

Különböző fehérjetartalmú takarmányok hatása a házi tücsök növekedési ütemére és élettartamára

Effects of different dietary protein levels on the growth and survival of house cricket

NAHAJI Péter – HETÉNYI Nikolett

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben különböző fehérjetartalmú takarmányok hatását vizsgálja a házi tücsök (*Acheta domestica*) növekedési ütemére és túlélési arányára. A rovarok 15-20-25% nyersfehérje tartalmú takarmányt kaptak (n=120/csoport, 4 ismétlés). Az I. Kísérletet 2-3 mm-es, a II. Kísérletet pedig 6-8 mm-es rovarokkal kezdtük. Egyik kísérlet során sem volt szignifikáns különbség a csoportok átlagos egyedi zárósúlyában és a túlélési arányokban. Az I. Kísérletben a legnagyobb egyedi átlagsúlyt ($0,1673 \pm 0,0492$ g) a 20% fehérjét tartalmazó csoportban mértük (szemben a $0,0904 \pm 0,0458$ g [15% fehérje] és a $0,0874 \pm 0,0412$ g [25% fehérje]). A II. Kísérletben az átlagos egyedi testsúlyok a takarmány fehérjetartalmával együtt nőttek ($0,1337 \pm 0,0359$ g; $0,1742 \pm 0,0327$ g és $0,1990 \pm 0,0325$ g). A 15%-os fehérjetartalmú táp alkalmazása a kicsi elérhető testsúly miatt nem javasolt egyik életkor esetében sem. A II. Kísérlet alapján az ivarézés és a testsúly együttes figyelembevételével a 25%-os fehérjetartalmú takarmány etetése a legmegfelelőbb. Mindkét kísérletben nagy arányú volt az elhullás, aminek oka további vizsgálatokat igényel.

Kulcsszavak: rovar, *Acheta domestica*, túlélés, új fehérjeforrás, takarmányozás

SUMMARY

Objective: Increasing attention is being paid to alternative protein sources such as insect protein. As the global population rises the consumption of animal products is expected to grow about 60-70% by the year 2050. Insects have a lower impact on the environment than traditional livestock. Insect farming produces fewer greenhouse gasses and requires less land, water, and feed. In the European Union, insect-based foods belong to the “novel food” category, and their use for feeding purposes also has an ever-expanding legal framework. In the EU, house cricket (*Acheta domestica*) is both authorised as food and feed. For economical production optimal nutrition according to age and species should be applied. The study aimed to investigate the effects of different dietary protein levels on the growth and survival of house crickets.

Results: Three experimental groups were made (n=120/group) with four replicates (n=30/replicate) which received diets containing 15-20-25% crude protein (ingredients were corn starch, defatted soybean meal, sunflower oil). Two experiments were conducted (Experiment I and II) in which only the age of the crickets differed, the diets were the same. Experiment I was 9 weeks long and started with 2-3 mm crickets and Experiment II was 6 weeks long and started with 6-8 mm crickets. The weight and survival of crickets were measured weekly. In both experiments, the final mean individual body weight and survival rate did not differ significantly. In Experiment I the highest mean individual body weight ($0,1673 \pm 0,0492$ g) was measured in the 20% protein group ($0,0904 \pm 0,0458$ g [15% protein] and $0,0874 \pm 0,0412$ g [25% protein]) and the survival rates were 12.5%-20.0%-20.0% (15-20-25% protein). In Experiment II the mean individual body weight of crickets increased with the higher dietary protein level ($0,1337 \pm 0,0359$ g, $0,1742 \pm 0,0327$ g, and $0,1990 \pm 0,0325$ g), but the survival rate was the highest (20.8%) in the 15% protein group (12.5%-20% protein; 14.2%-25% protein). Sexual maturity of one male and one female was reached in the 5th week (25% protein), and then two other females reached maturity in the 6th week (15% and 25% protein).

Conclusions: The low protein (15%) diet resulted in low body weight in both experiments thus it is not recommended to be used. Based on the results of Experiment II – age of maturity, and body weight – the 25% dietary protein level was the most adequate. Mortality was very high during both experiments, one reason for that could be cannibalism, but this result requires further investigation.

