



A bengáli botsáskák színezetének és egyedfejlődésének a vizsgálata

Kutatásmódszertani kategória
Természettudományos szekció

Készítette: Tolvaj Zselyke 6.a osztály

Felkészítő tanár: Lukovics Katalin

Bárdos László Gimnázium
2800 Tatabánya Gál István ltp. 701.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Probléma	3
2.1 A probléma tudományterületi besorolása	3
2.2 Kérdéseim, hipotézisem	3
2.3 Alkalmazott kutatási módszerek.....	4
3. Téma bemutatása	4
3.1 A bengáli botsáskák jellemzése	4
3.1.1 Rendszertani besorolás	5
3.1.2 A bengáli botsáskák megjelenése	5
3.1.3 A bengáli botsáskák életmódja	6
3.1.4 Szaporodás és egyedfejlődés	7
3.2 A bengáli botsáskák otthoni tartása	8
3.2.1 Terrárium	8
3.2.2 Tartási körülmények	9
4. Saját méréseim	10
4.1 A bengáli botsáskák színezete	11
4.1.1 Kísérletek	12
4.1.2 Következtetések	15
4.2 A bengáli botsáskák növekedése és vedlése	16
5. Összegzés	18
6. Felhasznált irodalom	19
7. Képjegyzék	19

1. Bevezetés

Az előadásom elkészítésére elsősorban az motivált, hogy az iskola természettudományos tantermének terráriumban több fajta botoskát is tartottak, amelyek nagyon felkeltették az érdeklődésemet. A szünetekben és délutánonként mindig szívesen nézegettem ezeket az állatokat és részt vettem az etetésükön is. Különösen az keltette fel a figyelmemet, hogy ezek a botoskák, hogyan növekednek, hogyan szaporodnak és mi okozza a színváltozásaikat.

Ezen kívül, arra is kíváncsi voltam, hogy:

- milyen módszerekkel lehet elvégezni egy természettudományos kutatást,
- hogyan kell megtervezni a mérésorozatot,
- hogyan kell kiértékelni az eredményeket és
- hogyan lehet ezek alapján bizonyítani vagy megcáfolni az elképzeléseimet.

2. Probléma

2.1 A probléma tudományterületi besorolása

A tudomány térképét áttekintve munkámat a természettudomány főágon belül a biológia ághoz rendeltem. (Schranz András: A tudomány térképe alapján) A biológia területén belül pedig az etológia, zoológia és az élettan részterületeket érinti a dolgozatom.

2.2. Kérdéseim, hipotéziseim

A botoskák tartására vonatkozóan nyomtatott irodalmat csak angol nyelven találtam. Magyar források között csak igen régiek vannak és ezek is elsősorban a faj külső megjelenésére korlátozódnak. Az interneten ugyan számos információt találtam, de nagyon nehéz volt eldönteni, hogy ezek közül mi a hiteles és mi nem az. Érdekeség, hogy az általam vizsgált botoskákat 2024. elején a ChatGPT még kihalt csigafajnak nevezte és azt írta, hogy így nincsenek ideális tartási feltételei. 2024. szeptemberében – bár még pálcikának nevezte őket magyarul – de pontos leírást adott róluk és a tartási körülményeket is meglehetősen pontosan meg tudta adni.

A legtöbb hiteles és használható információt a

<https://fekosz.gportal.hu/gindex.php?pg=12251070&nid=2295427> és a

<https://web.archive.org/web/20151224212726/http://www.termesztvilaga.hu/tv2002/tv0206/vermes.html>

honlapon találtam. Ezek alapján a következő kérdések fogalmazódtak meg bennem:

- Hogyan kell ezeket az állatokat helyesen tartani?
- Mit jelent az, hogy a fogságban tartott egyedek csak szűznemzéssel tudnak szaporodni?
- Mi határozza meg az állatok színét, ha genetikailag egyformák?
- Hogyan növekednek és fejlődnek a botoskák?

Hipotéziseim:

1. A botsáskák színe nem genetikailag meghatározott.
2. A botsáskák képesek érzékelni a környezetük színét és ez határozza meg a színezetüket.
3. A botsáskák fejlődését a környezeti tényezők határozzák meg.

2.3 Alkalmazott kutatási módszerek

A tényanyag összegyűjtését követően két irányban végeztem a méréseimet:

- Az egyik esetben a szín kialakulását próbáltam meg kideríteni.
- A másik esetben a botsáskák növekedési ütemét és a hibás vedléseket kiváltó tényezőket próbáltam meghatározni.

3. Téma bemutatása

3.1 A bengáli botsáskák jellemzése

3.1.1 Rendszertani besorolás

Az eukarióta többsejtűek világán belül az alábbi rendszertani kategóriákba sorolható ez az állat:

- Állatok országa
- Ízeltlábúak törzse
- Rovarak osztálya
- Botsáskák rendje
- Valódi botsáskák családja
- Medauroidea nemzetség
- Faj: *Medauroidea extradentata*

A fotókon kifejezetten példányok, úgynevezett nimfák láthatóak.

A faj pontos megnevezésénél a *Medauroidea extradentata* kívül több szinonimát is találtam a szakirodalomban:

- *Cuniculina annamensis*
- *Clitumnus extradentatus*
- *Baculum extradentatum*



A rendszertani besorolásból az is kiderül, hogy ezek az állatok nevükkel ellentétben nem is sáskák. Az angol stick insect név sokkal pontosabb (erre utalt a ChatGPT magyar fordítása is).

