

1. BEVEZETÉS

1.1. A téma jelentősége, előzmények

Doktori értekezésemet a Veszprémi Egyetem jogelődjénél, a Pannon Agrártudományi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Növényvédelmi Intézetének Növényvédelmi Állattani Tanszékén, Keszthelyen készítettem el.

Mivel a nevezett tanszék a rovarökológiai kísérletekhez szükséges infrastruktúrával – magyarországi viszonyok között – jól fel van szerelve, ezért esett témaválasztásom a rovartan olyan területére, amelyet a tanszék laboratóriumában meg tudtam oldani. A rovar, amellyel kísérleteket végeztem, a káposztalepke (*Pieris brassicae* L.) volt. Erről a rovarról köztudott, hogy laboratóriumban viszonylag könnyen tenyészthető, ezért várható volt, hogy a munkatervemben kitűzött célokat el tudom érni.

A Növényvédelmi Állattani Tanszéken régóta végeznek különböző kártevőkkel olyan jellegű ökológiai kísérleteket, amelyekben a hőmérséklet és a fotoperiódus együttes hatását vizsgálják az egyes populációk nyugalmi állapotára (dormancia).

A *P. brassicae* régóta ismert többnemzedékes kártevő Magyarországon, de részletes bionómiájával mindez ideig nem foglalkozott senki. A nemzetközi irodalomban, több adat található e rovarral kapcsolatban, de ezek az adatok más-más földrajzi szélességen élő populációk fejlődésmenetéről adnak tájékoztatást, tehát nem adaptálhatók a magyarországi viszonyokra.

A munkám, az ökológián belül az autökológiához tartozik. Ha végignézünk az elmúlt húsz esztendő növényi kártevőkkel foglalkozó irodalmán, azt látjuk, hogy azok túlnyomó többségükben szünökológiai természetűek, más szóval csak a növényállományokon élő rovarpopulációk életközösségeivel foglalkoznak. Véleményem szerint az életközösségekben tapasztalható kapcsolat-rendszereket sem tudjuk értelmezni helyesen addig, amíg nem ismerjük e közösségeket alkotó egyes fajok populációjának bionómiáját. Ezért választottam – programvezetőm javaslatával és irányításával – témául egy Magyarországon eddig autökológiai szempontból kevésbé ismert faj részletes ökológiai vizsgálatát, a kísérletes rovarökológia módszereivel.

A dolgozat a *P. brassicae*-ről készülő monográfia részének is tekinthető, ezért röviden leírtam a faj rendszertani beosztásától kezdve, a földrajzi elterjedésén és az egyes fejlődési alakok leírásán és fejlődésmenetén, valamint viselkedésén át a tulajdonképpeni hőmérsékleti és fotoperiódikus viszonyok tárgyalásáig szinte minden vonatkozását. Sőt még a parazitodokkal kapcsolatos eredményeket is felvettük röviden az értekezésbe.

A szakirodalomból csak a legszükségesebb információkat építettem be az anyagba; ennél sokkal bővebb a *P. brassicae*-ra vonatkozó ismeretanyag.

Úgy vélem, hogy munkám főbb pontjai új eredményekkel bővítik a magyarországi *P. brassicae*-vel összefüggő ismereteket.

1.2. A kutatás célja

Vizsgálataimmal az alábbi kérdések megválaszolásához kívántam hozzájárulni:

- Hogyan alakul a különböző hőmérsékleten és fotoperióduson felnevelt *P. brassicae* lárvák **lárvafejlődési ideje**?
- Miként befolyásolják a lárvákat érő eltérő hőmérsékleti és fotoperiódus viszonyok a **diapauzáló bábok arányát**?
- Milyen **mortalitási értékek** jelentkeznek különböző hőmérsékleten és fotoperióduson nevelt lárvapopuláció estében?
- Okoznak-e értékelhető – a lárvák **fejtörszélességében** megmutatkozó – morfológiai különbséget a lárvakori hőmérsékleti és fotoperiódus viszonyok?
- Hatással van-e a lárvákat érő eltérő hőmérséklet és fotoperiódus az **imágók fekunditására**?
- Hogyan alakul a káposztalepke évi **fejlődésmenete** adott klimatikus viszonyú évben?

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Elöljáróban említtem, hogy ezen fejezetbe néhány olyan saját megfigyelésemet is beépítettem, amelyek elsődlegesen a káposztalepke szabadban (inszektáriumban) történő nevelése, gyűjtése (káposztaföldön) közben születtek, és a párzásra, tojásrakásra, bábozódásra, stb. vonatkoznak.

2.1. A káposztalepke rendszertani helye és földrajzi elterjedése

A *P. brassicae* a lepkék (*Lepidoptera*) rendjébe, ezen belül a szabadszárnyú lepkék *Ditrysia* (*Elentheropterae*) alrendjébe tartozik. A faj az igazi fehérlepkék (*Pieridae*) családjának jellegzetes képviselője.

Annak idején Linnaeus (1758 in: Feltwell, 1982) valamennyi lepke elnevezésére a *Papilio* genus nevet használta, ezért munkájában a káposztalepkét *Papilio brassicae*-nak nevezte el. Schrank (1801 in: Feltwell, 1982) a káposztalepkét a *Pieris* genusba tette át. Latreille (1810 in: Feltwell, 1982) taxonómiai munkájában a *Papilio brassicae* L. fajt a *Pieris* típusának tekintette. A Nemzetközi Zoológiai Nomenklátúra Bizottság, a káposztalepke tudományos nevét *Pieris brassicae* L. fajként elfogadta.

A *P. brassicae* földrajzi elterjedésével először Kurentzov (1929) foglalkozott. Megállapította, hogy palearktikus faj, így Európában, a

Földközi-tenger melléki országokban, a Közel- és Közép-Keleten és India északi részén fordul elő. Pakisztánban, a Himalája környékén és Kínában a *P. brassicae*-nek alfaja található, amelynek neve *P. brassicae nepalensis*.

A Dél-Amerikában való elterjedéséről Gardiner (1974 in: Feltwell, 1982) készített elterjedési térképet.

2.2. A káposztalepke fejlődési alakjainak rövid leírása

2.2.1. Az imágó

Irodalmi adatok szerint (Frohawk, 1934) a nőstény lepkék átlagosan 76, a hímek pedig 63 mm szélesek. Bej-Bienko et al. (1949) a nőstények esetében átlagosan 60, a hímekében 55 mm szélességet állapított meg.

A szárnyak tejfehér vagy enyhén sárgás színűek. Az elülső szárnyak csúcán és a hátulsó szárnyak elülső peremén egy-egy fekete színű kerekded folt látható. A nőstények elülső szárnyain, egymás mögött két fekete, kerek alakú folt található. A hátulsó szárny színe fehér, csupán a csúcsi részén enyhén sárgás. A szárny közepén két fekete folt látható. A hímek elülső szárnyainak belső oldalán két fekete folt van, amely a külső oldalon majdnem mindig hiányzik.

A *Pieridae* családba tartozó többi fajéhoz hasonlóan, a csápízek laterális része csupasz, nincsenek rajta pikkelyek, de érzékelő serték (receptorok) találhatóak.

A pontszemek (ocellus) és az összetett szemek a csáptő mögött helyezkednek el.

Az ajaktapogatók (palpus labialis), a hasi oldalon található. Közöttük helyezkedik el a pödörnyelv, amelynek hossza Pontier (1949) szerint 16-18 mm. Mukerji (1961) indiai populáció egyedein 13 mm hosszúnak találta a pödörnyelvet.

A toron az első lábpár erősen fejlett, a két következő lábpáron egy-egy pár tüskeszerű sarkantyú található.

2.2.2. A tojás

Nagyszámú tojáson végzett méréseim szerint, a tojások átlagos hosszúsága $1,40 \pm 0,16$ mm, szélessége $0,58 \pm 0,07$ mm. Ezek az adatok megegyeznek az irodalomban található mérési adatokkal (Bartell, 1960 in: Feltwell, 1982). Alakjuk ívelt, kúpra emlékeztet. Színük, a lerakást követő órákban zöldes, majd 5-6 óra elteltével citromsárga színűre változik. A tojások felületét (chorion) 16 hosszanti, szabad szemmel is jól látható kiemelkedő borda díszíti. Ugyancsak 16 borda meglétéről ír az orosz Scsegolev (1949), viszont hazánkban Beczner et al. (1970) valamint Bognár és Huzián (1974) szerint csak 15 borda található.

2.2.3. A lárva

A lárvák alapszíne kékes-, ill. sárgászöld. Dorzális és laterális részeken sárga színű sáv húzódik végig. A lárvatesten fekete színű, kisebb-nagyobb foltokat visel.

A lárvának öt fejlődési fokozata van (L_1 - L_5). Az L_1 hossza közvetlenül a kikelés után 1,2-1,75 mm. Fejtokja aránytalanul nagy, színe

fénylő fekete. A fejtokon 6 pontszem (ocellus) található. Az L₂ testhossza 2,0-4,0 mm, a szemölcsök már feltűnőbbek rajtuk serteszőrökkel. A fejtok színe még az L₃ stádiumban is fénylő fekete, majd a harmadik vedlés után, az L₄ stádiumban a fejtok homloki részének közepén fehér folt jelenik meg. Az utolsó stádiumban (L₅) a fejtok hátulsó oldalán szürkés-fekete pontok tűnnek elő.

A lárvatest második és harmadik szelvényének találkozási helyén a laterális részen a kutikula színtelen, áttetsző, ezért a mögöttes helyen futó idegek és izmok szabad szemmel is láthatók. Feltwell (1982) szerint, a lárvatest ezen részeinek a fény érzékelésében is szerepe lehet, más szóval fotoreceptorokat működtet.

Néhány szóban még a lárván található szőrözetről írok, ugyanis ezeknek – mint azt más lepkeshernyők esetében is kimutatták (Danilevszkij, 1968; Müller, 1992) - szerepe lehet esetleg a nappalhosszúság érzékelésében.

A lárvafejen található szőrözet Hinton (1946) szerint erősen fejlett. A hosszú szőrök által fedett felület mindig nagyobb, mint a szőrtelen rész. Ahogy halad a lárvák fejlődése előre, úgy rövidül a szőrök hosszúsága a testszélességhez képest. Az L₂ stádiumban még a szőrök hosszúsága azonos a lárvatest szélességével. Az L₅ stádiumban már csak fele olyan hosszúak, mint a testszélesség. Feltwell (1982) szerint az L₅ stádiumban kétféle szőrtípust lehet megkülönböztetni: hosszú, enyhén görbült, fehér szőrök, amelyek a nagy fekete kitin foltokból (szemölcsök) erednek, valamint rövid és hosszú fekete szőrök, amelyek a fekete kitin foltok szélein erednek. Ezen kívül találhatóak kisebb fekete kitin foltok is, amelyekből szőröcskék nőnek ki.

A különböző fejlődési fokozatú lárvák szőrözöttségével van összefüggésben a *P. brassicae* egyik leggyakoribb parazitoidjának az *Apanteles glomeratus*-nak azon tulajdonsága, hogy mindig az L₁-es lárvákba helyezi el tojásait.

A kifejlődött, bábozódás előtt álló lárvák hossza 40-45, szélessége 5 mm.

2.2.4. A báb

A bábok hosszúsága 18-22 mm. Alakja feltűnően szögletes, a dorzális és laterális részén fekete pontokkal. Színe a környezettől függően változó, és erős szállal az aljzathoz kötött. Az egymást követő két nemzedékhez tartozó bábok között nagyságbeli és morfológiai különbség van. Az első nemzedékhez tartozó bábok nagyobbak, és a hátukon levő kitintüskék ez által jobban láthatók.

Johanson (1959) az Osló környékén gyűjtött bábok alapján leírta, hogy a báb hátán lévő tüskepár, amely a potroh harmadik szelvényén dorzolaterálisan helyezkedik el, csak a diapauza nélkül fejlődő bábokon jelentkezik. Kísérletében 462 diapauzáló bábbon nem talált egyetlen esetben sem tüskét. A nem diapauzáló 141 báb 15 %-a, egyéb jellemzők alapján, a két eltérő morfológiájú csoport közé esett.

Feltwell (1982) szerint a bábtüskék meglétét környezeti okokkal magyarázza, nevezetesen úgy gondolja, hogy ez biztosítja a bábok számára a predátorokkal szembeni védelmet (pl. gyíkokkal szemben).

A bábok ivari dimorfizmusát Jackson (1890 in: Feltwell, 1982) tanulmányozta részletesen, és azt találta, hogy a hímeknél a ductus

ejaculatoris nyílása sokkal kisebb, mint a nőstények két ivarnyílása.

2.3. A káposztalepke évi nemzedékszám és fejlődésmenete

Magyarországon általában évi két nemzedéke fejlődik (Balás és Sáringer, 1982). Ha korán tavaszodik, és hosszú meleg ősz van, ilyen években három nemzedék is előfordulhat (Manninger, 1960).

A nemzedékek száma összefügg azzal, hogy milyen földrajzi szélességű országban fejlődik a populáció. A földrajzi szélesség befolyásolja a hőmérsékleti és fotoperiódikus viszonyokat. Mindkettőnek döntő befolyása van a nemzedékszám kialakulására.

Irodalmi adatok alapján (Klein, 1932) Észak-Európában, Skóciában, Észak-Írországbán, Oroszországban (Leningrád – Szentpétervár) és Németországban (Berlin) évente csak egy nemzedék fejlődik. Előfordulhat, hogy ezekben a felsorolt országokban, extrém meleg évjárat esetén kétnemzedékű a faj fejlődése. Kétnemzedékűséget figyelt meg Belgiumban, Dániában, Írországbán, Hollandiában, Norvégiában, Skóciában és Svédországban Klein (1932).

Spitzer (1975 in: Feltwell, 1982) szerint Csehországban három nemzedék ritkán fordul elő. Ha mégis megfigyelhető, akkor az Morvaország területére korlátozódik. Szlovákia Magyarországgal határos alföldi területein is regisztráltak évi három nemzedéket.

Olaszországban Hoffsberger (1971 in: Feltwell, 1982), Hollandiában Eitschberger (1968 in: Feltwell, 1982), a skandináv országok déli vidékein Hangum (1976 in: Feltwell, 1982) szintén évi három nemzedék rajzásáról tesz említést.

Az évi hőmérsékleti viszonyoktól függően alakul az egyes nemzedékek rajzása. Kedvező években az első nemzedék májusban és júniusban rajzik. A második nemzedék július és augusztusban, a harmadik pedig augusztus végén, szeptemberben repül.

Starega (1975) szerint Lengyelországban az első nemzedék rajzása április végén kezdődik, és június közepén ér véget. A második nemzedék július közepe és szeptember eleje közötti időszakban, kedvező évben a harmadik nemzedék szeptember közepétől rajzik.

Olyan országokban, ahol a nyár mindig meleg, mint pl. Franciaország déli részén, Málta szigetén, Luxemburgban, Olaszország déli részén négy nemzedék előfordulása sem ritka.

Shapiro (1976) szerint a volt Szovjetunió déli területein (Astrakan, Taskent, Baku), továbbá Törökországban, Tuniszban, Líbiában, Nepálban és Észak-Indiában négy illetve öt nemzedék rajzását is megfigyelték.

Klein (1932) szerint a Közel-Keleten (Jaffa) két nemzedék is kifejlődhet. Ezekben az országokban egy-egy nemzedék kifejlődéséhez 25 napra van szükség (átlaghőmérséklet 25,3 °C). David és Gardiner (1962) laboratóriumi körülmények között, hasonló hőmérsékleten, szintén átlagosan 25 nap alatt nevelt fel egy nemzedéket.

David és Gardiner (1952) végzett részleges vizsgálatokat a nemek arányának megállapítása céljából, és azt találta, hogy a nőstények nagyobb számban fordultak elő, mint a hímek (1,05 ♀ : 1 ♂).

Williams (1958) közlése szerint, a migráló *P. brassicae* egyedek között a nőstények háromszorosan gyakoribban voltak, mint a hímek.

2.4. Az imágók viselkedése

2.4.1. A kirajzás módja

A lepkék kibújása a bábíngból Nicolson (1976) szerint kb. egy percet vesz igénybe. A frissen kibújt imágó rövid időn belül alkalmas helyet keres, ahol szárnyait kibontja, miközben már megindul a szárnyak száradása. A szárnyak száradásának gyorsasága a környezet hőmérséklete mellett a levegő nedvességtartalmától is függ. Vizsgálataim szerint, 22-25 °C körüli hőmérsékleten, száraz környezetben, mintegy 8 perc elteltével megmerevedtek a szárnyak. Nedves helyen ez az idő akár 120 percig is eltarthat.

Megemlítendő, hogy laboratóriumi megfigyeléseim szerint, a bábíngból kibújó imágók egy része sérült szárnyakkal jön a világra. Külföldi szerző, Gardiner (1963) megfigyelte, hogy a *P. brassicae* ab. *coelea* hím lepkék egymást követő két nemzedékben 2 %, a későbbi nemzedékekben pedig 80 % rendellenes szárnyakkal született. Az említett szerző véleménye szerint az ilyen egyedek nagyobb arányát a nyári magas hőmérséklet okozza. Véleményem szerint a levegő nedvességtartalma is hozzájárult a nagyszámú sérült szárnyú egyed kifejlődéséhez.

2.4.2. A párzás és a tojásrakás

A szabadba jutott, megkeményedett szárnyú lepkék rövidesen párzanak, amely során a hím a potrohát alulról a nőstény összecukott

szárnyai közé, a genitália felé hajlítja. Az aktus létrejötte után a hím ellenkező irányba fordulva helyezkedik el (David és Gardiner, 1961; Mukerji, 1961).

Benz (1970) megfigyelése szerint a nőstény felemelt potroha és nyitott szárnya a hím visszautasítását jelenti, más szerzők, korábban ezt a testtartást „elfogadásként” értékelték.

A párzás – laboratóriumi körülmények között végzett megfigyeléseim szerint – 20 és 32 °C-on történik. A 15 °C alatti hőmérsékleten a párzás szünetel. Chovet (1977) megfigyelte, hogy az alacsonyabb hőmérsékleti tartományban a párzás kb. 4 óránként ismétlődik meg, magasabb hőmérsékleteken azonban óránként is előfordul kopulálás.

A párzással kapcsolatban David és Gardiner (1961) a fény minőségét is vizsgálat tárgyává tették. Négy különböző fényforrást használtak, és megállapították, hogy a hagyományos villanyégők mellett, attól függően, hogy milyen volt a kibocsátott fény intenzitása (lux-értéke), különbözött a párzási idő. Nagyobb lux értékek mellett gyakoribb párzást figyelt meg. A higanygőz-lámpa, a közönséges fénycsövek és nátriumlámpa használatakor szünetelt a párzás. Saját, laboratóriumban és szabadföldön végzett kísérleteim szerint, a párzásra legjelentősebb hatása a természetes napsugárzásnak volt.

A párzást követő, második-harmadik napon belül kezdődik a tojáscsomók lerakása (Scsegolev, 1949). Vizsgálatai szerint a nőstények 7-150 db-os csomókban helyezik el a tojásaikat, a levél fonáki részére. A tojások nem tapadnak szorosan egymáshoz.

Arra vonatkozólag, hogy a tojáscsomókat milyen növényre helyezi el, az irodalomban eltérő adatok találhatók. Hevitt (1917) szerint, a *P.*

brassicae kizárólag a *Cruciferae* családba tartozó növényegyedekre rakja le a tojáscsomóit. Zeltwell (1982 in: Feltwell, 1982) viszont azt közölte, hogy megfigyelte a *Tropaeolaceae* és *Capperaceae* növény családba tartozó fajokon is a tojáscsomókat.

