

## ADATOK A ROVAROK BÁBSTÁDIUMÁNAK ANYAGCSERÉJÉT JELLEMZŐ U-GÖRBÉK ÉRTÉKELÉSÉHEZ

KONOK ISTVÁN

Érkezett: 1957. március hó 1-én.

Az őszrovarok kivételével, a többi rovar fejlődésére általánosan jellemző a filogenezis folyamán különböző mértékben kialakult metamorfózis. A holometaból rovarok esetében érte el a metamorfózis teljes kifejlődését, amennyiben ezeknél az állatoknál a fokozatos átalakulás helyett a posztembrionális fejlődésben az ún. bábstádium iktatódik közbe.

Az általánosságban „nyugalmi állapotnak” nevezett bábstádium főként az intermedier-anyagsere szempontjából éppenséggel nem nevezhető nyugalmi periódusnak. Ezalatt az idő alatt mennek végbe azok a nagymértékű átalakulási folyamatok, amelyek végső fokon morfológiailag, anatómiailag és fiziológiailag csaknem új élőlény kialakulásához vezetnek.

Ez az átalakulás azonban nemcsak a bábvedlés után kezdődik. Már a prepupális stádiumban nagy változások történnek mind a különböző szervetlen és szerves anyagok koncentrációjában, mind pedig ezzel szoros kapcsolatban a különböző anyagsere folyamatokban is. A metamorfózis tehát már az előbábstádiumban megkezdődik, jóllehet az állat még nem vetette le a régilárvabőrt.

Az átalakulás mikéntje élettanilag és biokémiailag, az átépülések koordinációja hormonfiziológiai szempontból különösen az utóbbi időben egyre inkább kutatott területe a gerinctelenekkel foglalkozó fejlődésfiziológusoknak. A módszerek fejlettségének korlátai közé szorított adatok már vannak, sőt feltevések is születtek, sajnos ezek többnyire egymásnak egyelőre megcáfolhatatlanul ellentmondó elméletek. A hisztolízis és hisztogenezis anyagsere folyamatainak részletei javarészből még ismeretlenek s ezért egységes értelmezést adni a jelen helyzetben még nem lehetséges.

Ezekkel a problémákkal foglalkozva, a metamorfózis anyagsere folyamataival kapcsolatosan az alábbi vizsgálatokat végeztem.

### Vizsgálati anyag és módszerek

A kísérletekhez saját, homogén tenyészetekből származó lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) bábokat és lárvákat használtam fel. A tenyészeteket és a kísérletben szereplő állatokat 28 °C-on, termosztátban tartottam. A 11 hónapos lárvákból alakult bábok átlagban 180 mg súlyúak voltak.

28 °C-ra temperált termosztátban, 54% relatív páratartalmú (nedves és száraz hőmérővel ellenőrizve) légtérben tartott 20 db bábót naponta, azonos



időpontban mértem, kikelésig. Ugyancsak 28 C°-on, Petri-csészékben, 100%-os relatív légnedvességű térben (állandóan nedves vatta) tartott 20 bábót szintén naponta mértem.

Frissen bábozódott állatok oxigénfogyasztását mértem\* Warburg-készülékkel 7 napon keresztül, 28 C°-on. A méréseket rázatás nélkül (HARNISCH, 1941) végeztem, reggel 9—10 és este 21—22 óra között. Az első mérés a bábstádium harmadik órájában, a továbbiak 12 órás időközökben történtek, negyedóránkénti leolvasással 1—1 órán keresztül. A levegőből 1 óra alatt fogyasztott O<sub>2</sub>-t (WOLSKY, 1938)  $\mu$ l-ben adom meg, élősúly mg-ra átszámítva.

A cukormeghatározásokat papírkromatográfiás analízissel végeztük\*\* a postembrionális fejlődés különböző fokán álló lárvákban, bábokban és imágókban. 1 : 40 hígítású totál-homogenizátumot készítettünk az állatokból. Ebből az oldatból 0,04 ml-t vittünk fel papírra, s 4 : 1 : 5-höz butanol-etanol-víz oldószerezrel futtattuk szobahőmérsékleten 60 órán keresztül. Az előhíváshoz acetonos ezüstnitrátoldatot, alkoholos nátriumhidroxidot használtunk s a kromatogramokat savanyú fixirrel fixáltuk. A kiértékelés a párhuzamosan futtatott, tismert hígítású standard-oldatokkal való összehasonlítás alapján történt. Ez a módszer a foltok határozott és jól összehasonlítható volta miatt megfelelőnek mutatkozott s feleslegessé tette a kioldásos kvantitatív analízist.

## Megfigyelések

### Transpirációs vízleadás

A frissen alakult báb élősúlya a bábállapot folyamán normális párateltségű viszonyok mellett, (54%-os relatív légnedvesség) csökken. A csökkenés mértéke azonban nem egyenletes. Az első napon a súlyveszteség viszonylag