3.1.2 A bengáli botsáskák megjelenése

A nőstény 90–120 mm, a hímek 70 mm hosszúak és karcsúbbak. Eddig egyetlen rovarbörzén sem találkoztam olyan eladóval, akinek lett volna hím példánya, de állatkertben is csak nőstényeket láttam. A megkérdezett gondozók sem találkoztak még hím példánnyal.

A nőstények középső pár lábán általában kis lebenyek vannak, szemeik között két jellegzetes tüske, „szarv”, mely már a kifejletlen formán is megjelenik.

Színezetük világosbarna, szürkésbarna, sötétebb és sárgásabb foltokkal, de lehetnek sötétbarnák világos vagy sötétzöldek is. Mindkét ivar szárnyatlan.

Első lábaik tövében kis bemélyedés látható, aminek az a funkciója, hogy amikor a rovar előre felé tartja az első két lábát, akkor a feje ebbe a kis vájatba kerül, így teljes egészében egy egyenes botdarabnak fog kinézni.

Ezen ősi csoport minden faja szinte tökéletes mimikrit fejlesztett ki, az álcázás nagymesterének tekinthetjük őket. (Nem csak ágat utánozó fajok vannak, hanem fakérget, levelet vagy virágot utánozó fajok is vannak.)



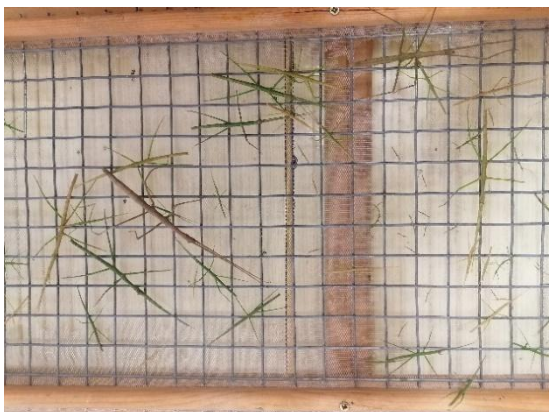
A botsáska szájszerve és az első pár lábón a fejnek kialakított vájat.



Világosbarna nimfa



Világosbarna és világoszöld nimfa.



A terrárium teteje jól szellőző szúnyoghálóval.



3.1.3 A bengáli botsáskák életmódja

A szakirodalom szerint fogságban a szeder, galagonya, tűztövis, mogoró, rózsza, málna, ribizli és gólyaorr növények leveleivel táplálható. Egy tanulmány szerint télen, amikor a természetes táplálékforrások száma csökken, a salátalevél és a fagyasztott tölgylevél a legjobb táplálék számukra. A nálunk tartott botsáskák a szeder levélen kívül semmit nem voltak hajlandóak megenni.



A bengáli botsáskák által fogyasztott szederlevelek.



Táplálkozó botsáska.



Az iskolai terrárium, jól szellőző szúnyoghálós tetővel.

Amikor télen sokáig fagyos és hómentes volt az idő és az összes szederlevél elfagyott (hóborítás nélkül kb. -7°C -on fagynak el a levelek, de ez függ a növény magasságától is) és kiszáradt a botsáskák megkóstolták ugyan a rózsza levét, de nem fogyasztották el. Ezen a télen az összes állat elpusztult, hiszen csak a növények leveléből tudnak nedvességhez jutni. A terrárium nyár elején népesült be újra, amikor a petékből elkezdtek az állatok kikelni. Fagyasztott tölgylevelünk nem volt, így azt nem tudtuk kipróbálni, de a salátát meg sem kóstolták.

Éjszakai életmódot él, étkezését csak a naplemente után kezdi. Mozgása során oldalra billeg, utánozva a ringó ág mozgását. Veszély esetén gyorsan menekül. Éjszakai életmódjának megfelelően a látása gyenge, az elülső lábaival tapogatódzva tájékozódik.

Természetes ellenségei főként madarak és kisebb emlősök, ellenük leginkább az álcázást használja védekezésésként.

3.1.4 Szaporodás és egyedfejlődés

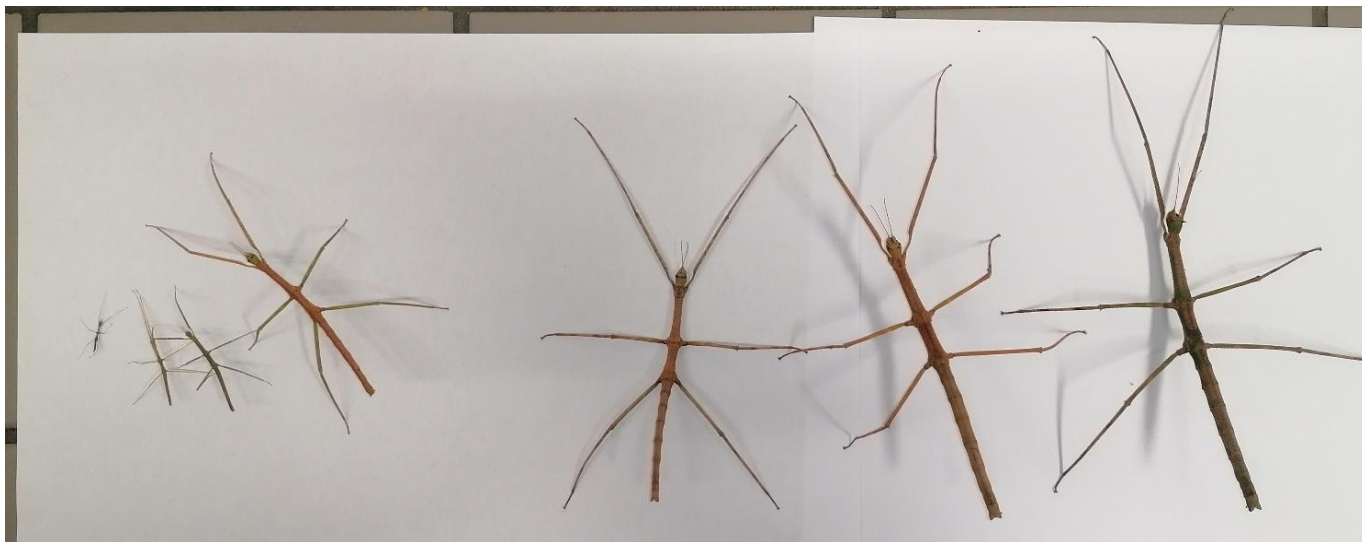
A változatos barna mintázatú szürke peték átlagosan 3 mm nagyságúak. A petéből kikelő nimfák nagyjából 10 mm-esek. A kikelése 2-6 hónapot vesz igénybe, fejlődésük hossza és a növekedésük üteme pedig a hőmérséklettől függ. Amennyiben a nőtény talál magának partnert akkor ivarosan is tud szaporodni, de ma már a természetben is sokkal gyakoribb a szűznemzés.