Saját, két éven át (1994-1995) végzett, szabadföldi megfigyeléseim azt bizonyították, hogy csak a *Cruciferae* családba tartozó fajokon fordulhat elő tojáscsomó.

2.5. A káposztalepke lárvák fejlődése és viselkedése

A 20-22 °C-os laboratóriumi hőmérsékleten az embrionális fejlődés 8-10 napig tartott. A kikelt fiatal lárvák (L₁) a kikelés után alig mozognak, együtt maradnak az üres tojáscsomón. Találtam olyan tojáscsomót is, amelyet a friss lárvák részben megettek, de a tojáscsomó chorionjának elfogyasztása nem volt általános.

A kikelt lárvák 6-14 óráig együtt maradnak, majd szétszéledve megkezdik a levél fonáki oldalán a hámozgatást. Egy nap elteltével már egymástól távol, nem teljesen önálló életet élnek, hanem négyes-ötös csoportokban, a káposztalevél fonákán és a színén táplálkoznak. Ahogy a lárvafejlődés előrehalad, úgy a hámozgatás apró, majd egyre nagyobb lyuggatásba megy át. Az L₃ és L₄-es fejlődési stádiumban lévő lárvák teljesen önálló életet élnek a káposztanövényen.

A lárvák, fejlődésük során négyszer vedlenek, tehát öt fejlődési stádiumuk van.

A lárvák fejlődési fokozatainak száma tekintetében, az általában tapasztalt öt fejlődési fokozattal nem egyező adatok is találhatóak az

irodalomban. Így Klein (1932) Palesztinában (akkor még nem volt Izrael állam, utóbbi 1948-ban alakult), 15-25 °C-os hőmérsékleten tartott tenyészeiben ingadozó fejlődési stádium-számot figyelt meg. Nevezetesen azt írja, hogy három és öt között változott a fejlődési stádiumok száma. Ezzel szemben Gardiner (1978) kísérleteiben az én vizsgálataimhoz hasonlóan, minden esetben öt fejlődési stádiumot állapított meg. Az orosz Scsegolev (1949) és a magyar Ubrizsy és Reichart (1958) szintén öt lárvastádiumról tesznek említést.

2.6. A káposztalepke bábozódása és áttelelése

Megfigyeléseim szerint a kifejlett, táplálkozásukat befejezett lárvák, elhagyják a növényeket, és azok közvetlen közelében, a legkülönbözőbb fajokhoz tartozó növények szárain, ha a közelben van, kerítések lécein, sőt házak falán is bebábozódnak. Nagyon ritka esetben, főleg a nyári nemzedékek lárvái a káposzta levelein bábozódtak be. Az orosz Scsegolev (1949) alapvető munkájában is hasonló bábozódási helyeket említ.

Az Indiában végzett vizsgálatok alapján Mukerji (1961) azt írja, hogy a *P. brassicae* a talajban is bábozódik. Ehhez hasonló adatot a *P. brassicae*-val foglalkozó irodalomban nem találtam.

Gardiner (1978) megállapítása szerint, megegyezően saját megfigyeléseimmel, azok a lárvák, amelyekből áttelelő bábok fejlődnek, gyakrabban helyezkednek el vízszintesen, mint függőlegesen. Véleménye szerint az ilyen helyzetben áttelelő báboknak nagyobb esélyük van az áttelelésre.

A káposztalepke lárva a bábozódás előtt, a pupa cingulata részére kis fonalpárnát, és a toron átvett hurkot készít.

A bábállapot ideje a nyári nemzedékekig bezárólag, elsősorban a hőmérséklet függvénye. Szabadföldi inszektáriumban tartott bábokból, 8-17 napi bábállapot után, kikeltek a lepkék.

A nyár végén bábozódó egyedek már áttelelnek, úgynevezett nyugalmi (dormancia) állapotban, amely a nappalok rövidülésével, más szóval a fotoperiódussal áll összefüggésben. (Erről bővebben a következő fejezetekben lesz szó.)

2.7. A káposztalepke természetes ellenségei

A **parazitoidoknak** – különösen a *Hymenoptera* rendbe tartozóknak – nagy jelentősége van a káposztalepke populáció dinamikájának alakulásában. A káposztalepke-parazitoidok polifágok (nem ismeretes csak erre a rovarfajra specializálódott parazitoid).

A *P. brassicae* legismertebb **tojásparazitoidja** a *Trichogramma evanescens* WESTWOOD. Mustata és Andriescu (1973 in: Feltwell, 1982) megállapította, hogy a gazdaállat tojásaiban, tojásonként 1-4 *T. evanescens* egyed fejlődhet ki. Már a 70-es évek közepén eredményesen használták ezt a tojásparazitoidot a biológiai védekezésben (Moiseeva et al., 1975).

A szakirodalmi megállapítások szerint a káposztalepke legjelentősebb **lárva-parazitoidja** az *Apanteles glomeratus* L. E faj nőténye az első stádiumú káposztalepke lárvába teszi a tojásait (Ormerod, 1884; Gautier, 1918; Gatenby, 1918, 1919 in: Feltwell, 1982). Az *A. glomeratus* L.

hatékonysága a természetben 1-100 % között mozog (Feltwell, 1982). Az említett szerző ezen megállapítását különböző országokból és eltérő évekből származó adatokra alapozta.

Maslennikova (1958 in: Viktorov, 1976) diapauza vizsgálatai során azt állapította meg, hogy a káposztalepke lárvájában fejlődő *A. glomeratus* fotoperiódus változásra adott reakciója csak 20 °C-on egyezik meg a gazdaállatával. Alacsonyabb (15 °C), ill. magasabb (25-26 °C) hőmérsékleten a parazitoid és a *P. brassicae* diapauza %-ban megnyilvánuló fotoperiódus reakciója nagyon különbözik egymástól.

A káposztalepke lárvaparazitoidjai közé tartozik a *Hyposoter ebenimus* GRAVENHORST is. Ez a parazitoid a gazdaállaton belül bábozódik (szemben az *A. glomeratus*-szal).

A káposztalepke **bábparazitoidok** közül a leggyakoribb a *Pteromalus puparium* LINNAEUS nevű faj. A *P. puparium* nőténye a frissen bábozódott *P. brassicae*-ba rakja tojásait. Turner (1933 in: Feltwell, 1982) egy alkalommal, egy parazitált *P. brassicae* bábból 224 hím és 7 nőtény *P. puparium* imágó előjövételét regisztrálta.

A káposztalepke bábparazitoidjai közé tartozik még a *Hemiteles melanarius* GRAVENHORST, a *Pimpla instigator* FABR. és a *Pimpla turionallae* L.

A **Diptera** rendbe tartozó *P. brassicae* **parazitoidok** öt rovarcsaládból (*Drosophilidae*, *Phoridae*, *Sarcophagidae*, *Syrphidae*, *Tachinidae*) kerülnek ki. A legjobban ismert faj a *Tachinidae* családhoz tartozó *Compsilura concinnata* MEIGEN.

A *Nematoda* osztályba tartozó endoparazitoid fonálféreg, a *Neoplectana feltiae pieridum* káposztalepke-gyérítő szerepéről Stanuszek (1974 in: Feltwell, 1982) számolt be.

A káposztalepke **rovarpredátorai** közül a *Hymenoptera* rendhez tartozó hangya- és darázsfajok, néhány poloska (*Heteroptera*), ill. a *Coleoptera* rendhez tartozó néhány levélbogár érdemel figyelmet.

A **madarak** közül Feltwell (1982) harminc olyan fajt sorol fel, amelyek pusztítják a káposztalepke lárvákat.

Más állatcsoportba tartozó predátorok közül érdekes Roer (1975 in: Feltwell, 1982) háziegérre vonatkozó megfigyelése, mely szerint az meg tudja különböztetni a parazitált, ill. a nem parazitált káposztalepke bábót, és csak a parazitáltakat fogyasztja el. A gyíkoknak és békáknak is kedvelt tápláléka a káposztalepke lárva.

A **rovarevő növények** közül Williams (1958 in: Feltwell, 1982) megfigyelései szerint egy, a *Drosera* genusba tartozó növényfaj, az Essex szigeten több millió, migráló *P. brassicae* imágót ejtett csapdába hektáronként.

A **rovarpatogén baktériumok, vírusok és gombák** közül figyelemre méltó a *Bacillus thuringiensis* BERLINER baktérium *P. brassicae* lárvákra gyakorolt pusztító hatása. A bakteriális készítmények, pl. Dipel, Bactucid, stb. eredményesen használhatók a *P. brassicae* elleni biológiai védekezésben.

A **káposztalepke lárvákat megbetegítő vírusok** közül a két leggyakoribb típus a *granulosis virus* (GV) és a *cytoplasmatic polyedrosis virus* (CPV).

A rovarpatogén gombák közül a *Beauveria bassiana*-t használták fel először a káposztalepke elleni védekezésben (Arnaud, 1923; Pospelov, 1938, 1944 in: Feltwell, 1982). Finnországban Kanerv (1946 in: Feltwell, 1982) a *P. brassicae* ellen jelentős sikerrel használta fel az *Entomophthora sphaerosperma* nevű gombát. Burges (1981) szerint, némely lepkefaj esetében eredményes lehet a rovarpatogén gombák felhasználása, a káposztalepke esetében azonban kétségbe vonta ennek sikerét.

2.8. A rovarok nyugalmi állapota

2.8.1. A nyugalmi állapot általános irodalmi áttekintése

Az élő szervezetek életük folyamán, fejlődésük meghatározott fejlődési szakaszában, nyugalmi állapotban képesek maradni. Ez a tulajdonságuk az állandóan változó környezet hatására alakult ki a törzsfajlás során.

A nyugalmi állapotok között nagy különbségek vannak, elsődlegesen a nyugalmi állapotot előidéző okok különbözőségében és a nyugalmi állapot mélységében. Ez képezi az alapját a nyugalmi állapotok osztályozásának.

Ábrahám (1961) két csoportot állít szembe: az aktív életet (szembetűnő életjelenségek) a latens étellel (nincsenek észrevehető életjelenségek).

Keilin (1959 in: Sáringer, 1972) két nagy csoportot állít fel, egyik a cryptobiozis (a szervezet nem mutat anyagcserét), a másik a dormancy (az anyagcsere erősen lecsökkent). A dormancy néven említett nyugalmi

állapothoz sorolja a hibernációt, az esztivációt, a kvieszcenciát és a diapauzát.

Varjas (1963) újabb csoportosításában javasolja, hogy a dormancy állapoton belül különítsük el a primer dormancy csoportot (mindazon nyugalmi állapotok, amelyeket közvetlenül valamilyen kedvezőtlen tényező – hideg, szárazság, táplálékhiány – vált ki, és a szervezetek életének bármelyik időszakában felléphetnek), és a szekunder dormancy csoportot (mindazon nyugalmi állapotok, amelyek a természetben általában a szervezet életsiklusának részeként jelentkeznek).

A rovarok nyugalmi állapotára vonatkozó első igazi kísérleteket Duclaux (1869, in: Bonnemaïson, 1945) végezte a selyemlepkével (*Bombyx mori* L.)

A nyugalmi állapotok osztályozásának és nevezéktanának vitájába az ausztráliai Andrewartha (1952) is bekapcsolódva, két típust különböztetett meg: úgymint a kvieszcenciát és a diapauzát. A nevezett szerző osztályozását szerte a világon elfogadták, és a hazai szakirodalomban is az Andrewartha-féle nevezéktan használatos (Sáring, 1976).

Kvieszcencia illetve merevség a kedvezőtlen külső tényezők hatására jön létre, és az e hatásoknak kitett fejlődési alakok szinte azonnal nyugalmi állapotba kerülnek. A kedvezőtlen tényezők elmúltával a nyugalmi állapot megszűnik, és a fejlődési alak tovább folytatja élettevékenységét. Czencz (1973a) a káposztamoly (*Plutella maculipennis* CURT.) telelési jellegzetességeit vizsgálva, arra a következtetésre jutott, hogy e faj téli nyugalmi állapota is kvieszcenciának tekinthető.

A **diapauza** illetve nyugvás a nyugalmi állapotnak az az esete, ami akkor is fellép, ha a környezeti tényezők esetleg kedvezőek. Az állat szervezetében mélyreható fiziológiai átalakulás megy végbe, ezért megszűnéséhez fajoként változó hosszúságú időre van szükség, abban az esetben is, amikor a tényezők optimálisak. A diapauza kétféle lehet: obligát (valódi) és fakultatív (feltételes). Ez utóbbi csoportosítás Steinberg és Kamensky (1936 in: Sáringer, 1972) nevéhez fűződik.

Obligát illetve valódi diapauza a környezeti viszonyoktól függetlenül lép fel, és örökletesen determinált. Az évi egynemzedékes (uni-voltin) fajoknál fordul elő (pl. mustárbogár *Colaphellus sophiae* SCHALL/, máktokormányos *Ceutorhynchus maculaalba* HERBST/, repceszárormányos *C. quadridens* PANZER/), mint azt Sáringer (1960) is igazolta.

Fakultatív vagy feltételes diapauzát a környezeti tényezők közül elsősorban a fotoperiódus váltja ki. Erre a nyugalmi állapotra jellemző, hogy a diapauzáló fejlődési alak mindig más, mint a diapauzát meghatározó, fotoperiódusra érzékeny fejlődési alak. Ez a nyugalmi állapot az évi többnemzedékes (multi-voltin) fajoknál érvényesül, mint pl. a burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) vagy az amerikai fehér szövőlepke (*Hyphantria cunea* DRURY) esetében is ismeretes (Jermy és Sáringer, 1955).

A fotoperiódus jelentőségét a rovarok életében először Marchovitch (1923, 1924 in: Sáringer, 1976) mutatta ki levéltetűvel végzett kísérleteiben, mely szerint az *Aphis forbesi* WEED elevenszülő alakjainak kialakulása a nappalok hosszától függ. Kogure (1933 in: Lees, 1955) megállapította, hogy a *Bombyx mori* L. embrionális diapauzáját az anyai szervezetet ért fotoperiódus váltja ki. Lees (1955) monográfiájában a

fotoperiódus és diapauza közötti ökológiai vonatkozásokon túlmenően fiziológiai kérdéseket is tárgyalt. A hazai fotoperiódus és diapauza kutatások Jermy és Sáringer vezetésével 1952-ben kezdődtek el. Danilevszkij monográfiában (1961, 1968) foglalta össze az általa vezetett kutatócsoport, második világháborút követően elkezdett mélyreható diapauza és fotoperiódus kutatásainak eredményeit és az idevonatkozó világirodalmat. A rovarokat Danilevszkij (1948) – a fotoperiódusra adott válaszuk alapján – hosszú- és rövidnappalos, valamint átmeneti típusba javasolta sorolni.

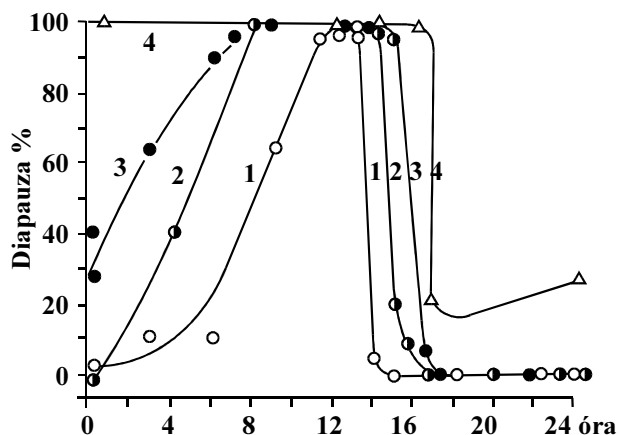
A hosszúnappalos-fajok fejlődése hosszú nappalon (13-15 óránál hosszabb napi megvilágítás) diapauza nélkül történik. Rövid nappalon (13 óránál rövidebb napi megvilágítás) az egyes fajok fejlődése nem mutat egységes képet. Így pl. a *Grapholita molesta* BUSC. diapauza százaléka már napi LD 10:14 órás fotoperiódus alatt erősen csökken, az *Acronyta rumicis* L. fajnál pedig csak LD 7:17 órai fotoperióduson áll be hirtelen csökkenés.

Nagyon érdekes a *Leptinotarsa decemlineata* SAY viselkedése. Hosszúnappalon a populációnak kb. csak a 80 %-a fejlődik diapauza nélkül, a többi diapauzál. Rövid nappalon az egész burgonyabogár populáció diapauzál.

A hosszúnappalos rovarok görbéin végigtekintve (1. ábra) látható egy rendkívül meredek szakasz, melyet kritikus fotoperiódusnak vagy kritikus megvilágítási szakasznak, illetve időnek nevezünk.

A mérsékelt égövben, a mi 46-48. szélességi fokunkon a rovarok fejlődésére alkalmas időszakban (márciustól szeptember végéig) nagyjából 13 és 16 óra között változik a nappalhosszúság, és a

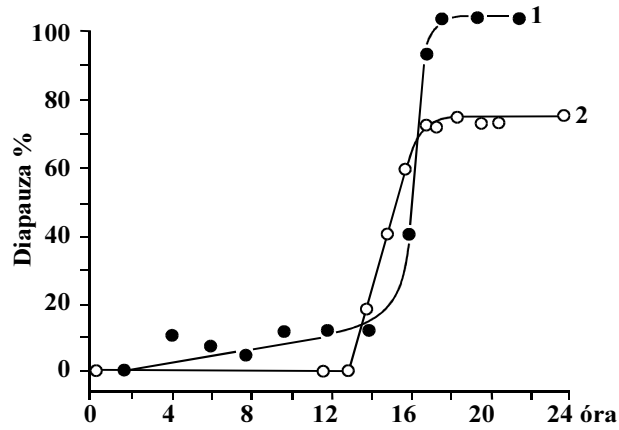
fotoperiódus által indukált diapauza-görbékéből, gyakorlati szempontból csak ez a szakasz érdekes számunkra.



1. *Laspeyresia molesta* BUSCK. 24 °C-on (Dickson, 1949 nyomán);
2. *Pieris brassicae* L. 24 °C-on (Danilevszkij és Geispits, 1948 nyomán); *Acronycta rumicis* L. 26 °C-on (Danilevszkij, 1961 nyomán);
4. *Leptinotarsa decemlineata* SAY 24 °C-on (De Wilde et al., 1958 nyomán).

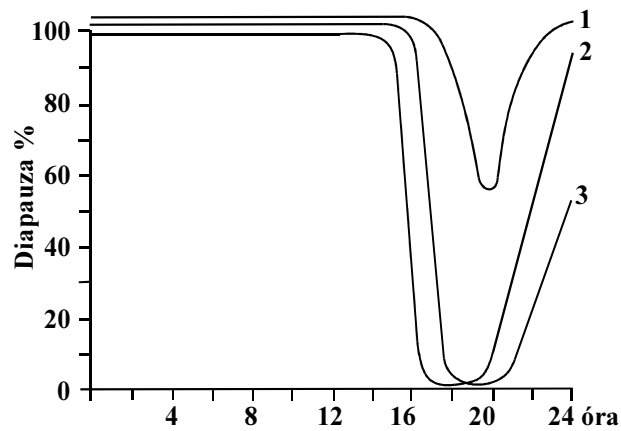
1. ábra: Néhány hosszúnappalos-fajra jellemző diapauza görbe

A **rövidnappalos-fajokhoz** tartozó rovarfajok rövid nappalon megszakítás nélkül fejlődnek, és hosszúnappalon lépnek diapauzába. Ennek a csoportnak legismertebb képviselője a *Bombyx mori* L. bivoltin rassza (Kogure, 1933). A 2. ábrán látható, hogy ennél a fajnál a hosszúnappalon sem lép fel diapauza 100 %-ban, csak mintegy 70 %-ban. A *B. mori* tojás állapotban diapauzál.



