabb hatásokon alapul, mint eddig vélték és növekedési tényezők is szerepet játszanak benne.

Közelebb jutottunk ezen az alapon a kosborfélék és bizonyos gombák szimbiozísának magyarázatához is. BURGEFF kimutatta, hogy gombákkal együttélő forróövi kosborfélék az utóbbiak tenyészetében nélkülözhetők, ha a tápoldatban a gombát gombakivonattal vagy élesztőkivonattal helyettesítjük. A kosborfélék e növekedési tényezője olyan hatékony, hogy pl. az élesztőkivonatból köbcentiméterenként 300 γ kimutatható hatású. Ez a növekedési tényező magvakban is megtalálható, sőt a megzöldült *Phalaenopsis*ban is, ami azt mutatja, hogy az együttélő kosborféléknek csak az első, szaprofita állapotban van rá szükségük, mert ilyenkor különben időleges avitaminózisban szenvednek.

Kétségtelen, hogy az élősködésben is fontos szerepet játszanak a növekedési tényezők. Mint a fehér mécsvirág üszöggombája megtanított rá, egyes paraziták nem nélkülözhetnek bizonyos növekedési tényezőket s csak olyan mesterséges táptalajon tenyészthetők, amelyekből ezeket megszerezhetik. A legspecializáltabb élősködők, mint a rozsdagombák, egyáltalában nem tenyészthetők mesterséges táptalajon, ezek táplálkozásához tehát még a növekedési tényezők mai ismerete sem adja kezünkbe a kulcsot. Nem kérdéses azonban, hogy a megoldás a megkezdett úton érhető el.

Dr. Rapaics Raymund.



Kiadásért felelős : Dr. Rapaics Raymund.

38.050. — Kir. Magyar. Egyetemi Nyomda. Múzeum-körút 6. (F. : Thiering Richárd.)