Eredeti élőhelyükön (nevével ellentétben nem Indiában, hanem Vietnám területén él) ugyan még igen ritkán előfordulnak hím példányok, de nagyon ritka az ivaros szaporodás. Az eredeti élőhelyen megvizsgált egyedek is igen nagyfokú genetikai egyezést mutattak, vagyis itt is szinte csak ivartalan szaporodás (szűznemzés) fordul elő, ami azt jelenti, hogy a nőtény csak megtermékenyítetlen petéket rak. Így nincs szüksége az utódok létrehozásához a hím egyedre és a párzásra, mégis nagyszámú petét képes viszonylag gyorsan lerakni. Viszont így minden utód genetikailag megegyezik egymással és a szülővel is, vagyis ez a genetikai változatosság megszűnéséhez vezet, ami hosszútávon igen nagy hátrány, hiszen a genetikailag egyforma egyedek nem fognak tudni alkalmazkodni a változó környezethez. Ez pedig azt is jelentheti, hogy a rövid távú előny (gyors, tömeges utód létrehozása) hosszabb távon a faj kihalását okozhatja.

A mi terráriumunkban lévő összes egyed nőtény.

Az ide tartozó fajok mindegyike kifejléssel fejlődik, tehát a petéből kikelt rovar nagyon hasonlít a kifejlett állatra, csak méretei sokkal kisebbek.

A petéből való kikelés után az életük viszonylag rövid, általában csak 5-7 hónapig élnek a természetben, ahol az ivarériség átlagosan 6 alkalommal vedlenek, ami körülbelül 3 hónapot vesz igénybe. A kifejlett nőtény a végső vedlés után két héttel kezdi el a petézést és élete végéig naponta legfeljebb öt petét rak le a talajra. Az élete utolsó néhány hetében már nem táplálkozik és ilyenkor már petéket sem rak. A fogságban tartott egyedek akár kétszer hosszabb ideig is élnek, de nálunk már voltak 2 évesnél idősebb példányok is.



Különböző fejlettségi állapotban lévő példányok. A bal oldalon: petéből éppen kikelt példány, a jobb oldalon pedig a kifejlett állat látható.



Felül 2 *Medauroidea extradentata* pete
Alul: *Heteropterix dilatata* pete



Heteropterix dilatata: a legnagyobb tömegű faj a botsáskák között. A nálunk tartottak között a legnehezebbnek a tömege 55 g volt.

3.2 A bengáli botsáskák otthoni tartása

3.2.1 Terrárium

A bengáli botsáska viszonylag könnyen tartható faj, kezdők terraristák számára ideális. Az állatokat jól szellőző, magas akváriumra van szükségük. A magasság azért fontos mert vedlésnél az rovarnak elég hely kell, hogy ki tudjon bújni a kinőtt kitenpáncélból az ágakról lefelé lógva. A terrárium megfelelő méretei: a botsáska maximális mérete szorozva 3-mal az ideális terrárium magasság a vedléshez és az alapterületnek is a botsáska méretének legalább a duplájának kell lennie. A szellőzés biztosításához fontos, hogy a terrárium fedele ne legyen zárt. Főleg a nimfák érzékenyek a megfelelő szellőzés hiányára.



3.2.2 Tartási körülmények

A hőmérséklet 25 – 28 °C körül, a páratartalom 75 – 80% körül az ideális. De már 22 – 24 °C is fejlődik és szaporodik. 18 °C alatt viszont elpusztulnak és a peték sem kelnek ki. Ez az jelenti, hogy Európa területén nem tudnak áttelelni sem a kifejlett állatok, sem pedig a peték, így nem kellett attól tartani, hogy a szabadon engedett példányok jelentős ökológiai károkat okoznak, mint például az óriáscsigák esetében. Dél Európában található ugyan 5 botsáska faj, de ezek sokkal kisebb méretűek és rájuk inkább az ivaros szaporodás jellemző.

A tápláléknövényeket vízzel teli befőttes üvegbe kell helyezni. Az üveget le kell takarni, mert a kicsi sáskák könnyen beleesnek és megfulladnak. A növényeket célszerű néhány naponta vízzel (lehetőleg esővízzel) lelocsolni, mert a sáskák csak így tudnak elegendő vízhez jutni. Ez főleg a téli időszakban fontos, mert akkor a leveleknek jóval alacsonyabb a nedvesség tartalma és a levegő páratartalma is alacsonyabb a fűtés miatt. A botsáskáknak vedlésekor megnövekszik a vízigénye.