1. *Stenocranus minutus* F. (Müller, 1958 nyomán); 2. *Bombyx mori* L. (Kogure, 1933 nyomán)

2. **ábra:** A rövidnappalos-fajok jellegzetes diapauza-görbéje



1. *Leucoma salicis* L., 2. *Euproctis similis* FUESSL. (Geispits, 1953 nyomán); 3. *Ostrinia nubilalis* HÜBN. északi forma (Danilevskij, 1961 nyomán)

3. **ábra:** Az átmeneti (intermedier) típushoz tartozó fajok diapauza-görbéje

Az átmeneti (intermedier) típushoz tartozó fajok diapauza nélküli fejlődése csak egy szűk fotoperiódus intervallumon belül mehet végbe (LD 18:6 - 20:4 órai fotoperiódus). A rövid nappalok hatása alatt vizsgált fajok 100 %-ban diapauzálnak, ami a 3. ábrán látható. Az ebbe a típusba tartozó fajok nem egységesen reagálnak a fotoperiódusra.

A Danilevszkij (1948) által javasolt fentebbi hármas csoportosítás elégtelennek bizonyult. Lees (1968 in: Sáringer, 1972) munkájában már a két szélső csoport (rövid- és hosszúnappalos) mellett rövid-hosszú nappalos és hosszú-rövid nappalos csoportot is megkülönböztet.

2.8.2. A káposztalepke nyugalmi állapotára vonatkozó irodalmi áttekintés

A *P. brassicae* nyugalmi állapotának vizsgálatával érdemben legtöbbet orosz, német és francia kutatók foglalkoztak. Maercks (1934) és Kozhanchikov (1936) laboratóriumi körülmények között megállapította, hogy a *P. brassicae* diapauza hőmérsékleti küszöbértéke (teljes sötétségben) 20 és 22 °C között ingadozik. Danilevszkij (1948) osztályozása szerint a *P. brassicae* a hosszúnappalos rovarfajokhoz tartozik.

Danilevszkij és Gorysin (1960) megállapítása szerint, a hosszúnappalos rovarfajoknál a magas hőmérséklet képes feloldani a fotoperiódus hatását. A rövid nappalon diapauzáló egyedek nyugalmi állapotát a 30 °C körüli hőmérséklet képes megzavarni. Teljes 24 órás sötétségben és 20 °C fölött kinevelődött *P. brassicae* bábpopuláció nem diapauzált, de a hőmérséklet csökkenésével, már 15 °C-on a *P. brassicae*

populációnak 80 %-a diapauzált. Továbbá megállapították, hogy a 24 órás megvilágítás mellett nevelt *P. brassicae* lárvapopuláció báb utódai még a 12 °C-os hőmérsékleten sem diapauzáltak.

Danilevszkij és Glinjanaja (1949) megállapításai szerint a teljes sötétségben nevelődött rovarok jobban érzékelik a hőmérséklet változásait.

Danilevszkij (1957) szerint a fotoperiódus hatása a *P. brassicae* európai rasszának fejlődésmenetére legjobban 15 és 26 °C között érvényesült. E hőmérsékleti határon belül a kritikus megvilágítás hosszúságának értéke gyakorlatilag nem változott, míg 29 °C és 30 °C-on a fotoperiódus diapauzát indukáló hatása nem érvényesült.

Gorüsin (1955) megfigyelte, hogy az alacsony éjszakai hőmérsékletek nem változtatták a kritikus fotoperiódus értékét, de a magas éjszakai hőmérsékletek úgy oldották fel a diapauza hatását, mint ha azok 24 órán át hatottak volna. Ebből az adatból megállapítható, hogy a kritikus fotoperiódus értékére nagyobb hatással van az éjszakai, mint a nappali hőmérséklet szintje. A hőmérsékletnek nagy hatása van a fenológiai viszonyok alakulására, amely függ a fotoperiódustól. Ez is magyarázza, hogy a természetben a diapauza bekövetkezésének ideje, a különböző hőmérsékletű években jelentősen változik. Másik oldalról pedig közismert, hogy a nappal hosszúsága befolyásolhatja a diapauza hőmérsékleti küszöbértékét.

Danilevszkij (1961) azt tapasztalta, hogy a Szent-Pétervár környéki *P. brassicae* populáció első nemzedéke – amely a júniusi hosszú nappalon fejlődik – soha sem diapauzál, pedig a hőmérséklet nem ritkán 15 °C-nál is alacsonyabb. A második (őszi) nemzedék rövid nappalon fejlődik,

amikor is előfordul, hogy a hőmérséklet magasabb, mint az első nemzedék fejlődésénél volt (20 °C-22 °C), és a hernyók mégis diapauzáló bábokká alakulnak át.

Dumortier és Brunnarius (1977) megállapították, hogy 8 °C különbség – a 13-21 °C hőmérséklet intervallumon belül – hatásos a diapauza indukció megváltoztatásában.

Az eddigi vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a fotoperiódusreakció hatékony hőmérsékleti intervallum optimuma olyan hőmérsékleti értékeken található, amelyek a fotoperiódusra érzékeny stádiumok fejlődéséhez a legkedvezőbbek.

Sok bábalakban diapauzáló rovarfaj ismeretes, ide sorolható a *P. brassicae* is. Ezek a fajok egy korábbi fejlődési stádiumban érzékelik azt a fotoperiódust, amely meghatározza pupális diapauzájukat. Danilevszkij (1948) megállapításai szerint a *P. brassicae* lárvák fényérzékenysége az egész fejlődés menet alatt állandó. A *P. brassicae* populációk 100 %-os diapauzájához (18-19 °C mellett) 10-11 órás (rövid) fotoperiódus hatása szükséges.

A francia Claret (1966 in: Beck, 1980) szerint a *P. brassicae* báb-diapauzája a két utolsó fejlődési fokozat (L₄-L₅) fotoperiódusviszonyaitól függ, de a diapauza bekövetkeztét meg lehet akadályozni hosszúnappalok hatásával, bármelyik lárvastádiumban, egészen az ötödik lárvastádium kezdetéig.

Spieth (1995) megállapította, hogy a *P. brassicae* esetében a fény és sötétség ciklusra való érzékenység a második lárvastádiumban kezdődik, és a legérzékenyebb a vedlés utáni második napon. Ez az érzékenység az ötödik lárvastádiumig tart, azután rohamosan csökken, és a bábozódás

előtt megszűnik. Véleménye szerint ez a fotoperiódus-érzékenység fajspecifikus, és különböző populációkra vonatkoztatva is állandó. Figyelemre méltó megfigyelés, hogy a *P. brassicae* esetében – ellentétben a többi fajjal – a fotoperiódus-reakcióban kevésbé látszanak a különbségek, a különböző földrajzi populációk között (Danilevszkij, 1957).

Bünning és Jörrens (1962) valamint Danilevszkij (1968) megállapításai szerint létezik egy naphosszúsági küszöbérték, amely segítségével a *P. brassicae* képes megkülönböztetni a rövid és a hosszú nappalok ciklusát. Ez a „minőségi” érzékelése a rövid és hosszú fotoperiódusoknak a rovarok többségénél és néhány atkafajnál is ismerős. Tyshenko és Goryshin (1979) valamint Volkovics és Gorüşhin (1982) is megerősítették ezt az állítást a *P. brassicae* esetében. Spieth (1985 in: Spieth and Sauer, 1991) későbbi kísérletei azonban kétségbe vonták azt a tény, hogy a *P. brassicae* diapauza indukcióban működik ez a küszöb, amely a fotoperiódus hosszúságát rövid, illetve hosszú napokra osztályozza.

Veerman és mts. (1988) szerint egy rövid nap értéke nem mindig felel meg egy indukáló eseménynek, és változhat is a mennyisége. A mennyiségi úton történő fotoperiódus-mérést Zaslavszkij és Fomenko (1980) megerősítették.

Zaslavskiy (1988) kidolgozta a fotoperiódus és hőmérséklet fiziológiai hatásának modelljét. Munkájában másképpen osztályozza a rovarokat a fotoperiódusra adott válaszuk alapján; úgy hogy a Danilevszkij (1948) féle osztályozást kibővíti. A *P. brassicae*-nél a fotoperiódusra adott választ úgy határozza meg, mint minőségi (a fotoperiódus hatása a

diapauzáló és tovább fejlődő egyedek százalékában nyilvánul meg), hosszúnappalos, küszöbös (a hosszúnappalos állatok görbéin végigtekintve, a fotoperiódus-skála szűk szakaszában láthatunk egy rendkívül meredek ugrást), nem-lépcsős (a fotoperiódus változásaira adott választ – a diapauza görbék alapján – meg lehet előre határozni). Az utolsó (nem-lépcsős) típusú válasz nem mindig válik be igazán.

Annak ellenére, hogy a *P. brassicae* északi rasszának fotoperiódus küszöbe nagyon stabil – ezt a laboratóriumi (konstans hőmérsékleten, klímakamrában) és természeti körülmények között végzett kísérletek eredményei egyaránt igazolták – Danilevszkij (1961), valamint Gorüsin és Tüscsenko (1968) különböző években végzett kísérletei azt mutatták, hogy a természetben lévő populációk jóval korábban vonulnak diapauzába, mint ezt a fotoperiódus küszöb indokolná. Gorüsin és Geiszpic (1975) ezt az esetet a *P. brassicae* reggeli és koraesti órákban észlelt csökkent fényérzékenységgel magyarázták, ami azt jelenti, hogy az aktív fotoperiódus rövidebb annál, mint amennyi Danilevszkij (1968) kísérleteiben szerepel.

A *P. brassicae*-nél korábban elkezdődő diapauza az őszi nap fokozatos rövidülésével magyarázható.

Hasonló esetről Sáringer (1967, 1970, 1971), valamint Deseő és Sáringer (1975) *Grapholitha funebrana*-ról írt munkáiban olvashatunk. Kísérleti eredményeik szerint 17 órás fotoperióduson (leghosszabb Magyarországon), a szilvamoly hernyópopulációnak 25-55 %-a diapauzált.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Megfigyeléseimet a Keszthelyi Mezőgazdaságtudományi Kar Növényvédelmi Intézetében végeztem 1994-1995-ben.

A megfigyelések helyszínei és típusai röviden az alábbiak voltak:

Klímakamrás megfigyelések fotoboxokban



4. ábra: Klímakamra fotoboxokkal (a levett ajtajú boxokban a higrosztátok láthatók)

- Lárvanevelés higrosztátokban (L₁-től a bábállapotig).
 - a) 23 °C-on 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágítás mellett
 - b) 25 °C-on 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágítás mellett
 - c) 28 °C-on 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágítás mellettA fotoperiódusokat számtani haladvány szerint választottuk, a hőmérsékleteket viszont növekvő léptékben.
- Cél a különböző hőmérsékleten és fotoperióduson nevelt hernyópopulációk esetében meghatározni a lárvafejlődési időt (stádiumonként), a mortalitási százalékot, továbbá megállapítani a diapauzaszázalékot is.

Inspektáriumos megfigyelések

- Termékenység-vizsgálat.
- Egyedfejlődési vizsgálat, nemzedékszám megállapítása.
- Lárva-, illetve bábparazitáltsági vizsgálatok.

Mikroszkópos vizsgálatok, morfológiai megfigyelések

- Az egyes morfológiai alakok leírása.
- A különböző feltételek között (fotoperiódus, hőmérséklet) nevelődött káposztalepke lárvák fejtök szélességének mérése.
- L₅-ös stádiumban lévő lárva tor- és potrohszelvényeinek, valamint fejtök chaetotaxiájának elkészítése.

3.1. Klímakamrás megfigyelések

A klímakamrás megfigyeléseket 1994. június 6-án kezdtem el (első kísérletsorozat) az Intézet Rovarökológiai Laboratóriumában, amelyekhez a káposztalepke tojásokat az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetéből, dr. Varjas Lászlótól kaptam. A megfigyelések, a tojásokból kikelt L₁-es stádiumú lárvákra alapozódtak (5. ábra).



5. ábra: Káposztalepke tojáscsomó és L₁-es stádiumú lárvák

A kikelt lárvákat természetes tápnövényen - higrosztátokban elhelyezett fejes káposzta (*Brassica oleracea* convar. capitata var. alba) leveleken neveltem fel 23 °C-os klímakamrában, LD 13:11, 14:10, 15:9, 16:8, 17:7 megvilágítású fotoboxokban. Hőmérsékletenként és

fotoperiódusonként (minden vizsgálatban), 25-25 lárvát neveltünk fel. Higrosztátonként egy-egy lárvát. A higrosztátok 12 cm átmérőjű, vízzel félig töltött, kerek üvegedényből álltak, amelyeket vászonnal fedtem le. A vászonra szűrőpapír korongot helyeztem, majd erre került az 5 cm magas, Petri-csészéhez hasonló üvegborító. Ez utóbbiak helyére, a bábido végén – a lepkék számára nagyobb helyet biztosító – 22 cm magas izolátorhengerek kerültek.

A másik laboratóriumi kísérletsorozat 1994. október 18-án kezdődött, LD 25 °C-on, 13:11, 15:9 és 17:7 megvilágításon. Mivel a klímakamrákban egyszerre csak 3 fotobox volt használható, a 14 és 16 órás megvilágítás csak ismételt kísérlet beállításával volt lehetséges. Ennek megvalósítását nehezítette a tojások begyűjtése a késő őszi időszakban. A nevelés során feljegyeztem a lárvák pusztulását (ez alkalommal került sor a káposztalevelek cseréjére is), továbbá – finom ecsettel – kigyűjtöttem a levedlett fejtokokat (hőmérsékletenként és fotoperiódusonként elkülönítve). A megfigyelések fontos részét képezte a diapauzáló bábok, ill. a továbbfejlődő egyedek számának feljegyzése is.

A fotoperiódusnak és a hőmérsékletnek a káposztalepke egyedfejlődésére, illetve diapauza viszonyára gyakorolt hatását 1995-ben tovább vizsgáltuk. Az alábbiakban ismertetésre kerülő vizsgálat módszere az előző évihez hasonló volt, a hőmérsékleti értékek megváltoztatásával.

Az 1995. évi első laboratóriumi kísérletsorozat május 22-én kezdődött. A káposztalepke tojásaiból kikelt lárvákat természetes tápnövényen – higrosztátokban elhelyezett káposztaleveleken – neveltük fel, 25 °C-os klímakamrában, LD 14:10, 16:8 megvilágítású

fotoboxokban, illetve 28 °C-os klímakamrában, LD 13:11, 14:10 megvilágítású fotoboxokban. A második kísérletsorozat, amely 1995. július 7-én kezdődött, 28 °C-on és LD 15:9, 16:8, 17:7 fotoperióduson történt.

3.2. Inszektáriumos megfigyelések

3.2.1. A fekunditás vizsgálata

A termékenységi vizsgálatok többségét a Növényvédelmi Intézet (Keszthely) kertjében álló, fáktól árnyékolt, de széljárta szabadföldi inszektáriumban végeztem. Az imágók négy, 50 cm magas, 25 cm szélességű és mélységű, barackmoly tenyésztésére használt ketrecekbe kerültek (ketrecenként 5 nőtény és 5 hím). Az izolátorokba, az imágók számára virágzó gyomnövényeket és művirághoz hasonló edényekbe mézes vizet tettünk, illetve a tojásrakó nőtényeknek cserepes káposztanövényeket biztosítottunk. Az őszi időszakban a termékenységi vizsgálatot laboratóriumban folytattuk, hasonló táplálkozási és tojásrakási feltételekkel, mint az inszektáriumban. A párzás és tojásrakás megfigyelése (a laboratórium 20-22 °C-os átlaghőmérsékletű helyiségében elhelyezett) 150 cm hosszú, 100 cm széles és 70 cm magas, favázás, tüllel borított és két kis ajtóval ellátott ketreccben történt. A megfelelő megvilágítást (több mint 4500 Lux – Luxmérővel kontrollálva) az izolátor feletti neonsövek illetve néhány asztali lámpa biztosította. A módszerünk a David és Gardiner (1952, 1961) által leírt nevelési módszerhez hasonlít.

3.2.2. Egyedfejlődés és nemzedékszám megállapítása

A szabadföldi inszektáriumban végzett kísérletek során megfigyeléseket végeztem a *P. brassicae* egyedfejlődésére vonatkozóan is. A Pölöskei Fajtakísérleti Állomás káposzta-parcelláin, rovarháló segítségével begyűjtött káposztalepke imágókat „barackmoly ketrecre” helyeztem. Az imágók számára a már előzőekben leírtakhoz hasonlóan, táplálkozási és tojásrakási feltételeket biztosítottunk. A ketrecek falán (ritkábban a növényeken) kialakult bábokat ivar szerint különválogattam, hogy – az előzőekben említett – termékenységi vizsgálatokhoz a nemek arányosan kerüljenek a ketrecekbe. Mivel a bábok megbízható elkülönítése nehéz, a nemek „pontosítása” (az imágók feltűnő mintázatkülönbsége alapján) a kirajzás után történt meg.

A létrejött új generációt hasonló módon neveltem tovább, a kirajzott lepkék tojásaira alapozva.

3.2.3. Lárva-, illetve bábparazitáltsági vizsgálatok

A káposztalepke lárva- és bábparazitáltságával kapcsolatos megfigyeléseimet szintén a szabadföldi inszektáriumban végeztem. A Pölöskei Fajtakísérleti Állomás káposztaparcelláin összegyűjtött L₄ és L₅-ös stádiumú lárvákat, „barackmoly ketrecekben” helyeztem el (25-25 lárvát ketrecenként). Minden ketrechen cserepes káposztanövény biztosította a lárvák táplálékát. Megfigyeltem a lárvák viselkedését, egészségi állapotát, továbbá meghatároztam a parazitált egyedek arányát.

3.3. Mikroszkópos vizsgálatok

3.3.1. A hernyók fejtokszélességi vizsgálata

A hőmérséklet és fotoperiódus morfológiai hatásának értékeléséhez folyamatosan összegyűjtött fejtokok szélességét binokuláris mikroszkóp, ill. okulár mikrométer segítségével mértem meg. Fejtokadatainkat ellenőrizve, megnéztük, hogy érvényes-e a káposztalepkére is a DYAR-szabály. Dyar (1890 in: Jermy és Sáringer 1955) szerint a hernyók egymást követő lárvafokozatainak fejtokszélességi viszonyát kifejező indexszám ($L_2:L_1$, $L_3:L_2$ stb.) állandó.

Sajnálatos módon az utolsó fejtokok értékelhetetlenek voltak, mivel azok a bábbá vedlés során széttöredeztek, az L_5 -ös lárvák fejtokjának (előzetes) lemérése viszont a lárvák pusztulását okozhatta volna.

3.3.2. A káposztalepke lárva kültakarójának morfológiai leírása (chaetotaxia)

Morfológiai vizsgálatok során a lárvák chaetotaxiáját is elkészítettem. Mivel az adott lárvaszámú klímakamrás tenyészetből nem vehettem el egyedeket, ezért a chaetotaxiás vizsgálatához a szabadban gyűjtöttem L_5 -ös lárvákat. Ebből következően – mivel nem tartozik szorosan a címadó témához – a káposztalepke lárváról (fejtok, tor és potroh) készített rajz „függelék”-ként került a dolgozatba.

A lárvák előkészítésének menete a következő volt: lárvák kifőzése desztillált vízben (2-3 perc), ezt követően binokuláris mikroszkóp alatt a

hasi oldal felmetszése (az egyik lábsor közelében), a felmetszett lárvák ismételt főzése 4 %-os KOH-ban, majd lemosás desztillált vízzel, végül a lárvák kiterítése tárgylemezre (kutikulával lefelé). A lárvabőrrel, a főzés után még megmaradt szövetrészek eltávolítása. A megfordított lárvabőr eligazítása, majd nagyon kevés glicerinnel történő eláztatása. A módszert és a szörképletek nomenklatúráját (szakirodalmi hivatkozással: Gerasimov, 1952; Werner, 1958) a káposztamoly lárvák (*Plutella maculipennis* CURTIS) chaetotaxiájának leírását tartalmazó publikációból (Czencz, 1973b) vettem át. A nevezéktanál – elsődlegesen a fejtokra vonatkozóan – Hinton (1946) *Lepidoptera* lárvákkal foglalkozó munkájára is támaszkodtam.