#### 1. táblázat

A transpirációs vízleadás menete 54% rel. páratartalmú légtérben, 28 C°-on

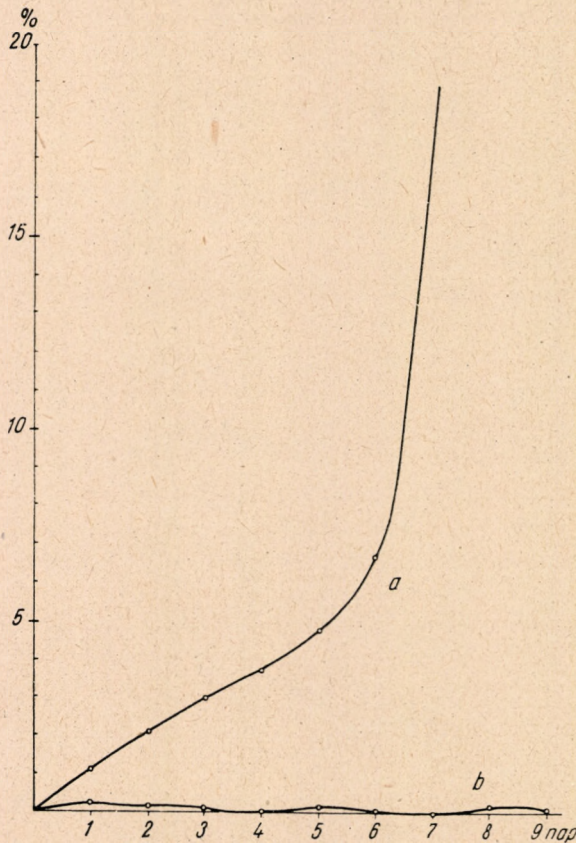
Kísérleti állat száma	№. 4	№. 7	№. 15	№. 18	
	milligramm				
Friss báb élősúlya	182,1	189,3	190,6	182,6	
Súlyveszteség naponta	1.	2,2	3,9	2,2	2,6
	2.	1,6	2,4	1,7	1,7
	3.	1,5	2,0	1,4	1,5
	4.	1,4	1,9	1,3	1,4
	5.	2,0	2,5	1,8	2,2
	6.	3,4	2,8	3,0	2,8
	7.	22,1	14,8	18,7	15,9

\* Dr. Fábrián Gyula tudományos osztályvezetőnek itt mondok hálás köszönetet ezeknél a méréseknél nyújtott szíves segítségéért.

\*\* A papírkromatográfiás analízist Dr. Felföldy Lajos tudományos osztályvezetővel együtt végeztük, szíves segítségéért neki is hálás köszönetemet fejezem ki.



nagymértékű, majd fokozatosan csökken és egyenletesebbé válik. Az ötödik napon a súlyvesztés ismét fokozódik, a kikelés után pedig ugrásszerűen maximumot ér el (1. táblázat 1. ábra).



1. ábra. Napi vízleadás az eredeti testsúly %-ában.

a = 54% relatív légnedvességű térben

b = 100% relatív légnedvességű térben

Ordináta: a veszteség a testsúly %-ában

Abszcissza: a báb kora napokban

Abb. 1. Tägliche Wasserabgabe in % des ursprünglichen Körpergewichtes.

a = bei 54 % rel. Luftfeuchtigkeit

b = bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit

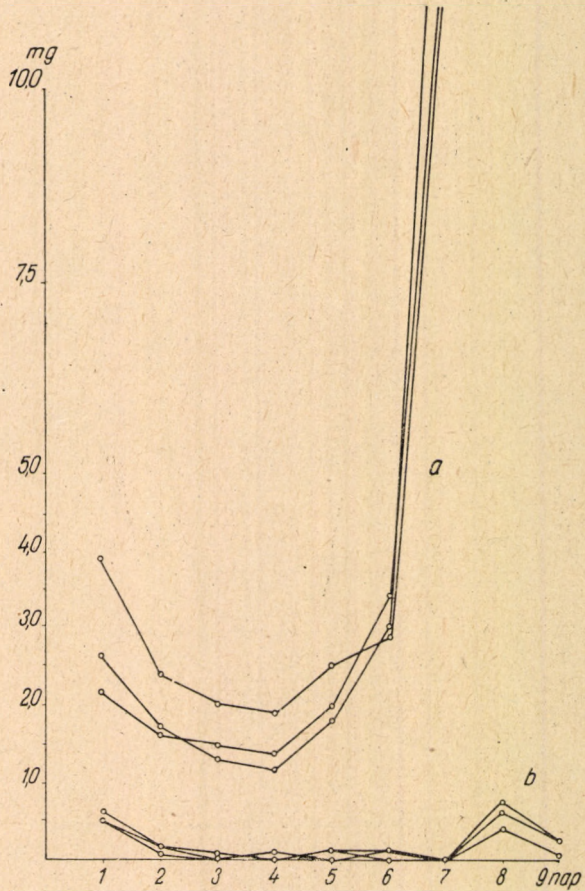
Ordinata: der Verlust in % des Körpergewichtes

Abscisse: Alter der Puppen in Tagen.

Ezzel párhuzamosan a 100%-os relatív párateltségű légkörben tartott bábok súlyvesztésének menete a parciális tenziósnyomás-különbségeknek megfelelően alakul, hasonló jellegű, de minimális mértékű (2. táblázat 1. ábra) és a bábstádium középső szakaszán gyakorlatilag 0-val egyenlő.



Érdekes megfigyelés még az is, hogy a telített légtérben tartott báboknál, ugyancsak 28 C°-on, a fejlődés ideje két nappal meghosszabbodik (1., 2. ábra).



2. ábra. A napi transpirációs vízleadás menete  
 a = 54% rel. légn.  
 b = 100% rel. légn.  
 Ordináta: a súlyvesztés mg-ban kifejezve  
 Abszcissza: a báb kora napokban

Abb 2. Ablauf des täglichen transpiratorischen Wasserverlustes.  
 a = bei 54% rel. Luftfeuchtigkeit  
 b = bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit  
 Ordinata: Gewichtverlust in mg.  
 Abszisse: Alter der Puppe in Tagen

A transpiráció következtében létrejött súlyvesztések naponkénti menetét grafikusán feltüntetve, jellegzetes U-görbét kapunk (2. ábra).