Az aljzatnak – annak ellenére, hogy a sáskák szinte soha nem jönnek le az ágakról – fontos szerepe van a páratartalom fenntartásában, valamint a peték védelmében, melyeket a nőtények a talajra szórnak. Nedves homokon vagy terráriumföldön a peték a kikelésig maradhatnak. Ha a homok világos, akkor a peték láthatóak is. Ha a homok közé savas tözeget keverünk, akkor a gombák elszaporodását is meg tudjuk akadályozni.

Megfelelő tartási körülmények között olyan jól szaporodnak, hogy a nimfákat időnként más terrárium állatok – például kaméleonok – takarmányozására használják fel.

Feltehetően ez a faj kb. 100 évvel ezelőtt került Európába, ahol hamar a terraristák és a biológusok kedvelt rovarává vált könnyű tartása és termékenysége miatt. Azt is valószínűsítik, hogy csak néhány nőtény egyed került be Európába és az ő szűznemzésükkel létrejött utódai terjedtek el mindenfelé. A biokémiai kutatásokban is gyakran használt modellszervezet, hiszen a szűznemzés miatt nagyon sok a genetikailag megegyező egyed, azaz klón, így nagyon jól vizsgálható rajtuk a különböző környezeti tényezők hatása.

4. Saját méréseim

Az általam tenyésztett összes botsáska nőtény, ezért kizárólag szűznemzéssel tudnak szaporodni. Genetikailag tehát biztosan azonosak. Ezt azért is lehet biztosan kijelenteni, mert a teljes populáció egyetlen nőtény 6 db petéjéből származik. Ezért biztos vagyok abban, hogy az egyes rovarok között lévő különbségek a környezeti tényezők eredményei és a különbségek nem az eltérő genetika eredményeként jelennek meg, hiszen az összes állat egymás klónjának tekinthető. Genetikai azonosságuk ellenére megjelenésükben igen változatosak. Ez a változatosság elsősorban a színezetben, a lábakon lévő kinövésekben, a lábakon lévő sávokban és a kitinpáncél nagyítóval látható mintázatában figyelhető meg. Színezetük az élénk zöldtől a vörösbarnán át a sötétbarnaig terjed. De vannak többszínű példányok is. Ezek közül a zöld alapon barna foltos a leggyakoribb, de megfigyelhetők barna alapon világoszöld foltos példányok is. A sokféle megjelenés mellett a fejlődésükben is tapasztaltam különbséget. Ez elsősorban a növekedés ütemére, azaz a kifejtett méret eléréséhez szükséges vedlések számára vonatkozott. Leginkább az érdekelt, hogy mi okozhatja a genetikailag teljesen megegyező állatok megjelenésének és fejlődésének változatosságát. (Az ilyen gyors és oda-vissza működő mutáció szinte teljesen biztosan kizárható.)

A bengáli botsáskát és néhány közeli rokon fajtát leszámítva nem találtam több olyan fajt, amiből csak nőtények vannak a tenyésztők birtokában. Több börzén is érdeklődtem, de egyetlen tenyésztő sem találkozott még ebből a fajból hím példánnyal. Bár az is igaz, hogy ennél a fajnál a szakirodalom szerint igen nehéz megkülönböztetni a hímeket és a nőtényeket.

4.1 A bengáli botsáskák színezete

Mivel a bengáli botsáskák alapvető életmódja a rejtőzködés, így a környezetüknek megfelelően változtatják a színezetüket. Amikor a színváltozás először felkeltette a figyelmemet egyszerű magyarázatokat találtam a színváltozás okára:

- kicsi korukban még zöldek, aztán ahogy felnőnek megbarnulnak,
- a táplálék minősége határozza meg a színüket,
- véletlenszerűen váltanak színt,
- a hőmérséklet határozza meg a színt.

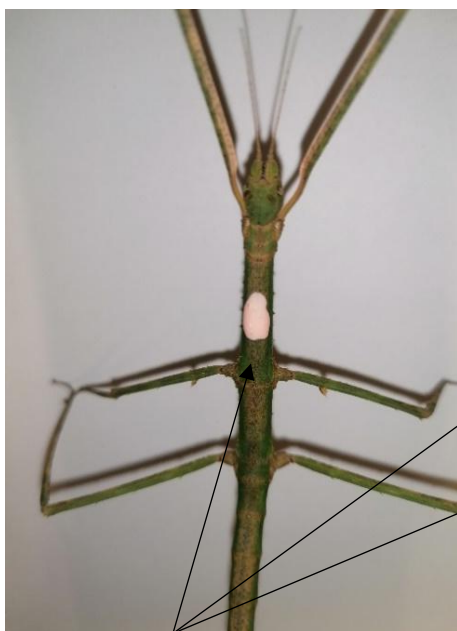
Ezek az egyszerű magyarázatok gyorsan megdőltek az alaposabb megfigyelések után, több okból is:

- a botsáskák színe nem függ a mérettől, minden színárnyalat előfordulhat mindegyik életkorban,
- ugyanarról a szederbokorról szedett levélen tartott botsáskák között is voltak különböző színűek,
- a véletlenszerű színváltozás nem segítené a rejtőzködést,
- azonos hőmérsékleten tartva is voltak különböző színű botsáskák.

Mindezek után már igen kíváncsi voltam arra, hogy valójában mi dönti el, hogy milyen színű lesz az állat. Azt már az elején megállapítottam, hogy a színváltozás nem vedléshez kötött, a vedlések között is bekövetkezhet, de vedlések után sokkal látványosabb és gyorsabb.