3.4. A statisztikai elemzés módszerei

A mérési adatok statisztikai feldolgozása grafikus és numerikus eljárások ötvözésével történt. Utóbbiak hibaszámításokra és „hagyományos” összefüggés-vizsgálatokra épültek; az alkalmazott módszer főként varianciaanalízis volt. A mortalitások összehasonlításánál khí-négyzet statisztikákat, a fejlődési idő és a fejtokszélesség kapcsolatára pedig korrelációs együtthatókat számítottunk. A kiugró adatok kizárásának, és adat-transzformációk szükségességének ellenőrzése a végső feldolgozás előtt megtörtént. Az alkalmazott módszerek leírása biometriai kézikönyvekben megtalálható (lásd. pl. Sváb, 1973).

4. EREDMÉNYEK

4.1. Laboratóriumi megfigyelések klímakamrákban

4.1.1. Fejlődési idő elemzése:

hőmérséklet és fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák fejlődési idejére

Az eredményeket az 1a., 1b. és 1c. táblázatok foglalják össze. A variancia táblázatok (1b. és 1c.) jobb alsó (árnyékolt) sarkában szerepel a *Hőmérséklet* × *Fotoperiódus* × *Lárvaállapot* másodrendű kölcsönhatás, ez képezi a hibakomponenst az F-próbáknál, speciálisan az SzD_{5%} értékek képzésénél.

Kombinációk (hőmérséklet és fotoperiódus együttes) hatása

A lárvafejlődés teljes idejére vonatkozóan szignifikáns eltérést találtunk a 15 kombináció között, ebben az L₅ lárvastádium járuléka dominál, az első négy stádium közül csak az L₁-ben látszik enyhe, p = 10 %-os hibaszinten, szignifikáns hatás (lásd. 1a. táblázat, és az 1b. és 1c. táblázatok (-)-tal jelölt sora.

Hőmérséklet hatása a lárvák fejlődési idejére (1a. és 1b. táblázat)

Teljes lárvafejlődési idő

A fotoperiódusok átlagában a hőmérsékletnek nem volt kimutatható hatása: a kombinációk variabilitásából mindössze 0,7 %-ot magyaráz, gyakorlatilag semmit.

Más a kép a fotoperiódusonkénti bontásban. Az öt LD szinten a hőmérséklet összesen 77,1%-ot magyaráz a kombinációk közötti variabilitásból, ez $p = 1\%$ -os hibaszinten szignifikáns (lásd. 1b. táblázat „összesen” sora). (A hiányzó 22,9 % az 1c. táblázat (0) sorában jelzett, a fotoperiódus átlagos hatása.) Fotoperiódusonkénti bontásban eltérő tendenciák mutatkoznak. Az LD 13:11 és az LD 14:10 szinteknél a teljes fejlődési idő a 28 °C-os hőmérsékletnél szignifikánsan csökken; ugyanakkor az LD 17:7-nél enyhén szignifikáns emelkedés tapasztalható. Ez a jelenség a magas hőmérséklet és a hosszú megvilágítás együttes hatásával magyarázható. Alább részletezem az L_1 és L_5 stádiumokat.

L₁ stádium

A fotoperiódusok átlagában enyhe hatás volt kimutatható (SS = 21,6 %, MS = 9,06, $p < 10\%$), a hőmérséklet emelkedésével a fejlődési idő némileg csökken. A fotoperiódusokon belül a hőmérséklet összes hatása 97,1 % ($p < 5\%$), ehhez az LD 13:11 51,9%-ot ad ($p < 1\%$), az LD 17:7 hozzájárulása 25,7 % ($p < 10\%$). Az LD 13:11 fotoperiódusnál a fejlődési idő határozottan rövidül, emelkedő hőmérséklettel.

L₅ stádium

A fotoperiódusok átlagában a hőmérséklet hatás elmosódik (SS mindössze 7,3 %, nem szignifikáns). Az összes hőmérséklet hatás viszont erős (SS = 61,7 %, $p < 1\%$), ezen belül az LD 13:11 fotoperiódusban a legerősebb a hőmérséklet hatása (42,3 %, $p < 0,1\%$), határozott, csökkenő tendencia tapasztalható. Gyenge és tendenciát nem mutató hőmérséklet hatás látszik még az LD 17:7 szinten.

1a. táblázat: Hőmérséklet és fotoperiódus hatása a káposztalepke hernyók fejlődési idejére

Hőm.	Fotoperiódus (LD)	A lárvák fejlődési ideje (napokban)					
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₁ -L ₅ össz.
23 °C	13:11	4,16	2,72	3,16	3,40	5,44	18,88
	14:10	3,76	2,12	2,16	2,48	5,32	15,81
	15:9	3,56	2,16	2,36	2,76	4,92	15,76
	16:8	3,36	2,52	2,16	2,72	4,88	15,64
	17:7	3,00	2,20	1,30	3,08	4,80	14,38
25 °C	13:11	2,96	2,56	2,68	2,76	7,52	18,48
	14:10	3,28	2,44	2,52	2,84	5,76	16,84
	15:9	2,80	2,84	2,16	2,32	5,12	15,23
	16:8	3,36	2,08	2,08	2,56	4,96	15,04
	17:7	2,76	2,56	1,80	2,36	4,40	13,88
28 °C	13:11	2,32	2,00	2,20	2,44	5,16	14,12
	14:10	3,04	2,04	1,80	2,08	4,96	13,92
	15:9	3,56	2,88	2,60	2,26	6,18	17,48
	16:8	3,36	2,80	2,72	2,52	5,44	16,84
	17:7	4,00	3,20	2,04	2,58	4,80	16,62
SzD _{5%}		1,10					2,46
Hőmérsékletek átlagában	13:11	3,15	2,43	2,68	2,87	6,04	17,16
	14:10	3,36	2,20	2,16	2,47	5,35	15,53
	15:9	3,31	2,63	2,37	2,45	5,41	16,16
	16:8	3,36	2,47	2,32	2,60	5,09	15,84
	17:7	3,25	2,65	1,71	2,67	4,67	14,96
SzD _{5%}		0,64					1,42
Fotoperiódusok átlagában	Hőmérséklet						
	23 °C	3,57	2,34	2,23	2,89	5,07	16,10
	25 °C	3,03	2,50	2,25	2,57	5,55	15,90
	28 °C	3,26	2,58	2,27	2,38	5,31	15,80
SzD _{5%}		0,49					1,10

1b. táblázat: Variancia-analízis: **Hőmérséklet hatása** a káposztalepke lárvák *fejlődési idejére*

	Szab. fok	Teljes lárvafejlődésig (0)		L ₁ -ben (1)		L ₂ -ben (2)		L ₃ -ban (3)		L ₄ -ben (4)		L ₅ -ben (5)		Szab. fok	Összesen (1) – (5) MS	Szab. fok	Eltérés a L. állapotok között a) MS
		SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS				
Hőm. és fotop. kombinációk (·)	14	100	12,52 ^{**}	100	6,00 ⁺	100	3,35	100	5,09	100	2,79	100	14,05 ^{**}	70	6,26 ⁺	56	4,69
Fotoperiódusok átlagában (0)	2	0,7	0,60	21,6	9,06 ⁺	7,8	1,84	0,2	0,06	42,8	8,36	7,3	7,20	10	5,31	8	6,48 ⁺
LD 13:11-nél (1)	2	39,8	34,86 ^{***}	51,9	21,81 ^{**}	15,2	3,57	16,2	5,76	30,6	5,97	42,3	41,56 ^{***}	10	15,74 ^{**}	8	10,96 [*]
LD 14:10-nél (2)	2	12,6	11,01 ⁺	8,0	3,36	4,8	1,12	9,1	3,24	18,5	3,61	4,1	4,01	10	3,07	8	1,08
LD 15:9-nél (3)	2	7,8	6,87	11,5	4,81	17,4	4,09	3,4	1,21	9,5	1,86	11,7	11,46 ⁺	10	4,69	8	4,14
LD 16:8-nál (4)	2	4,8	4,20	0,0	0,0	14,0	3,29	8,5	3,04	1,4	0,28	2,3	2,29	10	1,78	8	1,18
LD 17:7-nél (5)	2	12,1	10,65 ⁺	25,7	10,81 ⁺	27,3	6,41	10,0	3,56	17,4	3,40	1,4	1,33	10	5,11	8	3,72
Összesen (1) - (5)	10	77,1	13,52 ^{**}	97,1	8,16 [*]	78,8	3,70	47,2	3,36	77,5	3,02	61,7	12,13 ^{**}	50	6,08 ⁺	40	4,22
Eltérés a fotoperiódusok között a)	8	76,4	16,75 ^{**}	75,6	7,94 ⁺	70,9	4,16	47,0	4,19	34,7	1,69	54,4	13,37 ^{**}	40	6,27 ⁺	32	3,65
Jelmagyarázat: + P<10%; * P<5%; ** P<1%; *** P<0,1%; SS: eltérésnégyzet-összeg; MS: becült variancia; a) kölcsönhatások																	

Fotoperiódus hatása a lárvák fejlődési idejére (1a. és 1c. táblázat)

Teljes lárvafejlődési idő

A hőmérsékletek átlagában a fotoperiódus a kombinációk variabilitásából 22,9 %-ot, szignifikáns hányadot magyaráz, ez zömmel az L₅ stádiumra írható.

Hőmérsékletekre bontásban, a három hőmérséklet szint összesen 99,3 %-ot magyaráz a kombinációk közötti variabilitásból, ez $p = 1$ %-os hibaszinten szignifikáns (lásd. 1c. táblázat „összesen” sora). (A hiányzó 0,7 % az 1b. táblázat (0) sorában jelzett, a hőmérséklet átlagos hatása.) A 99,3 %-os összes hatás nagyjából egyenlően oszlik meg a hőmérsékleti szintek között, mindhárom szinten szignifikáns a fotoperiódus hatása. A két alacsonyabb hőmérsékletnél a megvilágítás időtartamával csökken a teljes fejlődési idő, míg 28 °C-nál, az LD 15:9 szinten, a mért érték felugrik.

A lárvaállapotok közül itt L₁ és L₅ mellett L₃-ról is szólni kell, mert ebben is találunk szignifikáns komponenst.

L₁ stádium

A hőmérsékletek átlagában a fotoperiódusnak nincs hatása, de a 28 °C-os hőmérsékletnél, $p = 5$ %-os szinten hatás tapasztalható: a lárvák fejlődési ideje megnyúlik, amint a megvilágítás tartama nő.

L₃ stádium

A hőmérsékletek átlagában csak $p = 10$ %-os szinten szignifikáns a fotoperiódus hatása, durván csökkenő tendencia látszik. A kombinációk közötti mérsékelt variabilitás szinte teljesen (SS = 99,8 %) a fotoperiódus hatásának tulajdonítható, ez azonban csak a 23 °C hőmérsékletnél

szignifikáns ($p < 5\%$), itt csökkenő tendenciát látunk a megvilágítás tartamának növekedésével.

L₅ stádium

A hőmérsékletek átlagában igen erős hatás tapasztalható, jól látható a csökkenő tendencia. Hőmérsékleti szintekre bontásban a fotoperiódus összes hatása 92,7 %, $p = 1\%$ -os hibavalószínűséggel szignifikáns. Mindez főleg a 25 °C-os hőmérsékleti szint járuléka (SS = 73,5 %, $p < 0,1\%$), ahol a fotofázis növekedésével határozottan csökkent a lárvák fejlődési ideje.

Kölcsönhatások

A fentiekben már utaltam arra, hogy a hőmérséklet hatása eltérő az egyes fotoperiódusoknál, ugyanúgy a fotoperiódus hatása eltérő az egyes hőmérsékleteknél. Ezek a *Hőmérséklet × Fotoperiódus kölcsönhatások* a teljes fejlődési időnél és a lárvastádiumonkénti bontásnál egyaránt tapasztalhatók. E kölcsönhatások erőssége (és szignifikanciája) a variancia analízis táblázatainak utolsó soraiban olvashatók le (algebrailag az (1)-(5) sorok összegének és a (0) sornak a különbsége).

A *Hőmérséklet × Lárvaállapot kölcsönhatás* az LD 13:11 szintnél szignifikáns (lásd 1b. táblázat utolsó oszlopát). A *Fotoperiódus × Lárvaállapot kölcsönhatás* 25 °C hőmérsékletnél enyhén ($p = 10\%$ hibaszinten) szignifikáns (lásd 1c. táblázat utolsó oszlopát). E kölcsönhatások tartalmáról is volt szó a fentebbiekben: az egyes lárvastádiumokban más-más mértékű hatásokról tanúskodnak.

1c. táblázat: Variancia-analízis: **Fotoperiódus hatása** a káposztalepke lárvák *fejlődési idejére*

	Szab. fok	Teljes lár- vafejlő- désig (0)		L ₁ -ben (1)		L ₂ -ben (2)		L ₃ -ban (3)		L ₄ -ben (4)		L ₅ -ben (5)		Szab. fok	Össze- sen (1) – (5) MS	Szab. fok	Eltérés a L. állapotok között a) MS
		SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS	SS %	MS				
Hőm. és fotop. kombinációk (.)	14	100	12,52 ^{**}	100	6,00 ⁺	100	3,35	100	5,09	100	2,79	100	14,05 ^{**}	70	6,26 ⁺	56	4,69
Hőmérsékletek átlagában (0)	4	22,9	10,02 [*]	2,8	0,60	21,2	2,49	52,8	9,40 ⁺	22,5	2,20	38,3	18,83 ^{***}	20	6,70 ⁺	16	5,87
23 °C-nál (1)	4	31,6	13,85 [*]	22,4	4,71	14,8	1,73	61,7	10,98 [*]	32,6	3,19	4,2	2,07	20	4,53	16	2,21
25 °C-nál (2)	4	36,5	16,00 ^{**}	9,0	1,89	16,1	1,89	17,5	3,11	13,8	1,35	73,5	36,13 ^{***}	20	8,87 [*]	16	7,09 ⁺
28 °C-nál (3)	4	31,2	13,67 [*]	47,0	9,87 [*]	61,3	7,19	20,7	3,69	10,7	1,05	15,0	7,37	20	5,83	16	3,88
Összesen (1) - (3)	12	99,3	14,50 ^{**}	78,4	5,49	92,1	3,61	99,8	5,92	57,2	1,86	92,7	15,19 ^{**}	60	6,41 [*]	48	4,39
Eltérés a hőmér- sékletek között a)	8	76,4	16,75 ^{**}	75,6	7,94 ⁺	70,9	4,16	47,0	4,19	34,7	1,69	54,4	13,37 ^{**}	40	6,27 ⁺	32	3,65
Jelmagyarázat: + P<10%; * P<5%; ** P<1%; *** P<0,1%; SS: eltérésnégyzet-összeg; MS: becült variancia; a) kölcsönhatások																	

4.1.2. Lárva mortalitás elemzése:

hőmérséklet és fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák mortalitására

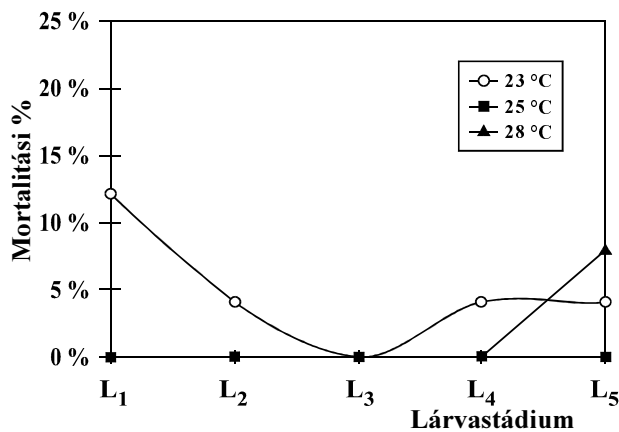
Mielőtt a kísérletünknel alkalmazott különböző hőmérséklet és fotoperiódus értékek – báb stádiumban észlelhető – diapauza reakcióinak bemutatására sor kerülne, (lásd 4.1.3. fejezet), indokolt ismertetni a lárvanevelés során elpusztult populációhányad nagyságát is.

Az alábbiakban a teljes lárvafejlődési idő végére elpusztult egyedek abszolút és relatív értékszámán túlmenően, az egyes lárvastádiumokban tapasztalt mortalitás is bemutatásra kerül (2. táblázat).

A táblázat adatait elemezve (ahol 1 elpusztult egyed 4 %-os mortalitási arányt jelent) látható, hogy a fiatal (L_1) lárvák számára az alacsonyabb (23 °C) hőmérséklettel párosuló 13 órás megvilágítás kedvezőtlenebb nevelési körülményt teremtett, mint ugyanezen (vagy hosszabb) megvilágítás magasabb (25, 28 °C) hőmérséklettel párosulva. Az előbbieket demonstráló grafikon (6. ábra) azt is jelzi, hogy az alacsony hőmérséklet és rövidebb megvilágítás együttes hatása az – L_3 kivételével – a többi lárvafejlődési szakaszban sem volt kedvező.

2. táblázat: Káposztalepke lárvák **mortalitása** eltérő hőmérsékleten és fotoperióduson [esetszám (és %) 25 egyedből]

Hőm.	Foto- periódus (LD)	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₁ -L ₅ összesen
23 °C	13:11	3 (12)	1 (4)	- (0)	1 (4)	1 (4)	6 (24)
	14:10	2 (8)	- (0)	- (0)	- (0)	1 (4)	3 (12)
	15:9	1 (4)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	1 (4)
	16:8	1 (4)	1 (4)	- (0)	- (0)	- (0)	2 (8)
	17:7	- (0)	1 (4)	- (0)	- (0)	- (0)	1 (4)
	össz.	7 (5,6)	3 (2,4)	- (0)	1 (0,8)	2 (1,6)	13 (10,4)
25 °C	13:11	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
	14:10	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	4 (16)	4 (16)
	15:9	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
	16:8	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	1 (4)	1 (4)
	17:7	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)
	össz.	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	5 (4,0)	5 (4,0)
28 °C	13:11	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	2 (8)	2 (8)
	14:10	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	1 (4)	1 (4)
	15:9	- (0)	5 (20)	1 (4)	2 (8)	12 (48)	20 (80)
	16:8	- (0)	2 (8)	2 (8)	3 (12)	3 (12)	10 (40)
	17:7	- (0)	1 (4)	4 (16)	1 (4)	10 (40)	16 (64)
	össz.	- (0)	8 (6,4)	7 (4,6)	6 (4,8)	28 (22,5)	49 (39,2)
Hőmérsékletekre összesítve	13:11	3 (4,0)	1 (1,3)	- (0)	1 (1,3)	3 (4,0)	8 (10,7)
	14:10	2 (2,6)	- (0)	- (0)	- (0)	6 (8,0)	8 (10,7)
	15:9	1 (1,3)	5 (6,6)	1 (1,3)	2 (2,6)	12 (16)	21 (28,0)
	16:8	1 (1,3)	3 (4,0)	2 (2,6)	3 (4,0)	4 (5,3)	13 (17,3)
	17:7	- (0)	2 (2,6)	4 (5,3)	1 (1,3)	10 (13)	17 (22,7)
	össz.	7 (9,3)	11 (15)	7 (9,3)	7 (9,3)	35 (47)	67 (17,9)
Hőmérsékletek közötti eltérésre: $\chi^2_{[2]}$; p<0,1%							
Fotoperiódusok közötti eltérésre: $\chi^2_{[4]}$; p<5%							



6. ábra: A káposztalepke hernyók mortalitási %-a az egyes lárvastádiumok függvényében, LD 13:11 fotoperióduson, különböző hőmérsékleten

Tovább elemezve a 2. táblázat adatait, megállapítható, hogy a fejlődés előrehaladtával (az L₄-es stádiumig), a nevelési környezet hőmérsékletének 25 °C-ra történő növelése, bármely nappalhosszúság mellett a mortalitás teljes elmaradását eredményezte.