2. táblázat

A transpirációs vízleadás menete 100% rel. páratartalmú légtérben, 28 C°-on

Kísérleti állat száma	№. 27	№. 31	№. 37	№. 39	
	milligramm				
Friss báb élősúlya	163,7	179,0	176,5	160,0	
Súly- vesztés naponta	1.	0,5	0,6	0,5	0,6
	2.	0,2	0,2	0,1	0,2
	3.	0,0	0,0	0,0	0,1
	4.	0,2	0,0	0,0	0,0
	5.	0,0	0,1	0,2	0,2
	6.	0,2	0,1	0,0	0,2
	7.	0,0	0,0	0,0	0,0
	8.	0,7	0,5	0,4	0,8
	9.	0,4	0,4	0,1	0,3

### Oxigénfogyasztás

A délelőtt 9 órakor alakult bábok lélegzését első ízben 11 órakor, második ízben 18 órakor, a továbbiakban pedig reggel 9 órakor és este 21 órakor, vagyis a bábozódás után 24 órával és ezt követően 12 óránként mértem. Az ily módon sűrített mérések adataiból az tűnik ki, hogy a bábozódás utáni első órákban az O<sub>2</sub>-fogyasztás emelkedik, majd egy maximumot elérve, a 24. órára erősen leesik. A második nap végén a légzésintenzitás minimumot ér el, s ezen a szinten marad két napon keresztül. A lélegzés a 4. naptól kezdve lassan, az 5. naptól fogva már gyorsabban emelkedik (3. ábra). Ha tehát a 24 órás méréseket tüntetjük fel csak grafikonon, úgy a görbe a jólismert, jellegzetes U alakot mutatja.

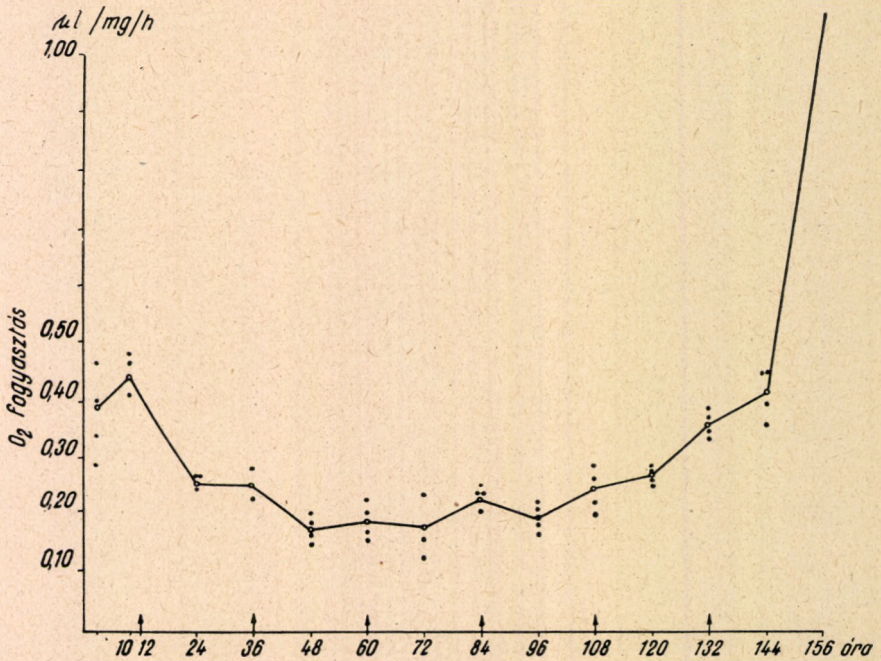
Ezzel szemben azonban, amikor a 12 órás mérések adataiból készítünk görbét (3. ábra), más változások is előtűnnek. Reggeli méréseknél az oxigénfogyasztás minimumot, az esti méréseknél maximumot mutat. Ezek a szabályos kis maximumok, a gerincesek nyugalmi anyagcseréjével összehasonlítva, az intermedier anyagcsere napi ritmusára utalnak.

### A glukóz koncentráció változásai

Az utolsó lárvastádiumtól kezdve fejlődési sort állítottam össze s az ezekből készített totál-extraktumokból határoztuk meg a cukrokat (3. táblázat).

Az utolsó lárvastádiumban csak glukóz jelenléte volt kimutatható, és pedig viszonylagosan igen magas koncentrációban. Ez a magas érték a prepupális-stádium idejére hirtelen és erősen leesik s elér egy minimumot. A koncentráció a bábstádium folyamán ismét emelkedik, fokozatosan elér egy maxi-





3. ábra. Az oxigénfogyasztás menete és ritmusa

Abszcissa: a báb kora órákban

A görbe a pontokkal feltüntetett mért értékekből számolt középértékek alapján készült

Abb. 3. Ablauf und Rythmus des Sauerstoffverbrauches. Die Kurve wurde als Mittelwert von der mit Punkten bezeichneten Messwerten hergestellt.