Keywords: insect, *Acheta domestica*, survival, novel protein, nutrition

1. Bevezetés

Rovarok takarmányként, valamint élelmiszerként való felhasználása fokozott figyelmet kapott az elmúlt években. Az Európai Unió egyre több rovarfaj felhasználását engedélyezi, valamint egyes országokban a köztudatban is egyre elfogadottabb a rovarok és rovartartalmú élelmiszerek fogyasztása (Jongema, 2017; Magara és mtsai., 2021; Alhujaili és mtsai, 2023). Az EU-ban a házi tücsök (*Acheta domesticus*) felhasználása engedélyezett, mint élelmiszer és takarmány is (2017/893/EU). A rovarok, mint a hagyományos állati eredetű fehérjeforrások fenntarthatóbb alternatívái hozzájárulhatnak a globálisan növekvő fehérjeigény kielégítéséhez (Oonincx és mtsai, 2010; Halloran és mtsai, 2016; van Huis és Tomberlin, 2017; Conway és mtsai, 2024; Hancz és mtsai, 2024). A házi tücsök az ízeltlábúak (*Arthropoda*) törzsén belül, a rovarok (*Insecta*) osztályába, az egyenesszárnyúak (*Orthoptera*) rendjébe, valamint a valódi tücskök (*Gryllidae*) családjába tartozik. A petéből való kikeléstől számítva a teljes kifejlettséget 7-10 vedlést követően, 32-49 nap alatt érik el (van Huis és Tomberlin, 2017). A különböző takarmányban található fehérjehordozók mennyiségének csökkentésével, illetve optimalizálásával mérsékelhetők a tenyésztett rovarok előállítás költségei. Mindez pedig hozzájárulhat a végtermék árának, ezáltal pedig a gyakorlati felhasználásának növekedéséhez. A kísérletek célkitűzése az volt, hogy különböző fehérjetartalmú takarmányok hatását vizsgálja a házi tücsök növekedési ütemére és túlélési arányára.

2. Anyag és módszer

Az állatkereskedésben vásárolt házi tücsköket az Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszékének állatházában helyeztük el. Három kísérleti csoportot alakítottunk (A, B és C; $n=120$ /csoport) ki 4 ismétléssel ($n=30$ /ismétlés; 1. táblázat), amelyek 15-20-25% nyersfehérje (nyf) tartalmú takarmányt fogyasztottak. A minták nyersfehérje tartalmát standard módszerrel határoztuk meg (AOAC, 1990).

A tücsköket ismétlésenként 39x28x28 cm-es/22 l-es műanyag dobozokban helyeztük el, amelyekben tojástartókat használtunk felületnövelésre (1. ábra). A takarmányt, az ivóvizet, valamint a vitaminokat és ásványianyagokat tartalmazó bogárzselét (DragonOne Beetle Juice Plus) külön-külön 66x20 mm-es edényekben biztosítottuk. A takarmány és az ivóvíz *ad libitum* a tücsök rendelkezésére állt, a bogárzselét pedig naponta adagoltuk (3,5 g/nap). A napi megvilágítás időtartama

1. táblázat: A kísérleti csoportok és a takarmányok összetétele

Összetevő (g/100 g) (1)	1. csoport (2)	2. csoport (3)	3. csoport (4)
Kukoricakeményítő (5)	65,3	54,8	44,2
Zsírtalanított szójaliszt (6)	31,7	42,2	52,8
Napraforgó olaj (7)	3,0	3,0	3,0
Nyersfehérje-tartalom (8)	15	20	25

Table 1: Experimental groups and composition of the experimental diets

component (1); group 1 (2); group 2 (3); group 3 (4); corn starch (5); defatted soybean meal (6); sunflower oil (7); crude protein content (8)

1. ábra: A tücskök elhelyezése



Figure 1. Housing of the crickets

12 óra volt. A beállított hőmérséklet, illetve páratartalom pedig $27 \pm 0,4^\circ\text{C}$ és 50-60%, amit digitális mérővel ellenőriztünk (TFA Dostmann 30.5027.01). A tücskök egyedszámát és súlyát hetente mértük analitikai mérleggel (Tecator 6110). A tücskök testösszetételének vizsgálatát a kicsi egyedszám miatt nem lehetett elvégezni.