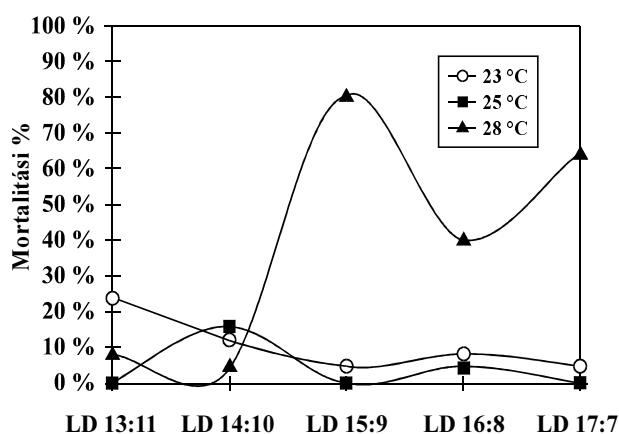
Látható viszont, hogy a hőmérséklet további, 28 °C-ra történő növelésekor, a lárvafejlődés előrehaladtával nőtt a lárvahalandóság, elsődlegesen a 15, 16, és 17 órás megvilágításokon. Különösen érzékenynek mutatkoztak a magas hőmérséklettel párosuló hosszú megvilágításra az L₅-ös stádiumú lárvák. A jelenség esetünkben azzal is magyarázható, hogy ebben a nevelési környezetben táplálékfogyasztásuk szemmel láthatóan lecsökkent.

Elsődlegesen ezen lárvapopulációból kialakult bábok között találtunk elpusztult egyedeket (beszáradt, nyálkás, illetve micéliummal fedett

bábokat). Ezek a tünetek vírus- vagy baktériumfertőzésre utaltak, illetve néhány esetben rovarpatogén gomba (pl. *Paecilomyces sp. Moniliales* rend) jelenléte is kimutatható volt.

Érdekesnek tűnik, hogy a legalacsonyabb halandóságot, a 23 és 25 °C-os hőmérsékleten, mind az öt vizsgált fotoperióduson, az L₃ stádiumú lárvák mutatták.

A vizsgált fotoperiódusok összesítésében ábrázolva az adott nevelési hőmérsékleteken tapasztalt lárvamortalitást (7. ábra), megállapítható, hogy – kísérletünknel – a legkedvezőbb lárvanevelési feltételeket a 25 °C-kal párosuló LD 13:11, 15:9 és 17:7 fotoperiódus teremtette meg.



7. ábra: A káposztalepke hernyók mortalitási %-a különböző fotoperiódus és hőmérséklet esetében

A lárvaállapotok összesítésében (L₁-L₅) vizsgálva a mortalitási esetszámokat (khi²-próba) megállapítható, hogy a hőmérsékletnek igen

erős, míg a fotoperiódusnak valamivel gyengébb szerepe van a lárvapusztulásban. (Mindkét hatás szignifikáns.)

4.1.3. Diapauza kérdés elemzése:

a hőmérséklet és fotoperiódus hatása a káposztalepke diapauza viszonyára

Egzakt körülmények között történő káposztalepke lárva neveléseink során, a nevelési környezet hőmérséklet és fotoperiódus viszonyai eltérő diapauza indukciót jelentettek a populációk számára.

A tenyésztés során a lárvanéesség bizonyos százaléka elpusztult (erről részletesen az előző fejezetben számoltunk be), így a lárvákat érő eltérő hőmérséklet és fotoperiódus – diapauzáló bábok arányában megmutatkozó – hatása csak a tenyésztés végéig élve maradt egyedek esetében vált értékelhetővé (3. táblázat).

A táblázat adatait elemezve megállapítható, hogy az általunk vizsgált legalacsonyabb hőmérsékleten (23 °C-on), valamint 13 órás nappalhosszon nevelt lárva populációk esetében a bábok 100 %-ban diapauzában maradtak. Ez a 100 %-os diapauza arány akkor sem változott, amikor a nevelési környezet hőmérséklete 2 °C-kal, 25 °C-ra növekedett.

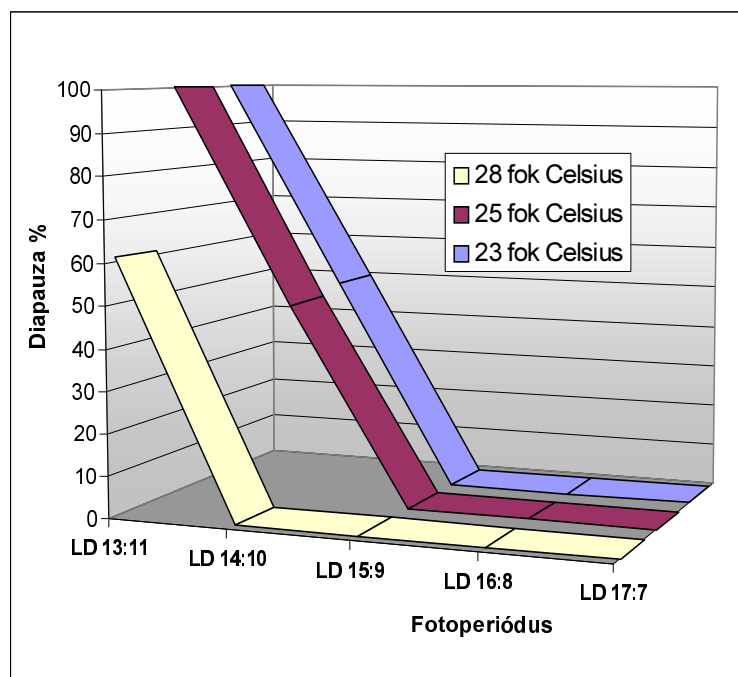
A megvilágítás időtartamának 1 órával történő növelése (13-ról 14 órára), 23 °C mellett 50 %-os diapauza arány csökkenést, 25 °C mellett pedig már 52,4 %-os diapauza nélküli továbbfejlődést eredményezett. A legmagasabb nevelési hőmérséklet (28 °C) melletti 13 órás megvilágításnál a diapauzáló bábok aránya 60,8 % volt. Ezen a

hőmérsékleten – szemben a 23, ill. 25 °C-os környezettel – az LD 14:10 fotoperiódus már nem indukált diapauzát; a magas hőmérséklet feloldotta a fotoperiódus hatását.

Hosszabb megvilágításnál (15, 16, és 17 óra), mindhárom hőmérsékleten, a populáció 100 %-ban diapauza nélkül fejlődött tovább. Jól szemlélteti a megfigyeléseinknél regisztrált diapauza értékeket a 8. ábra.

3. táblázat: Fotoperiódus és hőmérséklet hatása a káposztalepke diapauza százalékára

Hőm.	Fotoperiódus LD	A tenyésztés végéig élve maradt lárvák száma	Diapauzáló bábok aránya (%)
23 °C	13:11	19	100
	14:10	22	50
	15:9	24	0
	16:8	23	0
	17:7	24	0
25 °C	13:11	25	100
	14:10	21	47,6
	15:9	25	0
	16:8	24	0
	17:7	25	0
28 °C	13:11	23	60,8
	14:10	24	0
	15:9	5	0
	16:8	15	0
	17:7	9	0



8. ábra: A fotoperiódus és a hőmérséklet hatása a diapauzáló káposztalepke bábok %-ára

4.1.4. Fejtökszélesség elemzése:

hőmérséklet és fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák fejtszélességére

Megfigyeléseink ezen szakaszában arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a nevelési környezet hőmérséklet és fotoperiódus értékeinek van-e hatása a káposztalepke lárvák fejtszélességének alakulására. Az *Euscelis plebejus* FALL kabócafaj esetében Müller (1958) fotoperiódus-hatásnak tulajdonított külső és belső morfológiai különbségekről számolt be, fejtszélesség és genitália-alakulás vonatkozásában.

A fejtokszélességi mérések eredményeit a 4a., 4b., 4c. és az 5. táblázatok foglalják össze. A statisztikai elemzés sémája megegyezik a fejlődési idő elemzésénél alkalmazott sémával. Az eltérés annyi, hogy itt a lárvaállapotok összegének oszlopai értelemszerűen nem szerepelnek a táblázatokban. Az elemzést kiegészítettem a DYAR-indexek alakulásának vizsgálatával (5. táblázat).

Kombinációk (hőmérséklet és fotoperiódus együttes) hatása

A fejtokszélességre vonatkozóan, szignifikáns eltérés mutatkozott a 15 kombináció között összesen, ezen belül L_3 -ban erős, L_4 -ben enyhe megbízhatóságú kapcsolat látszik (lásd 4a. táblázat és a 4b. és 4c. táblázatok (·)-tal jelölt sora). Az alábbiakban csak a két lárvaállapotot vizsgáljuk meg részletesebben.

Hőmérséklet hatása a lárvák fejtokszélességének alakulására (4a. és 4b. táblázat)

L_3 stádium

A fotoperiódusok átlagában a hőmérsékletnek erős hatása volt: SS = 57,1 %, MS = 77,8; a hőmérséklet emelkedésével a fejtokszélesség határozott csökkenést mutat.

Fotoperiódusonkénti bontásban az öt LD szinten a hőmérséklet összesen 83,7 %-ot magyaráz a kombinációk közötti variabilitásból, ez $p = 0,1$ %-os hibaszinten szignifikáns (lásd 4b. táblázat „összesen” sora). (A hiányzó 16,3 % a 4c. táblázat (0) sorában jelzett, a fotoperiódus átlagos hatása.) Ebből szignifikáns hányadok esnek az LD 13:11 (SS = 22,3 %), az LD 15:9 (SS = 42,2 %) és az LD 16:8 (SS = 10,2 %) fotoperiódusokra. Mindhárom esetben csökkent a fejtokszélesség növekvő hőmérséklet mellett.

4a. táblázat: Különböző hőmérsékleten és fotoperióduson nevelt káposztalepke lárvák fejtokszélessége, lárvastádiumonként

Hőm.	Foto- periódus (LD)	Fejtokszélességi értékek (mm)			
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
23 °C	13:11	0,450	0,695	1,166	1,756
	14:10	0,448	0,678	1,124	1,740
	15:9	0,441	0,661	1,136	1,769
	16:8	0,451	0,727	1,156	1,726
	17:7	0,452	0,735	1,136	1,748
25 °C	13:11	0,430	0,692	1,109	1,810
	14:10	0,392	0,623	1,020	1,651
	15:9	0,448	0,697	1,077	1,742
	16:8	0,478	0,712	1,124	1,714
	17:7	0,437	0,712	1,164	1,741
28 °C	13:11	0,433	0,682	0,953	1,691
	14:10	0,442	0,677	1,062	1,649
	15:9	0,426	0,695	0,849	1,673
	16:8	0,452	0,663	1,014	1,644
	17:7	0,429	0,659	1,073	1,647
SzD _{5%}		0,095			
Hőmérsékletek átlagában	13:11	0,438	0,690	1,076	1,752
	14:10	0,427	0,659	1,069	1,680
	15:9	0,438	0,684	1,021	1,728
	16:8	0,460	0,701	1,098	1,695
	17:7	0,439	0,702	1,124	1,712
SzD _{5%}		0,055			
Fotoperiódusok átlagában	Hőmér- séklet				
	23 °C	0,448	0,699	1,144	1,748
	25 °C	0,437	0,687	1,099	1,732
	28 °C	0,436	0,675	0,990	1,661
SzD _{5%}		0,043			

4b. táblázat: Variancia-analízis: **Hőmérséklet hatása** a káposztalepke lárvák fejtokszélességére

	Szab. fok	L ₁ -ben		L ₂ -ben		L ₃ -ban		L ₄ -ben		Szab. fok	Összesen		Szab. fok	Eltérés a L. állapotok között
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1) – (4)	a)							
		SS %	100 MS	SS %	100 MS	SS %	100 MS	SS %	100 MS		100 MS			100 MS
Hőmérséklet és fotop. kombinációk (·)	14	100	0,87	100	2,10	100	19,46 ***	100	6,66 +	56	7,27 ***	42	4,90 *	
Fotoperiódusok átlagában (0)	2	9,4	0,57	12,3	1,80	57,1	77,78 ***	57,4	26,76 ***	8	26,73 ***	6	14,74 **	
LD 13:11-nél (1)	2	4,8	0,29	0,8	0,12	22,3	30,40 ***	19,0	8,88 +	8	9,92 **	6	7,15 +	
LD 14:10-nél (2)	2	38,9	2,36	16,9	2,48	5,0	6,84	14,5	6,75	8	4,61	6	1,33	
LD 15:9-nél (3)	2	5,2	0,32	7,0	1,02	42,2	57,43 ***	13,2	6,13	8	16,22 ***	6	13,39 **	
LD 16:8-nál (4)	2	9,6	0,59	19,1	2,80	10,2	13,87 *	10,5	4,90	8	5,54 +	6	2,23	
LD 17:7-nél (5)	2	5,6	0,34	25,9	3,80	4,0	5,43	17,1	7,95	8	4,38	6	1,33	
Összesen (1) - (5)	10	64,1	0,78	69,6	2,04	83,7	22,79 ***	74,3	6,92 *	40	8,13 **	30	5,08 +	
Eltérés a fotoperiódusok között a)	8	54,7	0,83	57,3	2,10	26,6	9,05 **	16,9	1,96	32	3,49	24	2,67	

Jelmagyarázat: + P<10%; * P<5%; ** P<1%; *** P<0,1%; SS: eltérésnégyzet-összeg; MS: becült variancia; a) kölcsönhatások

L₄ stádium

A fotoperiódusok átlagában a hőmérsékletnek erős hatása volt: SS = 57,4 %, MS = 26,8; a hőmérséklet emelkedésével a fejtokszélesség fokozatosan csökkent.

Fotoperiódusonkénti bontásban az öt LD szinten a hőmérséklet összesen 74,3 %-ot magyaráz a kombinációk közötti variabilitásból, ez $p = 5$ %-os hibaszinten szignifikáns. (A hiányzó 25,7 % a fotoperiódus átlagos hatása /lásd 4c. táblázat/.) Ebből csak az LD 13:11 fotoperiódusra jut enyhén szignifikáns hányad (SS = 19,0 %, MS = 8,88; $p < 10$ %). Itt a csökkenő tendenciát megbontja a 25 °C-os hőmérsékletnél talált felugró érték.

Fotoperiódus hatása a lárvák fejtokszélességének alakulására (4a. és 4c. táblázat)

L₃ stádium

A hőmérsékletek átlagában a fotoperiódusnak volt hatása (SS = 16,3 %, MS = 11,11; $p < 5$ %): a legerősebb fotofázisig a fejtokszélesség enyhén csökkent.

Hőmérsékletekre bontásban a három hőmérsékleten a fotoperiódus együttesen 42,9 %-ot magyaráz a kombinációk közötti variabilitásból, ez $p = 1$ %-os hibaszinten szignifikáns. (A hiányzó 57,1 % a hőmérséklet átlagos hatása.) A legalacsonyabb hőmérsékletre eső komponens jelentéktelen. 25 °C-nál gyengén szignifikáns a fotoperiódus hatás (10,7 %), növekvő fejtokszélességet jelez. Legerősebb a fotoperiódus hatás a 28 °C-os hőmérsékletnél (31,1 %, $p < 0,1$ %), de a tendencia nem töretlen, az LD 14:10 kiugrik.

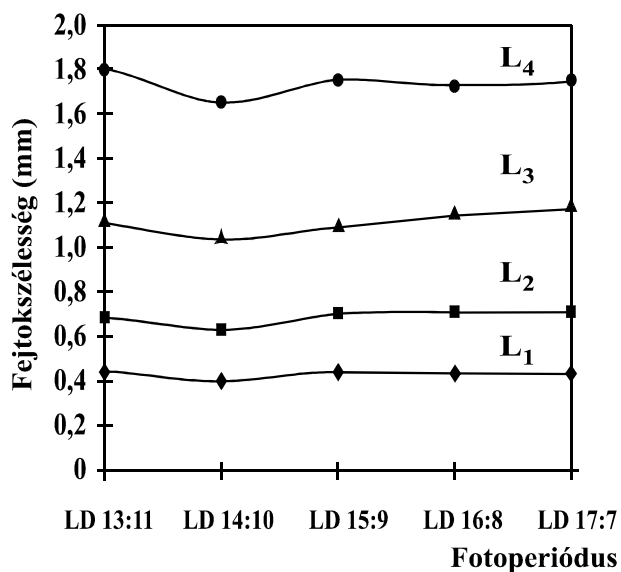
4c. táblázat: Variancia-analízis: **Fotoperiódus hatása** a káposztalepke lárvák *fejtokszélességére*

	Szab. fok	L ₁ -ben		L ₂ -ben		L ₃ -ban		L ₄ -ben		Szab. fok	Összesen	Szab. fok	Eltérés a L. állapotok között
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1) – (4)	a)						
		SS %	100 MS	SS %	100 MS	SS %	100 MS	SS %	100 MS		100 MS		
Hőmérséklet és fotop. kombinációk (.)	14	100	0,87	100	2,10	100	19,46 ***	100	6,66 +	56	7,27 ***	42	4,90 *
Hőmérsékletek átlagában (0)	4	35,9	1,09	30,4	2,23	16,3	11,11 *	25,7	5,99 +	16	5,10 +	12	4,43
23 °C-nál (1)	4	1,6	0,05	33,9	2,49	1,1	0,72	2,8	0,66	16	0,98	12	1,01
25 °C-nál (2)	4	79,8	2,42	46,6	3,42	10,7	7,30 +	35,3	8,22 *	16	5,34 +	12	2,17
28 °C-nál (3)	4	9,2	0,28	7,3	0,53	31,1	21,19 ***	4,5	1,04	16	5,76 *	12	6,58 *
Összesen (1) - (3)	12	90,6	0,92	87,7	2,15	42,9	9,73 **	42,6	3,31	48	4,03	36	3,26
Eltérés a hőmérsékletek között a)	8	54,7	0,83	57,3	2,10	26,6	9,05 **	16,9	1,96	32	3,49	24	2,67
Jelmagyarázat: + P<10%; * P<5%; ** P<1%; *** P<0,1%; SS: eltérésnégyzet-összeg; MS: becült variancia; a) kölcsönhatások													

L₄ stádium

A hőmérsékletek átlagában gyenge a fotoperiódus hatás (SS = 25,7 %, $p < 10$ %), és határozott tendencia sem látszik. Hőmérsékleti szintekre bontásban – bár a 42,6 %-nyi együttes hatás nem éri el a szignifikancia szintet – ezen belül a 25 °C hőmérsékletfokozatra szignifikáns hányad jut (35,3 %, $p < 5$ %), azonban növekvő tendenciáról itt sem beszélhetünk.

A statisztikai „bizonyosság” nem Szentírás. A 4a. táblázatot böngészve feltűnik, hogy a 25 °C-on nevelt lárvapopulációkon a legkisebb fejtokszélesség méret az LD 14:10 fotoperióduson alakult ki mind a négy stádiumban. Ezt illusztrálja a 9. ábra.