Először alaposan megvizsgáltam a botsáskákat. Ehhez néhány egyedet külön terráriumba tettem másokat pedig színes körömlakkal megjelöltem, hogy ne keverjem őket össze a többi állattal. Az állatok testén nem csak a színek változását és változás sebességének az eltérését vettem észre, hanem azt is, hogy az állat 2. pár lábán időszakosan kinövések jelennek meg, amik el is tűnhetnek. Ezen kívül az állat első és középső pár lábain valamint a tor hátulso harmadán egészen sötét (majdnem fekete) sávok is megjelenhetnek időszakosan. Ami a színváltozás sebességét illeti az állat potrohának a vége és a feji rész vált színt leglassabban, leggyorsabban pedig a 2., 3. pár láb, illetve a tor vált színt. A színváltozás kb. 48 óra alatt játszódik le. Ennek valószínűleg a pigmentsejtek eltérő mennyiségéhez van köze, de az is lehet, hogy a színváltozást hormonok irányítják és a különböző pigmentsejtek érzékenysége eltérő. Az is egy magyarázat lehet, hogy a színváltozásért felelős hormon eltérő koncentrációban van jelen az egyes területeken

Amikor a lábon látható időszakos kinövéseket is észrevettem egy újabb kérdés merült fel bennem: ez kapcsolatban áll-e a színváltozással és ha igen, akkor hogyan. Kinövéseket mindig csak zöld állatokon láttam.



Körömlakk jelölések



Az első lábon megfigyelhető sötét sávok.



A színváltozás közepén tartó állat, a 2. és 3. pár láb már zöld színre váltott, a tor félig zöld, a fej és a potroh pedig még barna. A lábon nincsenek kinövések.



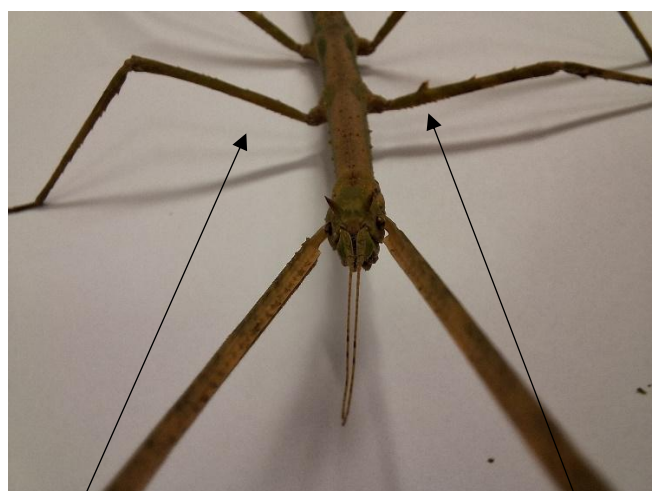
Színváltozás közben lévő állat, a 2. pár lábon éppen megjelenő kinövésekkel.



A színváltozását éppen megkezdő állat, a 2. és 3. pár láb tövénél már megjelent a zöld szín.



Zöld színből barnára változó állat a színváltás közben, a 2. és 3. pár láb illetve a tor nagyrésze már barna, a fej és a potroh még zöld. A 2. lábról már eltűntek a kinövések.



Zöld színből barnára változó állat a színváltás közben, a 2. és 3. pár láb a tor nagyrésze már barna, a fej és a potroh még zöld. A 2. lábról a kép bal oldalán már eltűntek a kinövések, a jobb oldalon viszont még megvannak.

4.1.1 Kísérletek

Először azt szerettem volna megtudni, hogy hogyan érzékelik a botsáskák a fényt. A szakirodalomban mindössze annyit találtam, hogy összetett szemük van, de annak fejlettségéről nagyon kevés információt találtam. Mindössze annyit, hogy az éjszakai életmódra hivatkozva látásukat gyengének minősítették. A méhek és nappali lepkék esetén viszont igen nagy kutatási anyag áll rendelkezésre, így tudjuk, hogy ezen fajok szeme igen fejlett és képes megkülönböztetni a színeket, sőt még az UV tartományban is tudnak érzékelni. De azt igen nehéz elképzelni, hogy az éjszakai életmódot folytató botsáskák jól látnának és a sokkal kisebb, sokkal kevesebb kitenlencséből álló szemükkel ugyanilyen jól érzékelnék a színeket és képesek lennének megkülönböztetni a zöld és a barna színt. A zöld szín hullámhossza: 500 – 560 nm, míg a barnaé 480 – 640 nm, tehát még át is fed az előzővel. Azért ezt a két színt emeltem ki, mert a sáska ezen színek árnyalatát váltogatja. Ezek elkülönítésére specializálódott színérzékelő sejtek kellene,

amivel valószínűleg nem rendelkeznek a botsáskák. Viszont érzékelhetik a vörös fényt, amit a növények teljesen elnyelnek a fotoszintézishez. Ez azt jelenti, hogyha érzékelnek vörös fényt, akkor barna színű lehet a háttér (mert nincsenek növények, amik elnyelnék a vörös fényt), ha nem érzékelnek vörös fényt – mivel azt a növények teljesen elnyelik – akkor viszont zöld színű lehet a háttér. Így egyetlen szín érzékelésével eldönthető, hogy milyen környezetben van a rovar. Természetesen ennek a megállapítása bonyolult vizsgálatokat kíván.



A botsáskák összetett szeme viszonylag kis méretű és a testükhöz hasonlóan lehet barna és zöld színű is.



Az sem kizárható, hogy a férgekhez hasonlóan a test különböző részein a hámsejtek között fényérzékeny sejtek találhatóak. Azt, hogy ez így van-e, csak további vizsgálatokkal lehet eldönteni.