3. táblázat

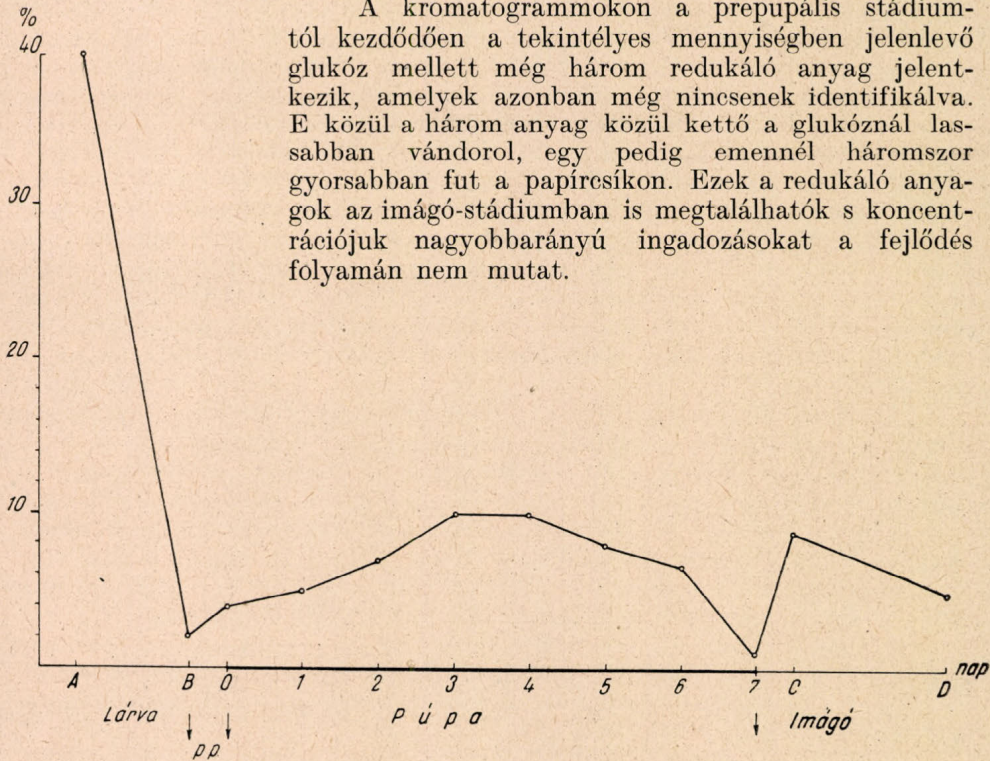
Az össz-glukóz koncentrációváltozásai a különböző posztembrionális életszakaszokban

Stádium		Lárva	Pre-pupa	Báb									Imágó	
Stádium kora	nap	utolsó vedlés után	vedlés előtt	friss	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	friss	3.	
Élő súly	mg	243,8	227,8	187,0	190,5	183,5	179,2	184,5	183,1	199,0	175,0	139,4	127,8	
Glukóz	test-súly %	4,0	0,2	0,4	0,5	0,7	1,0	1,0	0,8	0,7	0,12	0,9	0,5	
Egyéb redukáló anyagok		0		2 + 1										



mumot, majd a 4. naptól kezdődően csökkenni kezd s újból minimumot ér el a 7. napon. Kikelés után a koncentráció megint emelkedik s maximumot elérve az imágó-stádium 3. napjára ismét lecsökken (4. ábra).

A kromatogramokon a prepupális stádiumtól kezdődően a tekintélyes mennyiségben jelenlevő glukóz mellett még három redukáló anyag jelentkezik, amelyek azonban még nincsenek identifikálva. E közül a három anyag közül kettő a glukóznál lassabban vándorol, egy pedig emennél háromszor gyorsabban fut a papírsíkon. Ezek a redukáló anyagok az imágó-stádiumban is megtalálhatók s koncentrációjuk nagyobbarányú ingadozásokat a fejlődés folyamán nem mutat.



4. ábra. Az össz-glukóz-koncentráció változásai  
 Ordináta: koncentráció az élősúly %-ában kifejezve  
 Abszcissa: A = lárva az utolsó lárvavedlés után  
 B = prepupa  
 0—7 = a báb kora napokban  
 C = frissen kelt imágó  
 D = háromnapos imágó

Abb. 4. Änderungen der Gesamtglukose-Konzentrationen.  
 Ordinate: Konzentration im % des Lebendgewichtes gegeben  
 Abscisse: A = Larve nach der letzten Larvenhäutung  
 B = Vorpuppe  
 0—7 = Alter der Puppen in Tagen  
 C = frisch ausgeschlüpftes Imago  
 D = dreitägiges Imago

### Kiértékelés

A jelen dolgozatban közölt vizsgálatok a holometabol rovarok metamorfózis-anyagcseréjének ismeretéhez kívánnak adatokat szolgáltatni. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeit, más szerzők eddigi adataival is összevetve, a következőkben lehet kiértékelni.



A transpirációs U-görbének a trachearendszer nagymérvű átépülésével kapcsolatos magyarázatát el kell vetnünk. Más szerzők vizsgálatai ui. azt bizonyítják, hogy a gázanyagcsere és a transpiráció mértéke is nagymértékben független a működésben levő stigmák és tracheatörzsek számától. (JANDA 1933.) Mások adatai (WIGGLESWORTH, 1953), de saját erre vonatkozó vizsgálataim is azt mutatják, hogy a bábstádium alatt bekövetkező súly-, ill. vízvesztés nem egyszerű párolgás vagy beszáradás eredménye, mert a bábok víztartalma a bábstádium folyamán gyakorlatilag állandó szinten van. Maga a görbe U-jellege és más görbékkel való összehasonlítása arra enged következtetni, hogy a metamorfózis alatt a hisztolízis és hisztogenezis oxidatív anyagcserefolyamatai során termelődött metabolikus vízfelesleg távozik el a szervezetből. Erre enged következtetni az az érdekes tény is, hogy a 100%-os relatív páratartalmú légtérben tartott állatok fejlődési ideje 30%-kal meghosszabbodott. A telített légtérben felvett transpirációs görbe a parciális tenziós-nyomáskülönbségek hányadosaként fogható fel, amikor a légtér magas gőztenziója lehetetlenné teszi az aktív párologtatást.