9. ábra: A káposztalepke hernyók fejtokszélessége 25 °C-on és különböző fotoperióduson

Érdekes továbbá az is, hogy 23 és 25 °C-on, minden lárvastádium esetében kisebb fejtokszélességek alakultak ki az LD 14:10 fotoperióduson, mint az LD 13:11 fotoperióduson történt neveléskor. Úgy gondolom, hogy ezek az észrevételek nem hagyhatók figyelmen kívül, statisztikai megerősítés hiányában sem.

Kölcsönhatások

Az L₃ lárvaállapotban (a fentiekben már említetten) szignifikáns a *Hőmérséklet* × *Fotoperiódus* kölcsönhatás (lásd Variancia táblázatok utolsó sora). A Variancia táblázatok utolsó oszlopa szerint a *Hőmérséklet* × *Lárvaállapot* kölcsönhatás az LD 15:9 fotoperiódusnál a legjelentősebb, a *Fotoperiódus* × *Lárvaállapot* kölcsönhatás pedig 28 °C-nál szignifikáns.

A DYAR-index stabilitása

Az 5. táblázat a szomszédos lárvastádiumokkal képzett fejtokszélesség arányokat listázza, kiegészítve SzD_{5%} értékekkel. Csak a táblázat alsó szárnyán, a fotoperiódusok átlagában képzett értékeknél látszik némi hőmérséklet hatás az L₃/L₂ és az L₄/L₃ arányokra vonatkozóan, ezek tendenciában ellentétesek egymással (az előbbi csökkenni látszik, az utóbbi viszont növekszik). A részletes variancia analízis azonban ezeket sem igazolta megbízhatóan. Így megállapítható, hogy a mesterséges körülmények között való nevelés ellenére a fejtokszélességi indexszámok hibahatáron belül állandó értéket mutatnak, összhangban a „DYAR-szabállyal”.

5. táblázat: Különböző hőmérsékleten és fotoperióduson nevelt káposzta-lepke lárvák fejtokszélességi arányai (DYAR-index)

Hőm.	Fotoperiódus (LD)	DYAR-index			
		L ₂ /L ₁	L ₃ /L ₂	L ₄ /L ₃	átlag
23 °C	13:11	1,54	1,68	1,51	1,58
	14:10	1,51	1,66	1,55	1,57
	15:9	1,50	1,72	1,56	1,59
	16:8	1,61	1,59	1,49	1,57
	17:7	1,62	1,55	1,54	1,57
25 °C	13:11	1,61	1,60	1,63	1,61
	14:10	1,59	1,64	1,62	1,62
	15:9	1,56	1,55	1,62	1,57
	16:8	1,49	1,58	1,53	1,53
	17:7	1,63	1,64	1,50	1,59
28 °C	13:11	1,58	1,40	1,77	1,58
	14:10	1,53	1,57	1,55	1,55
	15:9	1,63	1,22	1,97	1,61
	16:8	1,47	1,53	1,62	1,54
	17:7	1,54	1,63	1,53	1,57
SzD _{5%}		0,34			0,20
Hőmérsékletek átlagában	13:11	1,58	1,56	1,67	1,59
	14:10	1,54	1,62	1,57	1,59
	15:9	1,56	1,50	1,76	1,59
	16:8	1,52	1,57	1,55	1,55
	17:7	1,60	1,60	1,52	1,57
SzD _{5%}		0,20			0,11
Fotoperiódusok átlagában	Hőmérséklet				
	23 °C	1,56	1,64	1,53	1,58
	25 °C	1,57	1,60	1,58	1,58
	28 °C	1,58	1,47	1,69	1,57
SzD _{5%}		0,15			0,05

4.1.5. Van-e kapcsolat a fejlődési idő és a fejtokszélesség között?

Ez a kérdés önként adódik a nevelési körülményektől függetlenül is. Itt azért érdekes, mert – mint láttuk – a hőmérséklet és a fotoperiódus mindkét paraméterre hatással van.

Kísérleti eredményeimből lárvaállapotként az alábbi korrelációs együtthatókat kaptam a fejlődési idő és a fejtokszélesség között:

L₁ stádium: $r = 0,076$, $p = 0,79$; L₂ stádium: $r = 0,119$, $p = 0,67$

L₃ stádium: $r = 0,223$, $p = 0,42$; L₄ stádium: $r = 0,420$, $p = 0,12$

A lineáris kapcsolat egyik stádiumnál sem szignifikáns, de figyelemre méltó az r korrelációs együttható egyértelmű növekedése a lárvastádium előrehaladtával. Az L₄ stádiumban a kapcsolat már közel szignifikáns.

4.2. Megfigyelések szabadföldi inszektáriumban

4.2.1. A káposztalepke évi fejlődésmenete, nemzedékszám

A szabadföldi inszektáriumban áttelelt bábokból, amelyek az 1994. évi klímakamrás nevelésekből származtak, az első lepkék 1995. május 05-én rajzottak ki, sajnos kis számban és sérült szárnyakkal.

A Pölöskei Fajtakísérleti Állomáson (Zala megye) gyűjtött káposztalepkéket sikerült inszektáriumban (Keszthelyen) továbbnevelni. Mivel a nevelőketrecekben lévő egy-egy káposztanövényen – a tojás-csomókból kikelve – eltérő számú lárva ill. egyed nevelődött fel, az egyes szemaforontok megjelenésének időpontját ketrecenként jegyeztem

fel. Az egész populációra vonatkozóan, ezek kezdeti időpontja az alábbiak szerint alakult:

- 1995. 05.13. A szabadban gyűjtött lepkék tojásrakása megkezdődött.
- 05.18. A tojások száma ugrásszerűen megnövekedett a káposztaleveleken.
- 05.25. Kikeltek az első lárvák.
- 06.19. Megjelentek az első bábok a nevelőketrecek falán.
- 07.04. Kirajzottak az első lepkék.
- 07.11. Nagyszámú tojás a káposztaleveleken.
- 07.13. Megkezdődött a második lárvanemzedék kelése.
- 07.27. Megjelentek az első bábok a ketrecekben.
- 08.05. Megkezdődött a lepkerajzás.
- 08.11. Nagyszámú tojás a leveleken.
- 08.13. A harmadik lárvanemzedék kelése megkezdődött.
- 08.28. Elkezdődött a bábozódás.
- 09.15. Három lepke kirajzott, a többi báb diapauzába vonult!
- 1996. 05.07. Az áttelelt bábokból kirajzottak az első lepkék.

A fenti időpontokhoz kapcsolódva az inszektáriumban felnevelődött káposztalepke populáció egyedfejlődési ideje (tojásrakástól az imágók kirajzásáig) a 6. táblázatban foglaltak szerint alakult.

6. táblázat: A káposztalepke egyedfejlődési ideje
(1995, Keszthely, szabadföldi inszektárium)

Nemz.	Fejlődési idő (napokban)				Diapauzáló bábok aránya
	Embrionális állapot	Lárva állapot	Báb- állapot	T-I	
I.	15 ± 1,8	27 ± 3,3	17 ± 1,5	59 ± 3,8	2-3 %
II.	5 ± 1,5	17 ± 2,8	8 ± 1,3	30 ± 2,9	6-7 %
III.	6 ± 2,1	28 ± 3,0	10 ± 1,4	36 ± 4,2	90 %

A táblázatban feltüntetett egyedfejlődési idők egy adott miliőre (széljárta, árnyékos inszektárium), és olyan időjárási viszonyú évre voltak jellemzőek, mint az 1995-ös év, amikor is májustól szeptemberig a – vidékre jellemző – sokévi átlagnál hűvösebb és csapadékosabb időjárás uralkodott. (Megjegyzendő, hogy az utóbbi klímátényező, a zárt tetejű inszektáriumban esetleg csak a páratartalom összefüggésében szerepelt, mint hatótényező.)

A lárvafejlődési időre vonatkozó adatok azt mutatják, hogy legrövidebb idő alatt (kb. 17 nap) a második nemzedék lárvai fejlődtek ki, míg a leghosszabb időt (24 nap) az első nemzedék lárvaínak kifejlődése igényelte. Az inszektáriumban nevelődött második nemzedékű lárvaí fejlődési ideje legjobban a 25 °C-on, LD 14:10 fotoperióduson (laboratóriumi körülmények között) nevelt lárvaí fejlődési idejéhez (16,8 ± 2,5 nap) hasonlít.

A táblázat adatait és a naplószerű feljegyzést együtt elemezve látható, hogy a vizsgálati évben (és helyen) a káposztalepkének három teljes

nemzedéke alakult ki, sőt a fajra jellemző telelési formán (bábállapot) „túllépve”, néhány egyed az imágó stádiumig is eljutott. Ez utóbbi jelenség a természetben számos más, többnemzedékes fajnál is ismeretes. Az így kialakuló (akár a lárva stádiumig is eljutó) „csonka nemzedék” potenciálisan a következő évi populáció nagyságát csökkenti.

Az adatokból következően az első nemzedék kialakulása – az egyébként is alacsonyabb hőmérsékletű tavaszi időszakra esve – közel 60 napot vett igénybe. A második nemzedék – a száraz, meleg július hatására – jóval rövidebb idő (átlagosan 30-32 nap) alatt fejlődött ki. Az átlagosnál hűvösebb augusztusi időjárás több mint 35 napos nemzedékfejlődési időt indukált, a harmadik nemzedék esetében.

Az 1995-ös szabadföldi (inszektáriumban történt) nevelés alapján készített fenológiai naptár (10. ábra) szerint, ebben az évben a káposztalepke május elején kezdett rajzani. Az első rajzás után (amely június elejéig tartott) kb. 15 napos „szünet” következett. A második rajzás július elejétől augusztus elejéig, a harmadik augusztus közepétől szeptember közepéig tartott, július végi ill. augusztus végi csúcsokkal. A szeptemberben kirajzó néhány egyeddel „bezárólag”, a káposztalepke imágók jelenléte a nevelőketrecekben, július elejétől szeptember végéig folyamatos volt.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Nem- zedék
⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	⊙⊙⊙	◇◇◇ ≥ ≥ ≡ ≡ ≡								I.
					⊙	◇◇◇ ≥ ≥ ≡ ≡ ≡						II.
							◇◇◇ ≥ ≥ ≡ ≡ ≡					III.
								◇◇				

Jelmagyarázat: ⊙⊙⊙ báb, ◇◇◇ imágó, ≥≥≥ tojás, ≡≡≡ lárva

10. ábra: A káposztalepke fenológiai naptára, az 1995. év Keszthely környéki adataira alapozva (eredeti)

A fenológiai naptárban látható jelölések arra is utalnak (a 6. táblázatban relatív értékekkel is számszerűsítve), hogy a vizsgált káposztalepke populációból, már az első nemzedékű egészséges bábok sem fejlődtek 100 %-ban tovább, hanem azok 2-3 %-a nyugalmi állapotban maradt. Ez a diapauza arány a második nemzedéknél már 6-7 %-volt, a rövidülő nappalok idején fejlődő harmadik nemzedékű lárvákból kialakuló bábok pedig már 90 %-ban diapauzában maradtak.

4.2.2. A káposztalepkével kapcsolatos kiegészítő megfigyelések eredményei

Mint az a megfigyelési célok között is szerepelt, és a módszertani résznel is kifejtésre került, értékelni terveztem a lárvákat érő nevelési környezet (eltérő hőmérséklet- és fotoperiódus viszonyok) imágó-**fekundításban** megmutatkozó hatását.

Az értékelés alapját részben a diapauzáló bábokból (nevezetesen az 1994-es két kísérletsorozatnál diapauzában maradt, és a szabadföldi inszektáriumban áttelelt bábokból), részben a nem diapauzáló bábokból – még a klímakamrában – kirajzó imágók képezték.

Azok az imágók, amelyek tavasszal, az áttelelt diapauza utáni bábokból rajzottak ki, továbbá a diapauza nélkül, nyári időszakban kirajzók, természetes fény mellett élhettek tovább (táplálék és tojásrakási hely biztosításával). Mesterséges fény melletti „életre” csak az 1994. évi, őszi kísérletsorozatnál kirajzott egyedek kényszerültek.

A fekunditás, ill. a fekunditás-különbségek értékelése sajnos csak kis mértékben sikerült. Ennek elsődleges oka az volt, hogy a diapauzáló bábokból csak kis számú imágó rajzott ki; azok is sérült szárnyakkal. Ezek az egyedek hamar elpusztultak, így esetükben termékenységi összehasonlításra nem kerülhetett sor.

Nem volt kedvezőbb a helyzet a diapauza nélkül tovább fejlődő egyedek imágóinál sem. Ezen imágók 60-70 %-a szintén sérült szárnyakkal bújt ki a bábból, nem táplálkoztak, és nem is párosodtak; a tojásrakás elmaradt, hamar elpusztultak. A legtöbb sérült szárnyú egyed a 28 °C-os nevelési környezetből származott.

A természetes fény mellett élő egyedek esetében megfigyelhettem a **párzás** napi ritmusát. Felhőmentes napokon, a reggeli órától kezdődően 16-17 óráig csak szórványosan fordult elő, a késő délutáni és kora esti órákban gyakoribbá vált a párzás.

Csak a **23 °C**-on, 15 órás, ill. 17 órás megvilágításon felnevelődött populációk, **inszektáriumban** élő imágó utódainál nyílt alkalom bizonyos szintű fekunditás összehasonlítására.

A 15 órás megvilágításon nevelődők (5 párzó, táplálkozó nőstény), átlagosan 63 ± 18 tojást rakott, míg a 17 órás fotofázison fejlődők (7 párzó, táplálkozó nőstény) tojástermélésük átlagosan 74 ± 21 tojás volt. Ezt a tojásmennyiséget a nőstények 7-11 napig tartó életük során 2-3 „részletben” rakták le.

A **25 °C**-on és 14 órás nappalhosszon kinevelődött, **inszektáriumban** élő imágók tojástermélés nélkül elpusztultak, a 16 órán fejlődők (3 egészséges nőstény) átlagosan 10 ± 3 tojást raktak le.

Mesterséges **megvilágítás (4500 Lux) melletti** életre szintén ezen (25 °C) hőmérsékleten (de 15, ill. 17 órás fotofázison) nevelkedettek utódai kerültek. Esetükben párzást – annak ellenére, hogy az imágók zöme ép szárnyú (!) volt – csak 2-3 alkalommal figyeltem meg. Az imágók rövid életűek (3-4 nap) voltak, és ez idő alatt átlagosan $0,3 \pm 0,10$ tojást raktak.

A **28 °C**-on nevelődött populációk **inszektáriumban** élő, imágó utódai 88 %-ban sérültek voltak, tojást nem raktak. Kivételt képezett a 14 órás megvilágítású nevelési környezet, amikor is a 10 egészséges nőstény átlagosan 32 ± 10 tojást rakott.

Az inszektáriumi vizsgálatok során értékeltem a **parazitoidok** szerepét is. A megfigyelés alapját a szabadból (káposztaföldekről) behozott L₄-es, L₅-ös stádiumú lárvapopuláció képezte.

A lárvák fejlődését, táplálkozását figyelemmel kísérve azt tapasztaltam, hogy a parazitáltság tünetei csak a lárvafejlődési idő vége felé (általában a negyedik vedlés után) jelentkeztek, annak ellenére, hogy a parazitoidok, már a korábbi élőhelyen el kellett hogy helyezték tojásaikat a gazdaállat (fiatal) lárváiban. A parazitáltság tüneteként egyes lárvák színe a szokottnál sárgább lett, alakjuk megduzzadt, mozgásuk lelassult. Ezen egyedek esetében a bábozódás előtti időben, már a kültakarón keresztül is láthatóvá váltak a parazitoid lárvák fekete fejtokjai. Néhány nap után a parazitoid lárvák – rendkívül gyorsan – kibújtak a gazdaállat testéből, majd sárga kokont szőve bebábozódtak. A parazitált káposztalepke hernyók néhány esetben pár nappal túl is éltek a parazitoidok „távozását”.

A tenyészet 50 lárvaegyede közül 7 (14 %) lett parazitált. Az elpusztult káposztalepke lárvák mellett, lárvánként 14-32 parazitoid bábót találtam. A 21,9 °C átlaghőmérsékletű júliusi időszakban a parazitoid bábokból 5-7 nap alatt kirajzottak az imágók. A parazita néesség 100 %-ban a káposztalepke leggyakoribb lárvaparazitoidjának, *Aphanteles glomeratus* L.-nek bizonyult.

A lárvaparazitáltság mértéke azon populációk esetében, amelyek a tojásállapottól kezdődően a város belterületén (!) lévő inszektáriumban fejlődtek, alig 1 %-os volt. Vélhetően ez a magyarázata annak is, hogy a bábok (amelyek kivétel nélkül ebben a környezetben alakultak ki), egy esetben sem bizonyultak parazitálnak.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák fejlődési idejére

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a lárvák fejlődési idejére *kölcsönhatásokkal* tarkított: nem lehet hőmérséklethatásról beszélni általában, a fotoperiódus megjelölése nélkül, és viszont: nem lehet fotoperiódushatásról beszélni általában, a hőmérséklet megjelölése nélkül.

Vizsgálati eredményeimet értékelve:

Kifejezett hatás csak az L₅ stádiumban mutatkozott meg, ezen belül

- a hőmérséklet hatása az LD 13:11 fotoperiódusnál erős: 25 °C-nál megnyúlt a fejlődési idő, a másik két hőmérsékletszinthez képest,
- a fotoperiódus hatása 25 °C-nál erős: a megvilágítás tartama fokozatosan felgyorsította a lárvák fejlődését.

Enyhe hatás figyelhető meg az L₁ stádiumban, ezen belül

- a hőmérséklet az LD 13:11 fotoperiódusnál gyorsítja a lárvák fejlődését,
- a fotofázis tartama a 28 °C-on történő neveléskor határozottan lassítja a lárvák fejlődését.

Ez a 28 °C-on észlelt hatás a teljes lárvafejlődési időre vonatkozóan, nem volt egyértelmű minden megvilágításon, megegyezve Jones (1960 in:

Feltwell, 1982) megállapításával, mely szerint a *P. brassicae* lárvák fejlődése 27,5 °C-ig gyorsul, azután lelassul.

A 25 °C-on és LD 17:7 fotoperióduson nevelt lárvák, megfigyeléseink szerint, 13,88 nap alatt fejlődtek ki, hasonló idő alatt, mint Breugnon (1972) nevelési kísérleteinél.

A konstans körülmények közötti nevelés során megállapított fejlődési idő ismerete, a káposztalepkére vonatkozó egyéb megfigyeléseknél is hasznosítható. Amennyiben ismerjük például, hogy adott hőmérsékleten és nappalhosszúságon az egyes lárvastádiumok, ill. a teljes lárvafejlődés meddig tart (25 °C-on és 15 órás megvilágításon például közel 15 napig), akkor időben felkészülhetünk a vedlések, a bábozódás etológiájának megfigyelésére, stb.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák mortalitására

Az eltérő hőmérsékleti és fotoperiódus-hatásokat a káposztalepke lárvák, fejlődésük különböző szakaszaiban nem egyformán viselik el. A korai lárvastádiumokban lévő lárvák pusztulása a legkisebb vizsgált hőmérsékleten és legrövidebb fotoperióduson volt a legjelentősebb. A nagyobb testű lárvák (L₄, L₅ stádiumokban) mortalitása a hőmérséklet növekedésével megnőtt. A lárvamortalitás %-os aránya 25 °C-on volt a legalacsonyabb. Úgy tűnik, a *P. brassicae* lárvák az L₃-as stádiumban a legellenállóbbak a környezeti hatásokkal szemben. Hasonló kísérleti eredményekre jutott a lengyel Zuranska és Ciepielewska (1988).

A lárvaállapotok összesítésében vizsgálva a mortalitási esetszámokat, megállapítható, hogy a hőmérsékletnek igen erős, a fotoperiódusnak valamivel gyengébb (de statisztikailag igazolható) szerepe van a lárvapusztulásban.