A színváltozást feltételezésem szerint okozhatja az is, hogy a botsáska érzékeli a növények által kibocsátott anyagokat vagy azok koncentrációját és ez határozza meg a színváltozásukat. Ehhez kémiai érzékelők (receptorok) szükségesek, amelyek lehetnek a csápok tövénél, esetleg a testfelszínen szétszórva, vagy mindkét helyen egyszerre. Erre vonatkozóan sem találtam a szakirodalomban semmilyen információt. Miután idáig eljutottam, azt kellett kitalálni, hogyan tudom külön-külön megvizsgálni a három fajta érzékelési módot.

Az összetett szemek szerepének a megvizsgálása érdekében az állat szemét vízalapú sötétzöld színű, nem felszívódó festékkel kentem be, hogy így ne tudjon semmit sem érzékelni a szemével. Ez ránézésre az állatokat nem nagyon zavarta, mert egyik sem pusztult el, rendszeresen táplálkozott és vedlésnél a festékkel együtt bújott ki a kitinpáncéljából, így valószínűleg újra „látott”.

A testen lévő érzékelés vizsgálatához az állat testét (torát, potrohának elejét és a lábait) ugyanilyen típusú világosabb zöld festékkel kentem be. A potroh oldalát és alját nem festettem le, mert ott vannak a légcső nyílásai. A zöld festék miatt az állat úgy érzékelhette, hogy teljesen zöld környezetben van.

Mindig növekedésben lévő sáskán használtam a festéket, hogy a következő vedlésnél megszabaduljon az állat tőle. Kifejlett állaton nem használtam a festéket, hiszen ő már nem növekszik és így nem is vedlik, vagyis a festék élete végéig rajta maradt volna.

Végezetül a botsáskákat teljesen sötétben zöld növényekkel teli és zöld növényeket nem tartalmazó akváriumba tettem.

A kísérleteim eredményét táblázatosan foglaltam össze. Az első oszlopba mindig a növények nélküli (csak levéltelen száraz ágakat tartalmazó) világos háttérben tartott botsáskáknál tapasztaltakat, a második oszlopba pedig a zöld növények között tartott rovaroknál tapasztaltak kerültek.

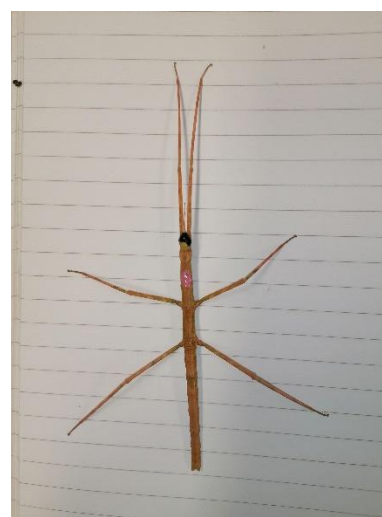
	Növény nélküli világos háttérű akvárium	Növényekkel teli akvárium
Lefestett szemű botsáska	A rovar sötétebb barna lett és a lábán valamint a torán sötét foltok jelentek meg.	A rovar színe itt is sötétedett, többféle árnyalat jelent meg, de leginkább vörösesbarna színűek voltak zöld foltokkal.
Zöldre festett testű botsáska	A rovar teste és lábai is zöld színűek lettek.	A rovar teste és lábai is zöld színűek lett. A 2. pár lábán kinövések jelentek meg.
	Egyik állaton sem voltak sötétebb foltok, a két állat zöld színének árnyalatában nem láttam eltérést.	
Sötétben tartott botsáska	A rovar teste és lábai is sötétebb színűre változtak.	A rovar teste és lábai is zöld színűre változott, kinövés nem volt a lábán.



Sötétben, növényekkel teli akváriumban tartott botsáska: zöld színű kinövések nélkül.



A lefestett szemű botsáska lábán megjelenő sötét foltok.



Lefestett szemű botsáskák növényekkel teli akváriumban vörösbarna színű testtel, zöld foltokkal a lábán.



Zöld színűre változott botsáska kinövésekkel a lábán.



Sötétzöld színű botsáska, amelynek a lábain nincsenek kinövések.

4.1.2 Következtetések

A fejen található összetett szemek feltételezésem szerint csak a fény hiányát vagy jelenlétét illetve annak erősségét érzékelhetik és sötétebb foltok megjelenését váltják ki a toron és a lábakon. Úgy gondolom, hogy az összetett szemek nem tudják érzékelni a színeket, viszont ennek segítségével érzékeli, hogy éjszaka vagy nappal van-e, vagyis ez irányítja a botoskák napi ritmusát és valószínűleg agyi idegsejtek által termelt hormonok révén okozza a sötétebb foltok megjelenését.

Valószínűleg az állat testén (toron, potrohon vagy a lábakon) találhatóak olyan fényérzékelő receptorok amelyek képesek lehetnek érzékelni a környezet színét, vagy legalábbis azt, hogy az állat zöld környezetben van-e. Valószínűleg ezek a receptorsejtek nem az idegrendszeren keresztül okozzák a zöld pigmentáció megjelenését, hanem közvetlen kapcsolatban lehetnek a pigmenttermelő hámsejtekkel. Annak kiderítésére, hogy pontosan hol vannak ezek a fotoreceptorok további kísérletek szükségesek, mint, ahogy azt is ki kell deríteni, hogy mi köze mindennek a lábakon megjelenő kinövésekhez, amelyeket csak a zöld állatokon találtam és csak akkor, ha fényben voltak az állatok. (A sötétben tartott zöld állatokon nem voltak ilyen kinövések.)