A vizsgálat során két kísérletet végeztünk el (I. és II. Kísérlet), amelyek esetében csak a tücskök életkora tért el, az etetett takarmányok megegyeztek. Az I. Kísérlethez 2-3 mm-es (nagyjából 1 hetes) tücsköket használtunk és 9 hétig tartott, míg a 6 hétig tartó II. kísérletbe 6-8 mm-es (nagyjából 2 hetes) állatokat soroltunk véletlenszerűen a csoportokba.

Az eredmények kiértékelését R 4.0.3. programmal (*R Core Team*, 2020) végeztük. Az adatok normalitását Quantile-Quantile ábrával a varianciákat pedig Levene próbával vizsgáltuk. A normális eloszlású adatok elemzése egyszempontos varianciaanalízissel (One-Way ANOVA), a nem normális eloszlásúaké pedig *Kruskal-Wallis*-féle H-próbával történt.

3. Eredmények

A testsúlyok esetében eredményként a négy ismételtes egyedi átlagsúlyát adtuk meg. Az I. kísérlet eredményeit a 2. táblázat és a 2. ábra szemlélteti. Az induló testsúlyok normális eloszlásúak és azonos szórásúak ($p = 0,9983$) voltak, a csoportok adatai között nem volt szignifikáns különbség. A 9. heti záró testsúlyok azonos szórás mellett nem normális eloszlást mutattak. A csoportok között nem mértünk szignifikáns különbséget ($p = 0,0581$). A legnagyobb egyedi átlagsúlyt ($0,1673 \pm 0,0492$ g) a 20% fehérjét tartalmazó csoport érte el. Ezen csoport minden ismételtesénél nagyobb volt a testsúly, mint a többi takarmány esetében, ami különösen a 2/C alcsoportnál volt szembetűnő ($0,2402$ g). A jelenség nem magyarázható kannibalizmussal, mivel itt volt a legtöbb túlélő egyed ($n = 13/30$). A nem normális eloszlású és azonos szórású túlélési adatokban nem volt különbség ($p = 0,3769$), de mindegyik csoportban nagy arányú volt az elhullás (2. ábra).

2. táblázat: Az I. kísérlet eredményei

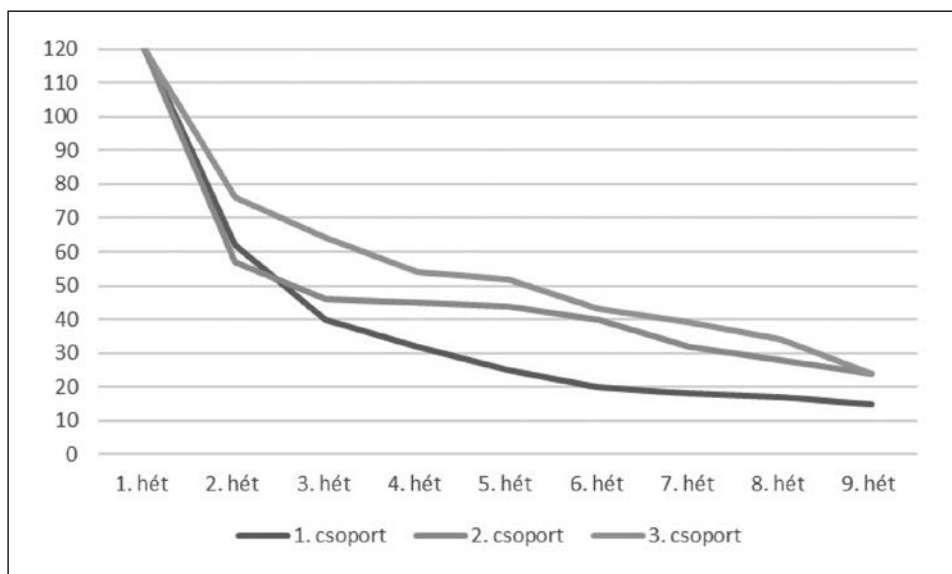
Csoport (1)	Tücskök száma (2)	Átlagos egyedi testsúly (g) (3)				Túlélés (4)
		hét (5)	9. hét (6)	1. hét	9. hét	p-érték (7)
1. csoport	120	15	0,0015±0,0003	0,0904±0,0458	p=0,05807	12,5%
2. csoport	120	24	0,0015±0,0003	0,1673±0,0492		20,0%
3. csoport	120	24	0,0015±0,0003	0,0874±0,0412		20,0%