Megállapítottuk, hogy a káposztalepke lárvák mortalitási aránya 25 °C-on és 13, 15, ill. 17 órás nappalhoszon történő nevelésnél volt a legkisebb. Ez a megfigyelés hasznosítható olyankor, amikor például nagyobb egyedszámú, egészséges káposztalepke lárvapopulációra van szükségünk etológiai vizsgálatokhoz, szerhatás értékeléséhez, stb.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a káposztalepke nyugalmi állapotára

A fotoperiódus és a hőmérséklet közvetlenül befolyásolja a *P. brassicae* diapauza viszonyának alakulását. A fotofázis és a hőmérséklet növekedésével a diapauzáló bábok aránya csökken. A rövid fotofázis hatását feloldja ugyan a magas hőmérséklet, de a két hatás nem pótolhatja egymást, csak befolyásolhatja. A természetben, a diapauza kialakulásában a fotoperiódus a meghatározó. A hőmérséklet – ha bizonyos határon belül is –, de mégis ingadozik, a fotoperiódus viszont konstans természeti tényező. Megfigyelési eredményeink a *P. brassicae* hőmérséklet és a fotoperiódus érzékenysége vonatkozásban egybeesnek Danilevszkij (1957), valamint Danilevszkij és Goryshin (1960) megállapításaival. Az általunk vizsgált populáció kritikus megvilágítási

ideje 13 és 14 óra közé esik aszerint, hogy milyen hőmérsékleten zajlott le a lárvafejlődés.

Saját megfigyeléseink szerint – megegyezően a hazai szakirodalommal – a káposztalepke téli nyugalmi állapota 6-6,5 hónapig is eltarthat. Szabadból behozott telelő bábokat 3,5-4 hétig 0-5 °C-on tartva, azok nyugalmi idejét jelentősen le lehetett rövidíteni. Ennek a megfigyelésnek jelentősége lehet akkor, ha télen is kívánunk ökológiai, fiziológiai vagy más jellegű kísérleteket végezni.

Amennyiben olyan megfigyeléseket végzünk, ahol a populáció továbbnevelése a cél (rajzás-etológiai vizsgálat, fekunditás értékelés, stb.), akkor – diapauza vizsgálataink eredményeire alapozva – a diapauza indukció kiküszöbölésére, a 25 °C-on és 15 órás nappalhosszon történő nevelését célszerű választani.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a káposztalepke lárvák fejtokszélességének alakulására

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a lárvák fejtokszélességére – csakúgy, mint a fejlődési időre – csak a kölcsönhatások figyelembevételével ítélni lehet meg.

Kifejezett hatások az L₃ és az L₄ stádiumban jelentkeztek. Nevezetesen:

- az L₃ stádiumban a hőmérséklet emelésével csökken a fejtokszélesség az LD 13:11, az LD 15:9 és az LD 16:8 fotoperiódusoknál, egyéb megvilágításoknál a csökkenő tendencia statisztikailag nem igazolt,

- ugyancsak csökken a fejtokméret az L₄ stádiumban a megvilágítás tartamának növelésével, 25 °C-on.

Kísérletünkben a 23 °C-on és különböző fotoperióduson nevelt *P. brassicae* lárvák fejtokszélességi méreteit érdemes összehasonlítani Shrihari (1972) 20-23 °C-on és 16 órás megvilágításon kapott méretadataival. A korai stádiumban lévő lárvák fejtokszélességei nagyon hasonlítanak a Shrihari (1972) által megadott értékekhez, a későbbi stádiumban lévő lárvák fejtokszélessége viszont esetünkben jelentősen kisebb volt, mint azt Shrihari (1972) mérései mutatták. Értékelve a DYAR-szabály (Jermy és Sáringer, 1955) érvényességét, azt tapasztaltuk, hogy a mesterséges körülmények között való nevelés ellenére a fejtokszélességi indexszámok megközelítően állandó értéket mutattak.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a káposztalepke párzására és peterakására

Megfigyeléseink szerint a magas hőmérsékleten (28 °C) nevelődő lárvákból fejlődő imágók tojásrakása általában elmaradt, és a kis számú lerakott tojásból sem keltek ki a lárvák. Az őszi és téli időszakban, laboratóriumi körülmények között (mesterséges megvilágítás mellett) végzett fekunditás-vizsgálatoknál, párzást és tojásrakás alig lehetett észlelni. Hasonló jelenséget tapasztalt Litvániában Miszljaniuniene (1976) laboratóriumi körülmények között. A napfény az egyik legerősebb befolyásoló tényező a lepkék párzásának inspirálásában, és ezt a hatást

laboratóriumi körülmények között nehéz elérni, ill. pótolni (Dussaussoy and Delplanque, 1964 in: Feltwell, 1982).

A természetes megvilágítás mellett is sikertelenek bizonyult fekunditás vizsgálataink oka abban keresendő, hogy a klímakamrás tenyészetből származó imágó populáció 60-70 %-ban sérült küllemű, nem párzó, és alig táplálkozó egyedekből állt.

Az imágók sérült volta – vélhetően – a fejlődés során az egyedeket ért stresszhatásokra is visszavezethető. Kedvezőtlen nevelési környezet lehet például a magas hőmérséklet és hosszú megvilágítás, amikor is a lárvák táplálkozási kényszere nő (esetleg nem elégséges, nem kellően friss táplálék mellett). Fizikai sérülés is érheti a lárvákat, fiatal bábokat a megfigyelési „műveletek” során.

Vélhetően – hipotetikusan – az imágóvá alakulásra előnytelenül hatott (esetükben) az a körülmény is, hogy a bábozódásra – a higrosztát üvegburái alatt – csak vízszintes helyzetben kerülhetett sor. Hasonló kísérleteknél tehát, már az L₅-ös lárvaállapot idején, az üvegedényeket a bábozódásra alkalmas felületű, magasabb, függőleges (!) falú izolátorokra kell cserélni.

Egyedfejlődési vizsgálat – Nemzedékszám megállapítása

A hazai szakirodalom szerint, a káposztalepkének Magyarországon, általában évi két nemzedéke fejlődik ki (Balás és Sáringer, 1982), illetve azokban az években, amikor korán tavaszodik és hosszú meleg ősz van, előfordulhat három nemzedéke is (Manninger, 1960). Ennek

magyarázatát abban látjuk, hogy a populációnak ilyen évjáratban nagyobb része esik a június 22-ig, állandóan növekvő nappalhosszúság alatti időszakra, így kifejlődhet a harmadik nemzedék is. Erre számos példa van a hazai, többnemzedékes kártevők között. Ilyen a *Leucoptera malifoliella* COSTA, vagy az *Ostrinia nubilalis* HÜBNER is. Utóbbi a második nemzedék megjelenésére példa.

Az 1995-ös évre alapozott megfigyeléseink szerint, Magyarországon a káposztalepkének olyan években is kialakul a három nemzedéke, amikor a vegetációs időszak a sokévi átlagnál hűvösebb. Az egy-egy nemzedék kialakulásához szükséges napok száma 1995-ben – a fejlődési időszak hőmérsékleti viszonyainak függvényeként – 30 és 60 nap közé esett.

Nevelési kísérletünknel a hőmérséklet- és nappalhosszúsági viszonyokkal meg nem magyarázhatóan, már az első nyári bábpopuláció néhány egyede (2-3 %), a nyári második báb népesség 6-7 %-a nyugalmi állapotban maradt.

Alma- és szilvamolynál (*Laspeyresia pomonella* L. és *Grapholitha funebrana* TR.) hasonló jelenséget figyelt meg Jermy (1967) és Sáringer (1971). Miután ezt a jelenséget minden egyes nemzedék esetében tapasztalták, ebből arra kell következtetni, hogy a szilvamoly olyan területről származik, ahol egy nemzedék fejlődésére voltak adottak az ökológiai feltételek. A faj populációja a törzsfajlás során olyan helyre került, ahol már a többnemzedékűségre is megvoltak a lehetőségek, de az egyes nemzedékhez tartozó populációk egy bizonyos százaléka, még a továbbfejlődéshez biztosított hőmérsékleti és fotoperiodikus viszonyok között is diapauzában maradt. Bekövetkezhet, hogy valami nagyon kedvezőtlen körülmény hatására a rajzó populációk egyedei elpusztulnak,

a faj mégsem semmisül meg, mert a 25-55 %-ban diapauzáló populáció biztosítja a faj fennmaradását. Az ilyen jelenségek bizonyítják, hogy a fajok milyen mértékben képesek biztosítani fennmaradásukat. Ezen tulajdonságuk, minden bizonnyal a törzsfajlás során, génikusan rögzült tulajdonsággá vált.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A káposztalepkére (*Pieris brassicae* L.) vonatkozó autökológiai megfigyeléseimet 1994-ben és 1995-ben Keszthelyen végeztem.

Vizsgálataim célja volt:

- A hőmérséklet és a fotoperiódus
 - lárvafejlődési időre,
 - diapauza százalékra,
 - lárvamortalitásra,
 - lárvamorfológiára és
 - az imágók termékenységére gyakorolt hatását értékelni.
- A káposztalepke évi fejlődésmenetét nyomon követni, nemzedék-számát meghatározni.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatását a következő hőmérsékletű és megvilágítású klímakamrákban ill. fotoboxokban végeztem:

23 °C-on, 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágításon

25 °C-on, 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágításon

28 °C-on, 13, 14, 15, 16, 17 órás megvilágításon

Hőmérsékletenként és fotoperiódusonként (fotoboxonként) 25-25 lárvét neveltem fel higrosztátokban (az L₁-es stádiumtól a bábállapotig). A nevelés során megfigyeltem a lárvák mortalitását, a lárvafejlődési időt, továbbá kigyűjtöttem a levedlett fejtokokat is a morfológiai értékeléshez. A bábozódás után került sor a diapauza % megállapítására. A kirajzó

imágók termékenységi vizsgálata barackmoly tenyésztésére használt ketrecekben történt, virágzó gyomok, mézes víz (táplálék), cserepes káposztanövény (tojásrakóhely) biztosításával. A fejlődésmenet és nemzedékszám-megfigyelés hasonló feltételek mellett, szabadföldi inszektáriumban, szabadban gyűjtött lepkék tojásaira alapozva történt.

A hőmérséklet és a fotoperiódus hatása a lárvák fejlődési idejére vonatkozóan kölcsönhatásokkal tarkított: a legmagasabb vizsgált hőmérsékleten (28 °C), a fotofázis növekedésével párhuzamosan lelassult a lárvák fejlődése (az L₁-es stádiumban igazolhatóan). Ennél a korai stádiumnál a hőmérséklet növekedése, az LD 13:11 fotoperiódus kölcsönhatásában felgyorsította a lárvák fejlődését. Kifejezett hatás az L₅-ös lárvastádium esetében mutatkozott meg. Itt a fotoperiódus hatása 25 °C-nál erős volt: a megvilágítás növekedésével párhuzamosan felgyorsult a lárvák fejlődése.

A káposztalepke nyugalmi állapotára vonatkozóan megállapítottuk, hogy a 23 és 25 °C-on, 13 órás megvilágítás mellett nevelődött lárvákból kifejlődött bábok 100 %-ban diapauzában maradtak, míg ugyanezen hőmérsékletek, 14 órás megvilágítás mellett, 50, ill. 47,6 %-os diapauzát indukáltak. A legmagasabb hőmérséklet (28 °C) hatására, az LD 13:11 fotoperióduson nevelt populáció már csak 60,8 %-ban diapauzált, a 14 órás fotofázis hatását pedig teljesen feloldva, az érintett populáció 100 %-ban diapauza nélkül fejlődött tovább. Hosszabb megvilágításon (15, 16, 17 óra), mindhárom hőmérsékleten, az egészséges lárvanépességből fejlődő bábok 100 %-ban, diapauza nélkül imágóvá alakultak.

A lárvák mortalitása – összecsengve a lárvafejlődési időre vonatkozó megállapításokkal – a magas (28 °C) hőmérséklettel párosuló hosszú megvilágításoknál volt a legnagyobb (40-80 %). Az alacsonyabb hőmérséklet (23 °C), rövidebb megvilágítással (13, 14 óra) együtt, szintén kedvezőtlen nevelési környezetnek tűnt, különösen az L₁-es stádiumú lárvák számára.

A különböző hőmérsékleten és fotoperióduson nevelt *P. brassicae* lárvák legkisebb fejtokszélességi méretei 25 °C-on, LD 14:10 fotoperiódusnál alakultak ki, minden lárvastádiumban. A hőmérséklet növekedésével párhuzamosan, fejtokszélesség csökkenést tapasztaltunk, az L₃ stádium esetében statisztikailag igazolhatóan.

Szabadföldi (inszektárimban végzett) nevelési vizsgálatnál, 1995-ben (július kivételével, a sokévi átlagnál hűvösebb és csapadékosabb vegetációs idejű évben) a *P. brassicae*-nek három nemzedéke alakult ki. Az egymás után következő nemzedékek kifejlődése megközelítően 60, 30, ill. 35 napot vett igénybe.

SUMMARY

The experiments about the autoecology of *Pieris brassicae* in 1994 and 1995, in Keszthely.

The goals of observation were:

Investigation of the influence of photoperiod and temperature on:

- time of larvae's development
- incidence of pupal diapause
- mortality of larvae
- larva's morphology
- the adult's fertility

Investigation of the number of generation of *P. brassicae*

The influence of photoperiod and temperature on the development on *P. brassicae* was observed in laboratory at three temperatures (23, 25 and 28°C, respectively) and five photoperiods (ranging from LD 13:11 to LD 17:7). Twenty-five larvae per experimental variant were used. The caterpillars were kept in hygrometers (closed glass jars with an atmosphere of controlled humidity) and fed regularly with fresh cabbage leaves. During the experiment I registered larval mortality and collected capsules shed at moult (morphology observation). The observation of adult's fertility took place in a special cage. The adults were fed with blossom wild plants and honey water solution. The adults oviposited on cabbage

plants in the cage. The observation of development and generation's number happened in the same conditions (outdoor insectarium).

The results of experiments showed that with the increase of temperature larval developed faster at all five photoperiods. An exception can be noted at 28°C where at photoperiods LD 15:9, 16:8 and 17:7 the time of development of larval was unusually long. This can be explained by the unsuitable rearing condition at this high temperature and long illumination. The positive influence of temperature on the rate of larval development was most significant at short daylength (LD 13:11) and in early larval stages. The effect of photoperiod on the developmental time was especially clear at 23°C. At higher temperature (25°C), L₅ larvae proved to be considerably sensitive to the increase of daylength.

Analyzing the results of percentage of diapause induction, it is clear that 100% of pupa entered diapause at 23 and 25°C and at LD 13:11, while at LD 14:10 photoperiod only 50% or 47,6% of the population diapaused. At highest temperature (28°C) only 60,8% of the larval population reared at LD 13:11 produced diapausing pupae. However, at LD 14:10 the high temperature eliminated the effect of photoperiod and 100% of individuals developed without diapause.

With longer periods of illumination (15, 16 and 17 hours), 100% of the population developed uninterruptedly into adults, regardless to the temperature.

Results of larvae's mortality observation showed that at the high temperature (25 and 28°C) and long period of illumination the larvae mortality rate was the highest (40-80%). In the other way – at the lower temperature (23°C) and short period of illumination (13, 14 hour) the

rearing conditions were unsuitable, L₁ larvae proved to be considerably sensitive to the effect of this conditions.

In the results of investigations of the influence of temperature and photoperiod on the head capsule, it can be observed that the narrowest head capsules were measured in larvae (all stages) reared at 25°C and LD 14:10 photoperiod.

If we approach the problem from the aspect of temperature, this tendency can be stated: The higher temperature was, the smaller were the head capsules in all larval stages.

In 1995 during outdoor experiments (the weather was colder and more rainy than in past years, only July was warm), it was found that *P. brassicae* had a third generation. The subsequent generations needed 60, 30, or 35 days to develop, respectively.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton mondok köszönetet dr. Sáringer Gyula akadémikus úrnak, programvezetőmnek, és dr. Czencz Kornélia egyetemi docens, témavezetőnek a sokoldalú szakmai irányításért, megértésért, és a dolgozatom elkészültéhez nyújtott önzetlen segítségükért.

Köszönetet mondok továbbá dr. habil. Varjas László egyetemi magántanár úrnak szakmai tanácsaiért, valamint a *Pieris brassicae* tojáspopulációk rendelkezésemre bocsátásáért.

Külön köszönöm dr. Józsa Sándor matematikusnak a statisztikai elemzés módszerében, és az eredmények értelmezésében nyújtott részletes tanácsait.

Köszönöm továbbá dr. habil. Fischl Géza egyetemi tanár úrnak a bábtelemekben talált gombák meghatározását.

Köszönettel tartozom Vipler Józsefnének a laboratóriumi tenyésztésben nyújtott segítségért, Zalányiné Duduk Juditnak a publikációim, valamint Horváth Margitnak a dolgozatom gépeléséért.

Köszönöm az Intézet minden munkatársának felém irányuló emberi és szakmai segítőkészségét.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Ábrahám A.** (1961): Összehasonlító állatszervezetan. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest
- Andrewartha, H.G.** (1952): Diapause in Relation to the Ecology of Insects. Biol. Rev. 27: 50-107.
- Balás G. és Sáringer Gy.** (1982): Kertészeti kártevők. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1-1069.
- Beck, S.D.** (1980): Insect Photoperiodism. Second Edition. Academic Press, New York London Toronto Sydney San Francisco, 1-387.
- Beczner L., Bodor L. és Paizs L.né** (1970): Zöldségfélék növényvédelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1-313.
- Bej-Bienko, G.J., Bogdanov-Katkov, N.N., Falkenstein, B.J., Csigajev, G.A., Scsegolev, V.N.,** (1949): Szelszkohozajstvennaja entomologia. Izd. Szelhozgiz., Moszkva, Leningrad.
- Benz, G.** (1970): Stimulation of oogenesis in *Pieris brassicae* by juvenile hormone derivative farnasenic acid ethyl ether. Experimentia, 26 (9): 1012.
- Bognár S. és Huzián L.** (1974): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1-436.
- Bonnemaison, L.** (1945): Arrêts de développement et diapauses. Ann. Épiphyties, Paris, 11: 19-55.
- Breugnon, M.M.** (1972): Étude de quelques caractères du developpement postembryonnaire de *Pieris brassicae* á trois condition thermiques différentes. Ann. Soc. ent. Fr. 8: 461-473.

- Burges, H.D.** (1981): Microbial control of pests and plant diseases 1978-1980. Academic Press, London
- Bünning, E. und Jörrens, G.,** (1962): Versuche über den Zeitmessvorgang bei der photoperiodischen Diapause-Induktion von *Pieris brassicae*. Z. Naturf. 17: 57-61.
- Chovet, G.** (1977): Les stimulus visuels dans le déclenchment de la parade nuptiale chez *Pieris brassicae* L. C. r. Acad. Sci. Paris. 284: 2127-2130.
- Czencz K.** (1973a): Autökológiai vizsgálatok a káposztamollyal (*Plutella maculipennis* CURT. Lep.: Plutellidae) kapcsolatban Magyarországon. Növényvédelem, 6: 242-246.
- Czencz K.** (1973b): A káposztamoly (*Plutella maculipennis* CURT.) biológiája, és az ellene való védekezés Magyarországon. Doktori értekezés. Agrártudományi Egyetem, Keszthely
- Danilevszkij, A.S.** (1948): Fotoperiodicseszkaja reakcija naszekomüh v uszlovijah iszkusztvennovo oszvescsenija. DAN SzSzSzR. 60:481-484.
- Danilevszkij, A.S.** (1957): Fotoperiodizm kak faktor obrazovanija geograficeszkih rasz u naszekomüh. Entomol. Obozr. 36: 6-27.
- Danilevszkij, A.S.** (1961): Fotoperiodizm i szezonoje razvityije naszekomüh. Leningrad. 1-243.
- Danilevszkij, A.S.** (1968): Photoperiodic Adaptations in Insects and Acari. Leningrad University Press. Leningrad
- Danilevszkij, A.S. and Geispits, K.F.** (1948): The effect of the daily periodicity of light on seasonal cycles of insects. Rep. Acad. Sci. USSR. 59: 237-240.