Az utolsó vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy a botoskák sötétben is érzékelik a növények jelenlétét. Ezt bizonyítja, hogy sötétben, növények jelenlétében is megjelent a zöld pigmentáció. Arra vonatkozóan, hogy mit érzékelnek az állatok kemoreceptorai és hol helyezkednek el csak ötleteim vannak.

A kemoreceptorok által érzékelt anyagok lehetnek:

- a növények erőteljes párologtatása miatt megnövekvő vízgőz tartalom
- CO_2/O_2 arány megváltozása, hiszen a szén-dioxid megkötésére a növények sötétben is képesek
- a legvalószínűbb, hogy a kemoreceptorok a növények által kibocsátott anyagokat érzékelik, amik gáz halmazállapotú növényi hormonok lehetnek.

A kemoreceptorok lehetséges helye:

- toron,
- potroh légcsőnyílásainál (nyilakkal jelölve)
- lábakon.



4.2 A bengáli botsáskák növekedése és vedlése

A bengáli botsáska a többi botsáskához hasonlóan átalakulással fejlődik. Egyedfejlődése az átalakuláson belül kifejlés, ami azt jelenti, hogy a petéből kibújó rovar pont olyan, mint a felnőtt, csak jóval kisebb. A méretbeli különbségen kívül a kis rovarnak nincsenek ivarszervei, illetve a szárnyas fajoknál nincsenek szárnyak. A fiatal egyedek életmódjukat tekintve is teljesen megegyeznek a nagyokkal.

A kifejléssel történő fejlődésből következik, hogy a növekvő egyedeknek folyamatosan vedlenie kell. Látható növekedés csak a vedlésekkor következik be. Az általam vizsgált egyedeknél a vedléskor bekövetkező növekedés 10-15 mm. Pontos irodalmi adatokat nem találtam arra vonatkozóan, hogy a természetes környezetben élő fajok mennyit nőnek egy-egy vedlés alkalmával, de valószínűleg többet, mint az iskolában tartott példányok, hiszen az eredeti élőhelyen élő példányok kevesebb vedléssel érik a kifejlett méretet.

A kifejléssel történő fejlődés másik érdekes következménye, hogy ha egy fejlődésben lévő példány elveszíti a lábát vedlés közben, az a következő vedlésnél újra visszanő.

A vedlések mindig úgy mennek végbe, hogy az állat megkapaszkodik egy ágon, majd a hátánál felreped a régi kitinpáncél és lassan kibújik az új, nagyobb kitinpáncéllal rendelkező rovar. Elsőként maga alá hajtva a fejét húzza ki, majd a torát és a potrohát. Végezetül páronként a lábait húzza ki a régi páncélból. Ha a vedlés sikeres, akkor a régi páncél ott marad üresen, egyben az ágon lógva. A régi kitinpáncél szétfeszítéséért a termelődő vedlési folyadék felelős. Ez is hozzájárul a vedlés környéki megnövekedett folyadékigényhez. A frissen vedlett állatok nagyon puhák, nem lehet őket megfogni. Kb. 1-2 óra kell ahhoz, hogy megkeményedjenek.



Vedlését befejező állat.



Levedlett kitinpáncél.



Petetokba ragadt lábú, frissen kikelt sáska. Az állat kb. 15 mm-es.

A leggyakoribb vedlési hibák:

- a pete tokja rajta marad a frissen kikelő állat egy vagy két hátsó lábán, így azokat az állat nem tudja használni, de ezt túl tudják élni és a következő vedlés alkalmával már mind a 6 lába használható lesz,
- vedlés közben 1 vagy több láb leszakad. 1 vagy 2 hiányzó lábat könnyedén túlél a rovar, esetenként 3 lábbal is képes életben maradni. A következő vedlés alkalmával – ha az sikeres – újra 6 lába lesz az állatnak. Két lábbal viszont már nem tud életben maradni.
- A fej és a tor kibújásának hibája viszont az állat elpusztulását eredményezi.



Vedléskor a kitinpáncéljába beleszorult sáska.



Vedléskor 4 lábát elvesztett sáska.



Vedlés közben egy lábát elvesztett sáska.

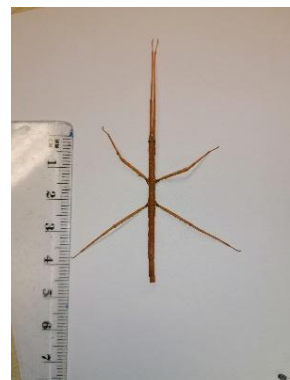
Az általam vizsgált vedlések esetén az első és második eset gyakran előfordult, a harmadikkal csak ritkán találkoztam. Ennek legfőbb oka, ha az állat vedlés közben leesik a földre, mert ott nem tud a régi páncélból kibújni. Azt is észrevettem, hogy a végtaghiányos vedlések száma a téli kelés esetén gyakoribb. Feltételezésem szerint ennek oka valószínűleg a fűtés miatti alacsonyabb páratartalom. A terráriumban még a rendszeresen bespriccelt víz ellenére is alig érte el a páratartalom a 40 %-ot, ráadásul a téli levelek víztartalma is jóval kisebb.