Az oxigénfogyasztás, ill. a széndioxidleadás U-görbéje általánosan ismert a metamorfózis oxidációs anyagcserejével kapcsolatban. Többen foglalkoztak már (JANDA 1933, KROGH 1914) a *Tenebrio molitor* bábjainak respirációjával. Az eddigi vizsgálatokkal szemben, annak következtében, hogy a fenti méréseket a bábstádium elején sűrűbben végeztem, az tűnik ki, hogy az ismert U-görbének az első órákban még egy kis minimuma van. Ez a megfigyelés mindenben megegyezik AGRELLNEK (1949) az össz-dehidrogenázok aktivitásmenetével kapcsolatban tett megállapításaival.

A sűrített respirációs-mérések adataiból készült grafikonon határozottan előtűnnek az anyagcsere napi ritmusának megfelelő ingadozások. A reggeli mérések minimumai és az estiek maximumai megegyeznek a lárvákon végzett mérésekkel (MICHAL, 1931).

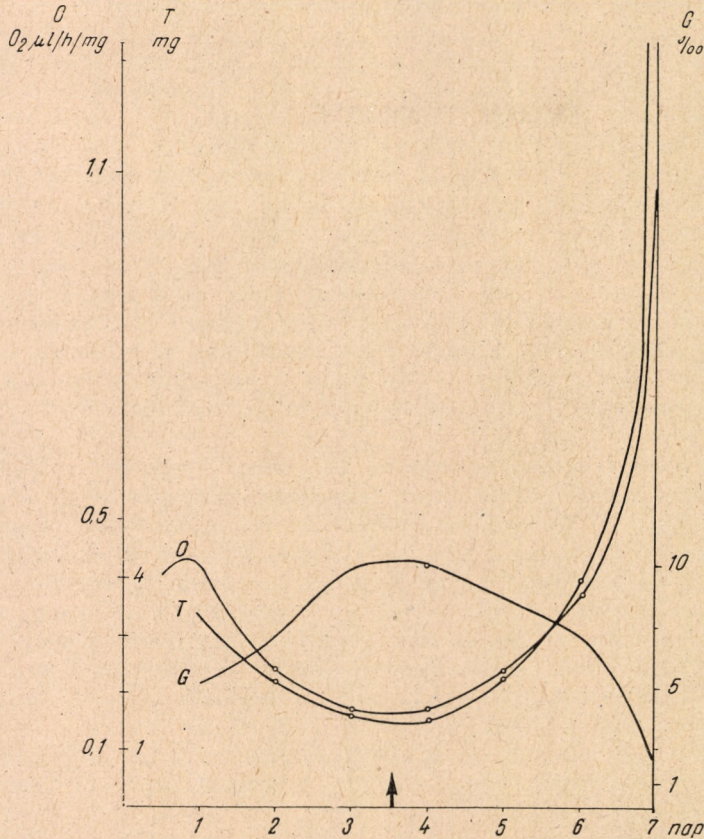
Meglehetősen nehéz a helyzet azonban akkor, ha erre a ritmusra magyarázatot akarunk adni. A szervezetek anyagcserejében fellépő ritmicitások okát, kézenfekvően, a külső környezeti feltételekben kereshetjük. A 24 órás és más hosszabb ritmusok könnyen magyarázhatók a nappalok és éjszakák, az évszakok, általában a fény és a sötétség, illetőleg a megvilágítás mennyiségi változásaival. Ezekről az endo-ritmusokról tudjuk, hogy kísérletesen könnyen és gyorsan megváltoztathatók, tehát nem örökletesek, hanem szoros függvényei a külső tényezők ritmikus változásainak. Mindezekkel szemben a fentebb ismertetett vizsgálatokban elsősorban is bábokról van szó, mely esetben fel kell tételeznünk ebben a stádiumban is folyamatosan működő, aktív fényérzékelő szervet. Másodsorban a kísérletben olyan állatok szerepeltek, melyek állandóan sötétben tartott tenyészetből származtak, s a kísérlet folyamán is sötétben voltak.

Nagy figyelmet érdemelnek ebből a szempontból JANDA (1933) szétvágott *Tenebrio* bábokon végzett vizsgálatai. JANDA eredményei ui. azt mutatják, hogy a bábok izolált potrohszelvényeinek oxigénfogyasztása is, a teljes bábokhoz hasonlóan, napi ritmust mutat.

A glukóz-vizsgálatok egy lépést jelentenek a metamorfózis szénhidrát-anyagcserejének, a metodikai nehézségek miatt még meglehetősen sötét területén. Az eddigi vizsgálatok a TRV-t (total reducing value) glukóz-értékben fejezték ki anélkül, hogy a különböző redukáló anyagok (fenolok, kreatinin,



húgysav stb.) a glukóztól elválasztva külön meghatározhatók lettek volna. A fentebb ismertetett papírkromatográfiás analizisből viszont kitént az, hogy az állatokban az utolsó lárvastádium elején csak glukóz van jelen, a pre-



5. ábra. *Tenebrio molitor* bábok oxigénfogyasztása, transpiráció- és összglukózsztint változásainak összehasonlítása

O = oxigénfogyasztás  
T = transpiráció  
G = glukóz koncentráció

Abb. 5. Vergleich der Änderungen des Sauerstoffverbrauches, der Transpiration und des Gesamtglukose-Spiegels von *Tenebrio Molitor*.