- Danilevskij, A.S., Glinjanaja, E.I.** (1949): O vlijanyie szootnosenija tyomnüh i szvetlüh periodov szutok na razvityije naszekomüh. DAN SzSzSzR. 68: 785-788.
- Danilevskij, A.S. and Goryshin, N.I.** (1960): The relation between temperature and light conditions in regulating diapause in insect. Trans. Peterhof Biol. Inst. Lsu 18: 147-168.
- David, W.A.L. and Gardiner, B.O.C.** (1952): Laboratory breeding of *Pieris brassicae* and *Apanteles glomeratus* L. Proc. R. ent. Soc. Lond. (A) 27: 54-56.
- David, W.A.L. and Gardiner, B.O.C.** (1961): The mating behavior of *Pieris brassicae* (L.) in laboratory culture. Bull. Ent. Res. 52: 263-280.
- David, W.A.L. and Gardiner, B.O.C.** (1962): Observation on the larvae and pupae of *Pieris brassicae* (L.) in a laboratory culture. Bull. Ent. Res. 417-436.
- Deseő, K.V. and Sáringer, Gy.** (1975): Photoperiodic effect on fecundity of *Laspeyresia pomonella*, *Grapholita funebrana* and *G. molesta*: the sensitive period. Entom. exp. appl., 18 (2): 187-193.
- Dickson, R.C.** (1949): Factors governing the induction of diapause in the oriental fruit moth. Ann. Ent. Soc. Am. 42: 511-537.
- Dumortier, B. et Brunnarius, J.** (1977): L'information thermique et l'induction de la diapause chez *Pieris brassicae*. Note. C. r. Acad. Sci. Paris D 284: 957-960.
- Feltwell, J.** (1982): The Biology, Biochemistry and Physiology of *Pieris brassicae* (LINNAEUS). Dr. W. Junk Publishers The Hague-Boston-London

- Frohawke, F.W.** (1934): British Butterflies. Ward, Lock & Co. Ltd. London & Melbourne
- Gardiner, B.O.C.** (1963): Genetic and environmental variation in *Pieris brassicae*. J. Res. Lepid. 2: 127-136.
- Gardiner, B.O.C.** (1978): Instar number and pupal colouration in Palestinian *Pieris brassicae*. Proc. & Trans. Brit. ent. nat. Hist. Soc. 11: 21-23.
- Geispits, K.F.** (1953): The reaction of univoltine Lepidoptera to daylength. Ent. Obozr. 33: 17-51.
- Gerasimov, A.** (1952): Fauna der USSR. *Lepidopteren*. Teil I. Schmetterlingsraupen. Acad. d. Wissenschaft. Leningrad u. Moskau, 2: 238.
- Gorüsin, N.I.** (1955): Szootnosenyije szvetovovo i temperaturnovovo faktorov v fotoperiodiceseskoj reakcii naszekomüch. Ent. Obozr. 34: 9-14.
- Gorüsin, N.I., Geiszpic, K.F.** (1975): Nyekatorüje aktualnüje voproszü fenologiceseszkovo analiza v entomologii. Zool. zsürn. t. 54, vüp. 6, s. 895-912.
- Gorüsin, N.I., Tüscsenko, V.P.** (1968): Fiziologiceseszkije mehanizmü fotoperiodiceseszkij reakcii i problema endogennüh ritmov. Tr. Petergovszk. biol. in-ta. T. 21, c. 68-89.
- Gorüsin, N.I., Volkovics, T.A., Saulics, A.H.** (1979): Szravnyitelnaja effektivnoszty konsztantnüi i izmenyajusesichszja fotoperiodov dlja trjoh vidov csesujekrülüh. Zool. zsürn., T. 58, vüp. 1. s. 44-53.
- Hewitt, C.G.** (1917): Insect behaviour as a factor in applied entomology. J. econ. ent. Concord. N. H. 10: 1.

- Hinton, H.E.** (1946): On the homology and nomenclature of the setae of lepidopterous larvae, with some notes on the phylogeny of the lepidoptera. *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 97: 1-37.
- Jermý, T.** (1967): Experiments on the Factors Governing Diapause in the Codling Moth, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae). *Acta Phytopath. Hung.* 2: 49-60.
- Jermý T. és Sáringer Gy.** (1955): A burgonyabogár. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1-188.
- Johansson, A.** (1959): Diapause and pupal morphology and colour in *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Norsk. ent. Tidskr.* 9: 86-90.
- Klein, H.Z.** (1932): Studien zur Oekologie und Epidiologie der Kohlweisslinge. Der Einfluss der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Entwicklung und Mortalität von *Pieris brassicae* L. *Z. angew. Ent.* 19: 395-448.
- Kogure, M.** (1933): The influence of light and temperature on certain characters of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Dept. Agr. Hyusha Univ.* 4: 1-93.
- Kozhanchikov, I.** (1936): The role of ecological factors in the distribution of *Pieris brassicae* L. *Plant Prot.* 2: 30-57.
- Kurentzov, N.J.** (1929): Fauna de l'USSR. 1. Lepidoptera. Leningrad
- Lees, A.D.** (1955): The Physiology of Diapause in Arthropods. Cambridge Univ. Press. 1: 1-151.
- Maercks, H.** (1934): Untersuchungen zur Ökologie des Kohlweisslings (*Pieris brassicae* L.), die Temperaturreaktionen und das Feuchtigkeitsoptimum. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 28: 692-721.

- Manninger, G.A.** (1960): Szántóföldi növények kártevői. Mezőgazd. Kiadó, Budapest, 1-375.
- Miszljaniuniene, I.S.** (1976): Razvityije kapusztnoj beljanki v litovszkoj SzSzR v polevüh i laboratornüh uszlovijah. Trudü Akadémii nauk Litovszkoj SzSzR, serija B, 1976 g., t. 4 (76): 71-75.
- Moiseeva, N.V., Mashkina, L.G., Kalashnikova, G.I. and Ratomskaya, A.A.** (1975): The effectiveness of the use of Trichogramma for control of certain pests in the Chu Valley, Kirgizia. In: **Protsenko, A.I.** (ed.): Arthropods of Agriculture Importance. Emt. issled. Kirgizii Vypusk. Kirgiz SSR.
- Mukerji, G.P.** (1961): On the biology of „cabbage white” *Pieris brassicae*. J. Zool. Soc. India 13: 121-127.
- Müller, H.J.** (1958): Über den Einfluss der Photoperiode auf Diapause und Körpergrosse der Delphacidae *Stenocranus minutus* Fabr. Zool. Anz. 160: 294-311.
- Nicolson, S.W.** (1976): Diuresis in Cabbage White Butterfly, *Pieris brassicae*: fluid secretion by the Malpighian tubules. J. Insect Physiol. 22: 1347-1356.
- Portier, P.** (1949): Biologie des Lépidoptères. Lechavalierr, Paris
- Sáringer, Gy.** (1960): Untersuchungen über die Ökologie des Senfkäfers (*Colaphellus sophiae* SCHALL.). Acta Biologica Hung. 11: 109-143.
- Sáringer, Gy.** (1967): Studies on the diapause of plum moth (*Grapholitha funebrana* Tr.) Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung. 2 (3): 225-241.

- Sáringer, Gy.** (1970): The diapause of SW Hungarian plum moth (*Laspeyresia funebrana* Tr.) population.- Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung., 5 (2-4): 371-374.
- Sáringer, Gy.** (1971): The role of temperature, photoperiod and food quality in the diapause of *Grapholita funebrana* Tr. (Lep., Tortricidae). Acta phytopath. Acad. Sci. Hung., 6 (1-4): 181-184.
- Sáringer Gy.** (1972): A rovarok nyugalmi állapotainak jelentősége a növényvédelmi rovarokban. Doktori értekezés. Keszthely, 1-495.
- Sáringer Gy.** (1976): A rovarok nyugalmi állapotáról (Összefoglaló tanulmány). Ann. Inst. Prot. Plant. Hung. 13: 107-166.
- Scsegolev, V.N.** (1949): Kapusznaja bieljanka. Izd. VIZR., Leningrad
- Shapiro, V.A.A.** (1976): *Apantales glomeratus* L. – a parasite of the Cabbage White Butterfly. Zashch. Rast. (10): 17-18.
- Shrihari, T.** (1972): Observation sur le poids et la taille au cours de la croissance et de la métamorphose chez *Pieris brassicae* L. Ann. Soc. ent. (N.S.), 8: 359-376.
- Spieth, H.R.** (1995): Change in Photoperiodic Sensivity During Larval Development of *Pieris brassicae*. J. Insect Physiol., 41 (1): 77-83.
- Spieth, H.R.** and **Sauer, K.P.** (1991): Quantitative measurement of photoperiods and its significance for the induction of diapause in *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae). J Insect Physiol., 37 (3): 231-238.
- Starega, M.** (1975): Key for the identification of Polish insects, Pieridae, Papilionidae. Polish ent. Soc. Lep. Warsaw 27: 65-66.
- Sváb J.** (1973): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazd. Kiadó, Budapest

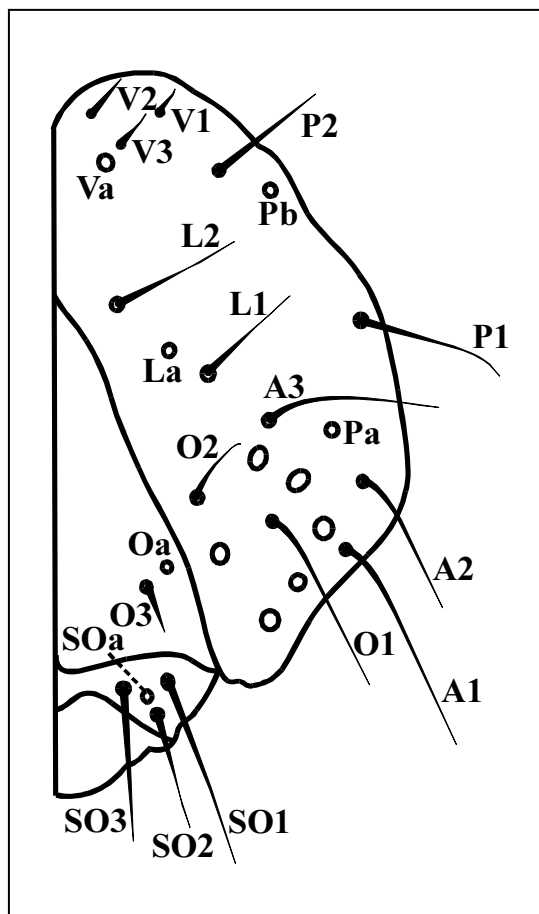
- Tyshenko, G.F. and Goryshin, N.T.** (1979): The effect of photothermal conditions on the diapause (induction and depth) in *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae). Ent. Rev. 58 (3): 1-9.
- Ubrizsy G. és Reichart G.** (1958): Termesztett növényeink védelme. Mezőgazd. Kiadó, Budapest, 1-447.
- Varjas L.** (1963): Légzésvizsgálatok az amerikai szövőlepke (*Hyphantria cunea* DRURY) diapauza bábjaiban. Egyetemi doktori értekezés, Szeged, 1-202.
- Veerman, A., Beekman, M. and Veenendaal, R.L.** (1988): Photoperiodic induction of diapause in the Large White butterfly, *Pieris brassicae*: evidence for hourglass time measurement. J. Insect Physiol. 34: 1063.
- Viktorov, G.A.** (1976): Ekologija parazitov – entomofagov. Izdatelsztvo „Nauka”, Moskva
- Volkovics, T.A., Gorüsin, N.I.** (1982): Ocenka dlinü dnja v porogovoj zone i vlianyija faktora posztypeennostyi na fotoperiodicseskuju reakciu kapusztnoj beljanki *Pieris brassicae* L. Lepidoptera, Pieridae). Entom. bozr. T. 61, vüp. 3 c. 454-461.
- Werner, K.** (1958): Die Larvasystematik einiger Kleinschmetterlingsfamilien. Akademie Verlag, Berlin
- Wilde, J. de** (1958): Perception of the photoperiod by the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* SAY.). Proc. 10th Intern. Congr. Entomol., Montreal, 1956. 2: 213-218.
- Williams, C.B.** (1958): Insect migration. Collins, London. New Naturalist Series.

- Zaslavskiy, V.A.** (1988): Insect Development: Photoperiodic and Temperature Control. Springer, Berlin
- Zaslavskiy, V.A.** and **Fomenko, R.B.** (1980): New data on the photoperiodic reaction of the Knotgrass Moth *Acronycta rumicis* L. (Lepidoptera, Noctuidae). Ent. Rev. 59: 9-16.
- Zuranska, I.** and **Ciepielewska, D.** (1988): The influence of some ecological factors on the development and survival of eggs and larvae of the cabbage white *Pieris brassicae* L.). Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Agricultura 46: 165-173 (Pl, en, ru, 8 ref.)

FÜGGELÉK

A káposztalepke (*Pieris brassicae* L.) lárva chaetotaxiája

A lárvafej chaetotaxiáját a 11. ábra szemlélteti. A serték jelölését Hinton (1946) nemzetközileg elfogadott nomenklatúrája alapján végeztem.



A serték elnevezése a következő:

- A1 – anteriores prima
- A2 – anteriores secunda
- A3 – anteriores tertia
- Pa – porus anteriores
- O1 – ommatalis prima
- O2 – ommatalis secunda
- O3 – ommatalis tertia
- Po – porus ommatalis
- SO1 – subommatalis prima
- SO2 – subommatalis secunda
- SO3 – subommatalis tertia
- SOa – porus subommatalis
- L1 – lateralis prima
- L2 – lateralis secunda
- La – porus lateralis
- P1 – posteriores prima
- Pa – porus posteriores
- Pb – porus posteriores
- V1 – verticalis prima
- V2 – verticalis secunda
- V3 – verticalis tertia
- Va – porus verticalis

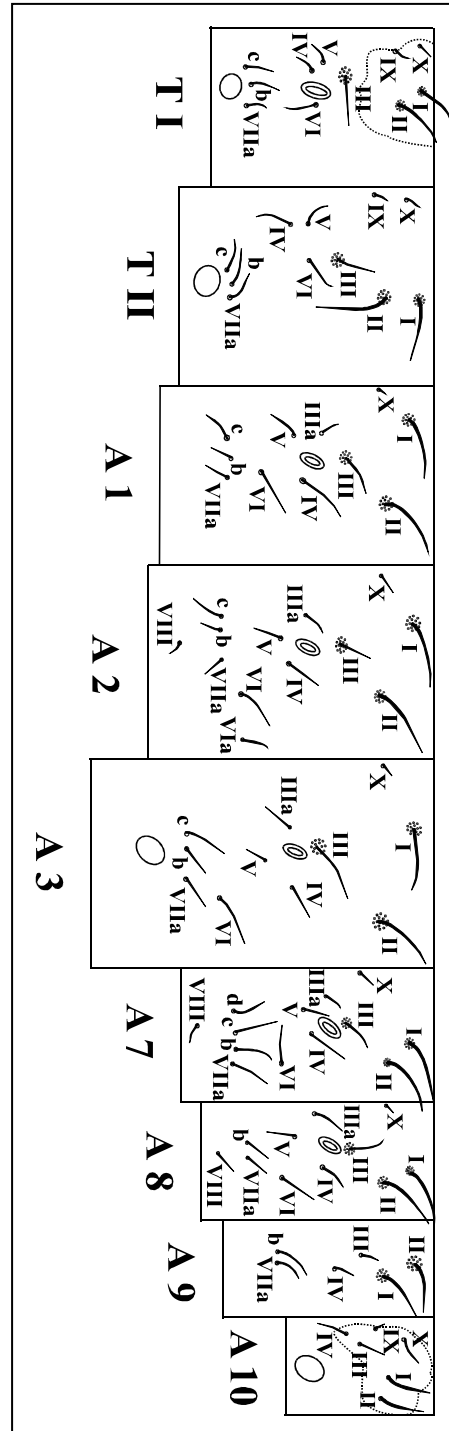
11. ábra: L₅-ös stádiumú káposztalepke lárva fejének chaetotaxiája (eredeti)

A lárvatest chaetotaxiáját a 12. ábra szemlélteti. A serték jelölését Gerasimov (1935) és Werner (1958) által használt nevezéktan alapján végeztem.

A serték elnevezése a következő:

- | | | |
|---------------|---|---------------------------|
| I. | – | subdorsale anterior |
| II. | – | subdorsale posterior |
| III. | – | suprastigmale |
| III.a | – | prostigmatale |
| IV. | – | poststigmatale |
| V. | – | substigmatale |
| VI. | – | supraventrals |
| VI.a | – | supraventrals accessorium |
| VII. | – | extrapodale |
| VII.a | – | extrapodale |
| VII.b | – | extrapodale |
| VII.c | – | extrapodale |
| VII.d | – | extrapodale |
| VIII. | – | intrapodale |
| IX. | – | praemarginale |
| X. | – | praedorsale |
| T | – | thorax (tor) |
| T I | – | prothorax (előtor) |
| T II | – | mesothorax (középtor) |
| A | – | abdomen (potroh) |
| A 1-10 | – | potrohszervények |

12. ábra: Az L₅-ös stádiumú káposztalepke lárva tor- és potrohszervényeinek chaetotaxiája (eredeti)



Az előtoron az I., II., IX. és X-es serték közös pajzson ülnek. A X. és I., illetve a IX. és II. serték horizontálisan egyvonalban helyezkednek el. A X. és IX. serte közötti távolság majdnem akkora, mint az I. és II. serte közötti távolság. A stigma előtti pajzson található a III. serte. A VII. csoporthoz tartozó serték közötti távolság egyenlő.

A közép- és utótoron az I. és II., X. és IX., V. és IV., III. és VI. serte vertikálisan egyvonalban helyezkednek el. A IV. serte lejjebb van, mint az V. és VI. A VII. csoporthoz tartozó serték közötti távolság egyenlő.

Az első három hasi szelvényen a serték elhelyezkedése lényegesen nem különbözik egymástól. Ezekben a szelvényeken megjelenik a III.a serte is, a stigma előtt.

Az I. és II. serte közötti távolság egyenlő a X. és III. serte közötti távolsággal. A stigma körbe van véve a III., III.a, IV. és V. sertékkal. A serték egyenlő távolságban helyezkednek el egymástól. Kis eltérés mutatkozik a második hasi szelvényen, ahol megtalálható a VI.a és a VIII. serte is.

A hetedik, nyolcadik, kilencedik és tizedik szelvényen az I. és II. serte közötti távolság lényegesen kisebb, mint az első három hasi szelvényen volt. A hetedik szelvényen a VII. csoporthoz tartozó serték száma négyre nőtt.

A kilencedik hasi szelvényen az I. serte lejjebb van, mint a II. serte. Ezen a szelvényen csökkent a serték száma, nem található az V., VI. és X. serte; a VII. csoportot csak 2 serte képviseli. Az I., II., III. és IV. serték közel egyvonalban helyezkednek el, vertikális irányban.

Az analis pajzson az I. és II. serte sokkal lejjebb helyezkedik el, mint a többi szelvényen. A III. és IV. serte nagyon közel található egymáshoz.

Az I. és II. serte sokkal hosszabb és vastagabb, mint a többi serte.