A petetokot elhagyó állat mérete



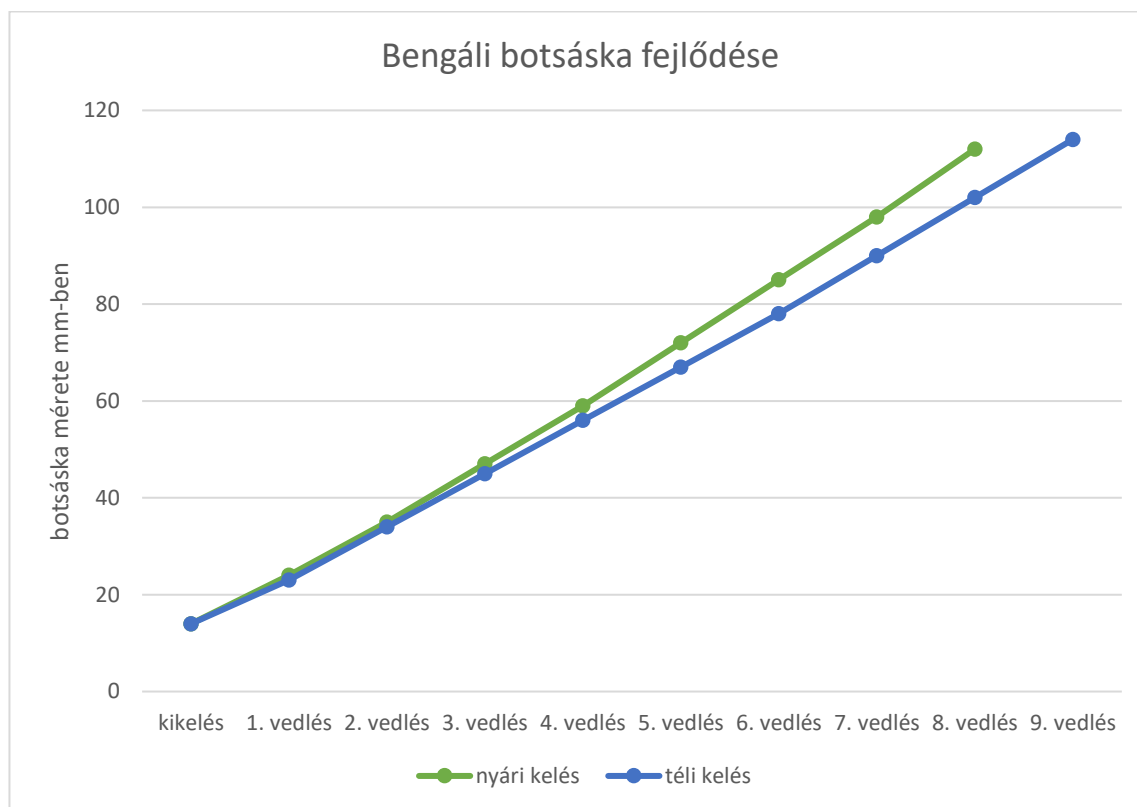
Az állat mérete az első vedlés után.



A sáska mérete a harmadik vedlés után.

Valószínűleg a természetes élőhelynél jóval alacsonyabb páratartalom és hőmérséklet miatt nőtt meg a vedlések száma, hiszen az eredeti élőhelyükön 6 – 7 vedlés után érik el a kifejlett méretet, ez a terráriumban nyáron átlagosan 8, télen pedig 9 vedlés után történik meg. Vagyis a mesterséges környezetben tartott állatok egy-egy vedlés alkalmával kevesebbet nőnek. Az általam vizsgált példányok, ha elegendő táplálék áll a rendelkezésükre 10-12 naponként vedlenek. A természetes élőhelyen bekövetkező vedlések gyakorisága a szakirodalom szerint 12-13 nap. Annak sajnos nem tudtam kitalálni az okát, hogy miért vedlenek gyakrabban a terráriumban tartott állatok.

Az általam mért növekedési ütemet táblázatosan foglaltam össze. A nyári kelés a júniusban, a téli kelés a decemberben peteburkukat elhagyó egyedekre vonatkozik.



5. Összegzés

A bevezetőben felvetett hipotézisek közül az elsőt sikerült bebizonyítanom, vagyis az általam vizsgált botsáskák színe nem genetikailag meghatározott, hanem a környezetükhöz alkalmazkodva váltják a színüket.

A második hipotézisem csak részben bizonyult igaznak, hiszen a botsáskák sötétben is érzékelték a növények jelenlétét vagy hiányát és ilyen körülmények között is színt váltottak. Tehát a színváltozásban nem csak a környezetük színe játszik szerepet, hanem egyéb tényezők is, pl. a környezet összetétele.

A harmadik felvetésem is igaznak bizonyult, vagyis a botsáskák fejlődését döntően meghatározzák a környezeti tényezők.

6. Felhasznált irodalom

- <https://fekosz.gportal.hu/gindex.php?pg=12251070&nid=2295427>
- <https://web.archive.org/web/20151224212726/http://www.termeszetvilaga.hu/tv2002/tv0206/vermes.html>
- <https://web.archive.org/web/20100715152732/http://www.zimpernik.at/annam%20stabschrecke.htm>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TiU6ziMORgM>
- <https://www.termvil.hu/archiv/tv2002/tv0212/konczol.html>
- *Csodálatos állatvilág, (Wildlife Fact-File)*. Budapest: Mester Kiadó (2000)
- Eugène Bruins: *Terráriumok enciklopédiája*. Ford. Vági Balázs. Budapest: Ventus Libro. 2006.
- Uránia állatvilág: Rovarok. 2. kiadás, 1977.
- Szalkay József: *Rovarok között*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1971.

7. Képjegyzék

A dolgozatban használt fotó saját készítésű. Kivéve a *Heteropterix dilatata*-t ábrázoló fotó, amelyet egy másik iskolánkban tanuló diák készített.

A fotókat Samsung Galaxy A54 és Huawei P30 Lite telefonokkal készítettem.