O = Sauerstoffverbrauch  
T = Transpiratorischer Wasserverlust  
G = Glukose-Konzentration

pupális-stádium, bábstádium és imágóstádium folyamán pedig a redukáló anyagok összmenységének több, mint 90%-át glukóz teszi ki. A prepupális stádiumtól kezdve a glukóz mellett még három másik, identifikálatlan redukáló anyag (valószínűleg nem cukor) jelenik meg a kromatogrammban.



EVANS (1934) vizsgálataival szemben, melyek éppen a *Tenebrio* bábokkal kapcsolatban a szénhidrátok fokozatos csökkenését állapítják meg a metamorfózis folyamán, a jelen vizsgálatok arra mutatnak, hogy a glukózkoncentráció az utolsó lárvastádiumhoz képest a prepupális stádiumban erősen lecsökken egy minimális értékre, majd a bábstádium alatt fordított U-alakú görbe szerint változik.

Nem meglepő ez az eredmény akkor, ha számításba vesszük azt, hogy a glukóz mint szénhidrát szolgáltatja az energiát az anyagcserefolyamatokban. Az imaginális szövetek építésénél felhasználandó glukóz pótlása a zsírtestek zsírkészletéből (zsír cukorra invertálódik) és glikogén-depójából történik. A zsírtestek ilyen vonatkozásban a gerincesek májával mutatnak funkcionális hasonlóságot. (CRESCITELLI és TAYLOR, 1935). Az imaginális korongok gyors fejlődése az RQ alacsony értékét vonja maga után. Glukóz szükséges ezenkívül a kitinképzés folyamataihoz is.

Az eddigieket egymással összevetve nyilvánvalóvá lesz, hogy mind a transpiráció, mind az oxigénfogyasztás, mind pedig a glukózkoncentráció változásai ugyanazoknak az anyagcserefolyamatoknak a jellemzői. A görbék időbelileg is (5. ábra) megegyező lefutása, a minimumok és maximumok hossza, a 4. naptól (28 C°-on) kezdődően megélénkülő oxidációs folyamatok, mind egyértelműek.

Nem kevésbé érdekes az, hogy ha más szerzők más rovarokon végzett vizsgálatait is, közös nevezőre hozva, összehasonlítjuk ezekkel az adatokkal. A sokszor különböző irányokban már túlspecializálódottnak is nevezhető rovarok különböző időtartamú metamorfózisánál is, ha a bábok korát a teljes kifejletség %-ban kifejezve adjuk meg, az anyagcsere menetének irányát, időbeli megoszlását és nagyságát tekintve a legmesszebbmenő megegyezéseket találjuk meg (6. ábra). AGRELLnek (1949) a *Calliphora erythrocephala*-n végzett vizsgálatait, a dehidrogenáz-aktivitásokra, az aminosavak oxidációjára vonatkozó U-görbéi időben is tökéletesen megegyező lefutást mutatnak a közölt eredményekkel.

Amennyire egységesnek látszanak ily módon ezek az anyagcserefolyamatok, annyira nem egységes még az egyes szerzők felfogása és magyarázata az átépülés folyamatainak menetét illetően.

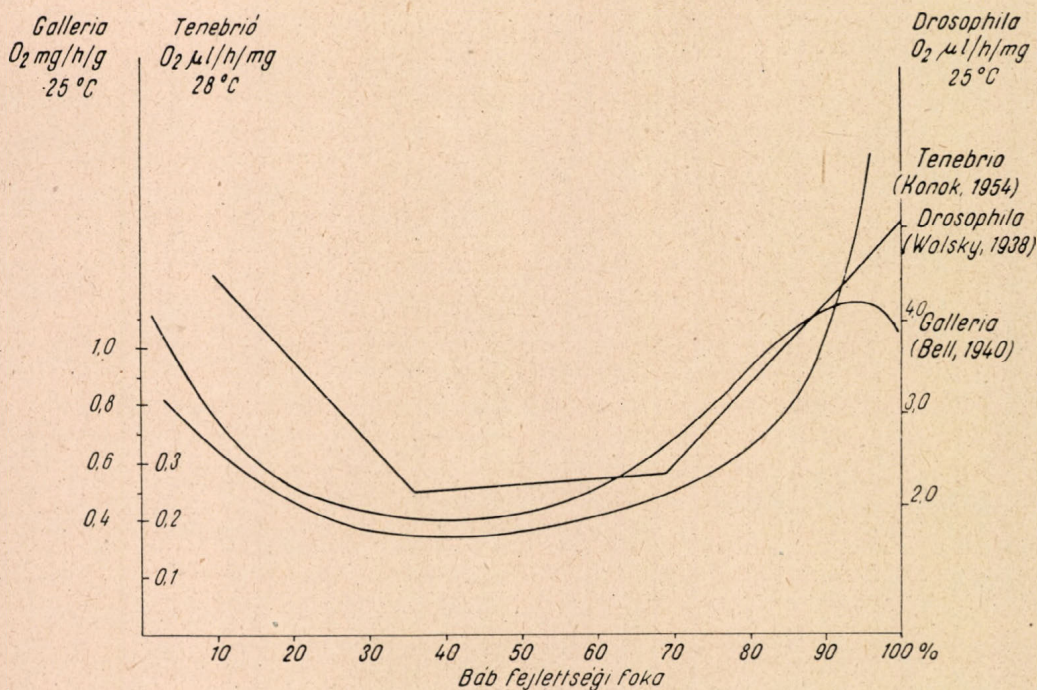
Egyes felfogások szerint az U-görbék két szára a leépülés és felépülés időben egymást követő két szakaszát jelzik. Hisztológiai vizsgálatok viszont kimutatták, hogy a *Drosophila* esetében (WIGGLESWORTH, 1953) a hisztogenezis a bábban még a minimum elérése előtt befejeződik. AGRELL (1949) feltevése szerint az U-görbék két maximuma a kismértékű proteinszintézis következtében feleslegessé vált aminosavak oxidációját jelentik. Ismét mások szerint az aminosavak oxidációjában szerepet játszó dehidrogenázok működése csak töredéke az össz-oxigénfogyasztás értékének. Újabban az a vélemény alakult ki, hogy a hisztolízis és hisztogenezis párhuzamosan halad anélkül, hogy a bábstádium folyamán bármelyikük is előtérbe kerülne. Jelen ismereteink birtokában azonban ezekre a kérdésekre mindenben kielégítő választ még nem lehet adni.