1. csoport: 15% nyersfehérje (8); 2. csoport: 20% nyersfehérje (9); 3. csoport: 25% nyersfehérje (10)

Table 2: The results of Experiment I

group (1); number of crickets (2); mean individual weight (3); survival (4); week 1 (5); week 9 (6); p-value (7); group 1: 15% crude protein (8); group 2: 20% crude protein (9); group 3: 25% crude protein (10)

2. ábra: A csoportonkénti egyedszám alakulása az I. Kísérletben



1. csoport: 15% nyersfehérje (1); 2. csoport: 20% nyersfehérje (2); 3. csoport: 25% nyersfehérje (3)

Figure 2. Number of crickets/group in Experiment I

group 1: 15% crude protein (1); group 2: 20% crude protein (2); group 3: 25% crude protein (3)

A II. kísérlet eredményeit a 3. táblázat és a 3. ábra ismerteti. Az induló testsúlyok normális eloszlásúak és azonos szórásúak voltak, a csoportok adatai között nem volt szignifikáns különbség. A 6. heti záró testsúly adatok azonos szórás mellett nem normális eloszlást mutattak. A csoportok között nem mértünk szignifikáns különbséget ($p = 0,0921$). A túlélési adatok azonos szórás mellett szintén nem normális eloszlásúak voltak és itt sem találtunk szignifikáns különbséget ($p = 0,2503$). Hasonlóan az I. Kísérlethez, nagy arányú volt az elhullás. Az ivarérettséget elsőként az 5. héten egy hím (3/A) és egy nőstény (3/B) egyed érte el (25% fehérje). Ezt követően a 6. héten további ivarérett nőstény egyedeket találtunk az

3. táblázat: A II. kísérlet eredményei

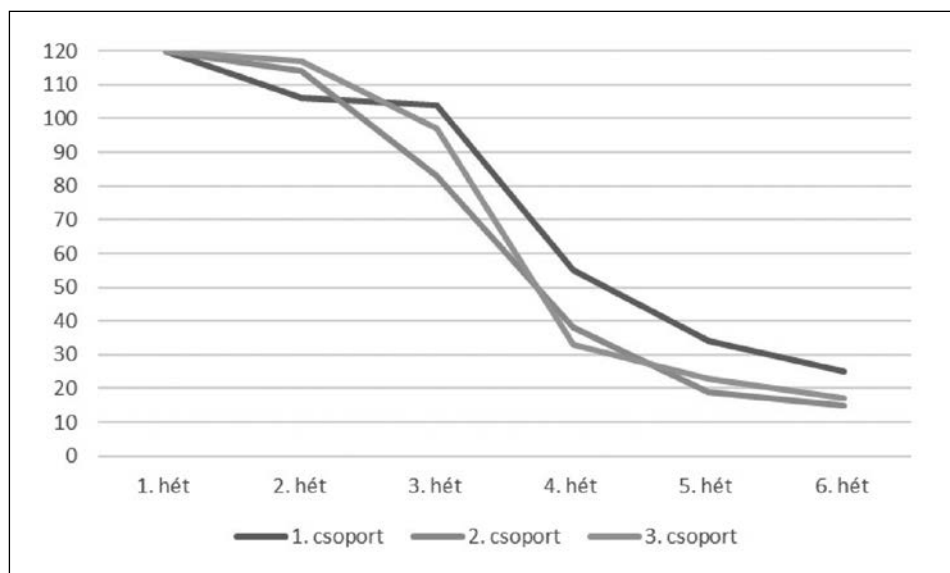
Csoport (1)	Tücskők száma (2)	Átlagos egyedi testsúly (g) (3)				Túlélés (4)
	4. hét (5)	6. hét (6)	1. hét	6. hét	p-érték (7)	
1. csoport	120	25	0,0269±0,0014	0,1337±0,0359	p=0,0921	20,8%
2. csoport	120	15	0,0268±0,0017	0,1742±0,0327		12,5%
3. csoport	120	17	0,0269±0,0017	0,1990±0,0325		14,2%