A *Tenebrio motitor*-nál mindenesetre számításba kell venni azt is (ez fennáll a többi rovarra nézve is), hogy a lárváizmok lizise fokozatosan megy végbe a bábstádium első két napján. A bábok a 2. napon válnak mozdulatlanná. (KONOK, 1955) A bábstádium 5. napjától kezdve már ismét mozogni kezdenek, tehát az izmok átépülése a 2. és 4. nap között történik s a már



kialakult imaginális izmok tevékenysége jelentkezik az 5. naptól kezdve. Az 5. napon indul meg a végtagok kitinesedése és pigmentációja, ezek a folyamatok ugyancsak megmutatkoznak az anyagcsere-görbéken. A 6. naptól kezdve fokozódik az izomtevékenység.

Bárhogy néz is ki a jelenlegi helyzet, feltétlenül fennáll a lehetősége annak, hogy általános érvényű, egységes értelmezést találjunk a metamorfózis anyagcserefolyamatainak menetére vonatkozóan.



6. ábra. Különböző görbék összevetése

Abszcissa: különböző bábok kora a teljes kifejlődés %-ában

Abb. 6. Vergleich verschiedenen U-Kurven.

Abscisse: Alter verschiedener Puppen im % der totalen Entwicklung

### Összefoglalás

A lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) bábjaival végzett kísérletek eredményei szerint, amellet, hogy a víztartalom a bábstádium folyamán lényeges változást nem mutat — a napi transpiráció menete U-alakú görbét ad. Ez a vízvesztesség a folyamatosan képződő metabolikus vízfelesleg leadására vezethető vissza. A 100%-os relatív párateltségű térben tartott bábok fejlődési ideje, a parciális tenziós-nyomáskülönbség miatt a visszaszorított transpiráció következtében 30%-kal meghosszabbodott.

A bábok oxigénfogyasztását sűrűbb mérésekkel vizsgálva, a jellemző U-alakú respirációs görbe a pupális vedlés után közvetlenül az első órákban visszahajlást, egy kis minimumot mutat. A bábok anyagcsereintenzitásában



határozott napi ritmus mutatkozik meg, jöllehet az állatok sötétben tartott tenyészetből származnak és a kísérlet ideje alatt is sötétben voltak.

Az össz-glukóz-koncentráció folyamatos változásait papírkromatográfiás analízissel vizsgálva kitűnik az, hogy a lárvastádium végén, mint redukáló anyag, csak glukóz van jelen, és pedig viszonylag igen magas koncentrációban. A koncentráció a prepupális stádiumban alacsony értékre csökken, s minimumot ér el. A prepupális szakasztól kezdve igen csekély koncentrációban három más, még identifikálatlan redukáló vegyület jelenik meg, melyek az imágókban is megtalálhatóak. A glukóz koncentrációja a bábstádium alatt megfordított U-alakú görbe szerint változik.

A fenti U-görbék összevetése egyértelműen s időben is teljesen megegyezően mutatja az anyagcsere folyamatok intenzitásának csökkenését, s 28 C°-on, a 4. naptól kezdődő megélnkülését. Ezen túlmenően a jelen vizsgálatokból nyert görbék más szerzők, más rovarcsoportokon végzett különböző U-görbéivel való összehasonlításakor is, az egyébként különböző időtartamú metamorfózisok ellenére, hasonlóképpen teljes megegyezést mutatnak.