1. csoport: 15% nyersfehérje (8); 2. csoport: 20% nyersfehérje (9); 3. csoport: 25% nyersfehérje (10)

Table 3. The results of Experiment II

groups (1); number of crickets (2); mean individual weight (3); survival (4); week 1 (5); week 6 (6); p-value (7); group 1: 15% crude protein (8); group 2: 20% crude protein (9); group 3: 25% crude protein (10)

3. ábra: A csoportonkénti egyedszám alakulása a II. kísérletben



1. csoport: 15% nyersfehérje (1); 2. csoport: 20% nyersfehérje (2); 3. csoport: 25% nyersfehérje (3)

Figure 3: Number of crickets/group in Experiment II

group 1: 15% crude protein (1); group 2: 20% crude protein (2); group 3: 25% crude protein (3)

1/A és B, valamint a 3/A, B és C csoportokban, de az előbbieik kicsi mérete miatt kérdéses lehet a szaporodási képességük. A 2. csoport (20% fehérje) esetében egy tücsök sem érte el az ivarérettséget a kísérlet végéig. Az ivarérettség elérése feltételezésünk szerint nem befolyásolta a testsúly alakulását.

4. Megbeszélés

Bawa és mtsai (2020) két kereskedelmi táppal (16 és 22% nyf), valamint ezek keverékével (19% nyf) takarmányoztak házi tücsköket. Az átlagos testsúly, ha nem is teljesen arányosan, de követte a takarmány nyf tartalmának növekedését (16% mellett $0,419 \pm 0,011$ g, 19% mellett $0,422 \pm 0,014$ g és 22% mellett $0,523 \pm 0,005$ g). Ezek az értékek nagyobbak és jobban tükrözik a szubsztrát nyf tartalmát, mint az általunk mért eredmények az I. kísérlet során ($0,0904 \pm 0,0458$ g 15% nyf mellett, $0,1673 \pm 0,0492$ g 20% nyf mellett és $0,0874 \pm 0,0412$ g 25% nyf mellett). Ezzel szemben a II. kísérlet végén kapott egyedi átlagos testsúlyok már követik a takarmány nyf tartalmának növekedését ($0,1337 \pm 0,0359$ g 15% nyf, $0,1742 \pm 0,0327$ g 20% nyf és $0,1990 \pm 0,0325$ g 25% nyf etetésekor), ami lehet, hogy a tücskök nagyobb kiindulási méretével magyarázható. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az adott közleményben a tücskök fejlődését csak grafikusán ábrázolták, ami alapján nem pontosan ismert az 1-2 hetes kori testsúly, így a növekedési ütemek nem összehasonlíthatóak.

Orinda és mtsai (2017) jóval hosszabb időperiódus alatt (16 hét) nagyobb átlagos testsúlyt értek el változatos takarmányokon tartott csoportokban (tojótápon $0,6085 \pm 0,022$ g, rizskorpa és a sörélesztő keverékén $0,3415 \pm 0,12$ g, rizskorpa és a vérliszt keverékén $0,368 \pm 0,11$ g és rizskorpa és a sörtörköly keverékén $0,4598 \pm 0,15$ g). Mindegyik érték nagyobb, mint saját méréseink az I. kísérletben ($0,1673 \pm 0,0492$ g a 2. csoportban) vagy a II. kísérletben ($0,1990 \pm 0,0325$ g a 3. csoportban). A nyf tartalom ebben az esetben nem szolgál magyarázattal, mivel *Orinda és mtsai* (2017) vizsgálatában a tojótáp nyf tartalma volt a legkisebb (15%).