#### IRODALOM

- AGRELL, I. (1947): Enzymes and metamorphosis. — *Acta Physiol. Scand.* **14**, 317–334.
- AGRELL, I. (1949): Enzymes and metamorphosis. — *Nature* **164**, 1039–1040.
- AGRELL, I. (1949a): Occurrence and metabolism of free amino acids during insect metamorphosis. — *Acta Physiol. Scand.* **17**, 247–258.
- AGRELL, I. (1949b): The variation in activity of apodehydrogenases during insect metamorphosis. — *Acta Physiol. Scand.* **18**, 355–560.
- BELL, J. (1940): The heat production and oxygen consumption of pupae of *Galleria mellonella* at different constant temperatures. — *Physiol. Zool.* **13**, 73–81.
- CALHOUN, J. B. (1944): Diurnal rhythms, invertebrates. — *Jour. Tennessee Acad. Sci.* **19**, 179–200, 252–262. cit. ap. WIGGLESWORTH 1953.
- CRESCITELLI, F. and TAYLOR, I. R. (1935): Changes in reducing substances during metamorphosis: *Galleria, Lep.* — *Jour. Biol. Chem.* **108**, 349–353.
- EVANS, A. C. (1934): On the chemical changes associated with metamorphosis in a beetle. (*Tenebrio molitor* L.) — *Jour. Exp. Biol.* **11**, 397–401.
- GAARDER, T. (1918): Relation between oxygen tension and oxygen uptake: *Tenebrio* pupa. — *Biochem. Z.* **89**, 48–93. cit. ap. WIGGLESWORTH 1953.
- HARNISCH, O. (1914): Untersuchungen über Erholungsatmung und anaeroben Stoffwechsel der larve von *Tenebrio molitor*. — *Z. Vergleich. Physiol.* **28**, 428–456.
- HELLER, J. (1949): Phosphorus compounds and metabolism, pupae. — *Nature* **163**, 952–953.
- JANDA, V. (1933): Über die Entwicklung und den Sauerstoffverbrauch isolierter Fragmente der Puppen von *Tenebrio molitor* L. *Acta Soc. Entom. Českoslov.* **30**, 1–14.
- JANDA, V. und KOCIÁN, V. (1933): Über den Sauerstoffverbrauch der Puppen von *Tenebrio molitor* L. — *Zool. Jahrb. (Physiologie)* **52**, 561–590.
- KONOK, I. (1955): A lisztbogár, *Tenebrio molitor* L. (Col.) kísérleti állatként való alkalmazhatósága fejlődésélettani vizsgálatokban. — *Annal. Biol. Tihany* **23**, 29–36.
- KROGH, A. (1914): Effect of temperature on development *Acilius* eggs, *Tenebrio* pupae. — *Z. allg. Physiol.* **16**, 163–190. cit. ap. WIGGLESWORTH 1953.
- LUDWIG, D. and ROTHSTEIN, F. (1949): Carbohydrate and fat content in metamorphosis, Japanese beetle. — *Physiol. Zool.* **22**, 308–317.
- MICHAL, K. (1931): Die Beziehungen der Populationsdichte zum Lebensoptimum und Einfluss des Lebensoptimums auf das Zahlenverhältniss der Geschlechter bei Mehlwurm und Stubenfliege. — (Vorl. Mitt.) — *Biol. generalis* (Wien) **7**, 631–646.
- ROEDER, K. D. (1953): *Insect Physiology*. — John Wiley and Sons, Inc. — *New York*, XIV + 1100.



WIGGLESWORTH, V. B. (1953): The principles of insect physiology. — 5. Ed. Methuen — London. 546.

WOLSKY, A. (1938): The effect of carbon monoxide on the oxygenconsumption of *Drosophila melanogaster* pupae *J. Exp. Biol.* **15**, 225—234.

## DATEN ZUR AUSWERTUNG DER »U«-KURVEN, WELCHE DEN STOFFWECHSEL DER INSEKTEN WÄHREND DES PUPPENSTADIUMS CHARAKTERISIEREN

I. Konok

### Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Versuche mit den Puppen des Mehlkäfers, (*Tenebrio molitor* L.) beweisen, daß obwohl der Wasserinhalt während des Puppenstadiums keine wesentliche Veränderungen zeigt, der Gang der täglichen Transpiration die Form einer U-artigen Kurve annimmt. Dieser Wasserverlust kann auf den sich kontinuierlich erzeugenden metabolischen Wasserüberfluß zurückgeführt werden. Die Entwicklungszeit der in 100% relativen Luftfeuchtigkeit gehaltenen Puppen hat sich wegen des partiellen Tensionsdruck-Unterschiedes, als Folge der zurückgedrängten Transpiration mit 30% verlängert.

Während der häufigen Messungen des Sauerstoffverbrauches der Puppen wurde festgestellt, daß die typische U-förmige Respirationskurve nach der Puppenhäutung, gleich in den ersten Stunden zurückbeugt, d. h. ein kleines Minimum zeigt. In der Intensität des Stoffwechsels der Puppen ist ein ausgesprochener Rhythmus feststellbar, obwohl die Tiere von in Dunkelheit gehaltener Zucht stammten und während der Zeit der Experimente auch im dunkeln gehalten wurden.

Die laufende Veränderung der Gesamtglucose-Konzentration ist durch die chromatographische Analyse feststellbar und zeigt, daß am Ende des Larvenstadiums als reduzierender Stoff nur Glukose und zwar in relativ sehr hoher Konzentration vorhanden ist. Die Konzentration sinkt in dem Vorpuppenstadium sehr tief herab, und erreicht ein Minimum. In dem praepupalen Stadium treten noch in ganz geringer Konzentration drei andere, bis jetzt noch nicht identifizierte, reduzierende Stoffe auf, welche in den Imagines auch feststellbar sind. Die Konzentration der Glukose ändert sich während des Puppenstadiums nach der umgekehrten Form der U-artigen Kurve.

Der Vergleich der obenerwähnten U-Kurven zeigt eindeutig und auch zeitgemäß völlig gleich das Sinken der Intensität des Stoffwechsels und bei 28° C, vom 4. Tage an, eine ansteigende Aktivität. Über die in dieser Arbeit festgestellten Kurven hinausgehend zeigen die Vergleiche mit den von anderen Forschern stammenden U-Kurven, die durch verschiedene Experimenten bei anderen Insektengruppen festgestellt wurden, daß trotz der im übrigen verschiedenen Zeitdauer der Metamorphose gleichweise eine völlige Übereinstimmung besteht.

Tab. 1. Der Gang der transpiratorischen Wasserabgabe bei 54% rel. Luftfeuchtigkeit und 28° C.

Tab. 2. Der Gang der transpiratorischen Wasserabgabe bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit und 28° C.

Tab. 3. Die Konzentrationsänderungen der Gesamtglukose in den verschiedenen postembryonalen Lebensstadien.