A túl nagy nyf tartalom gátolhatja a növekedést, mivel annak lebontása energiaigényes folyamat. Más tanulmányok 30% feletti nyf tartalmú szubsztrátoknál tapasztaltak hasonló jelenséget (*Orinda és mtsai*, 2017; *Oloo és mtsai*, 2020), így nem tartjuk valószínűnek, hogy ez állhat eredményeink hátterében. *Harsányi és mtsai* (2020) a 66. napon zöldségmaradék +10% csirketáp (2,79% nyf) keveréken 0,4 g körüli testsúlyt mértek, nagyobb, mint amit a 90% marhatrágya (55% bélsár és vizelet +45% szalma; 3,96% nyf) +10% csirketáp, illetve 90% lótrágya (35% bélsár és vizelet +65% szalma keveréke; 5,03% nyf) +10% csirketáp eredményezett (0,3 g körül). A házi tücsök gyorsan fejlődik csirketápon, amit ezért sok kísérletben a kontrollcsoport takarmányozására használnak. *Harsányi és mtsai* (2020) és *Sorjonen és mtsai* (2019) 0,4-0,5 g-os súlyt ért el csirketápon nevelt tücskök esetében (21,3% és 17,9% nyf), míg ugyanezen szubsztrát felhasználásával (19% nyf) *Dobermann és mtsai* (2019) még ezt is meghaladó ($0,64 \pm 0,084$ g) testsúlyt mértek. Az utóbbi vizsgálatban a kizárólag kölestörkölyön és zöldségmaradékon nevelt egyedeknél viszont 0,2 g alatt maradtak a tücskök. A méréseink során kapott testsúlygyarapodás (akárcsak a túlélés) jellemzően elmaradt a korábbi tanulmányokban található adatoktól. Ennek oka ismeretlen, de feltehetően összefügg, mivel egy külső stresszfaktor elleni küzdelem energiát von el a szervezettől, ezzel csökkentve a testsúlygyarapodást vagy akár az egyed elhullását okozza.

A nimfák kis energiatartalékával és gyenge adaptációs képességével is magyarázható, hogy az 1. kísérlet során az első héten történt a legtöbb elhullás (2. ábra). Ezt a jelenséget már korábbi tanulmányokban is leírták. A frissen kikelt tücskök nagyon érzékenyek a környezetüket érő változásokra és a 20% körüli mortalitás

sem ritka. *Vaga és mtsai* (2020) 17-41% közötti veszteségről számoltak be házi tücskök tekintetében, az első öt nap alatt. A II. kísérletben a nagymértékű korai veszteséget sikerült elkerülni az idősebb tücskök alkalmazásával, de itt is látható volt egy elhullási hullám az 1. és 3. csoportoknál a harmadik és negyedik hét fordulóján (3. ábra). Ennek egyik lehetséges magyarázata lehet - a takarmányozási és környezeti faktorokon túl - a densovírus fertőzöttség, mivel irodalmi adatok alapján a 8-15 mm közötti egyedeket a leginkább veszélyeztetettnek, ami nagyjából az általunk vizsgált időintervallumra tehető. A vírus csökkent testsúlygyarapodással, paralízissel és magas mortalitással jár, de az esetleges vírusfertőzést nem vizsgáltuk. Ez a vírus széles körben elterjedt az európai és észak-amerikai rovartenyészetekben (*Liu és mtsai*, 2011; *Szelei és mtsai*, 2011; *Pharm és mtsai*, 2013).

A takarmány minősége, illetve összetétele meghatározónak tűnik a túlélés szempontjából. A kizárólag ételmaradékon tartott tücskök, a 17%-os átlagos nyf tartalom ellenére is, mindössze 6%-os túlélést értek el, ami még az általunk tapasztaltnál is kisebb (*Kuo és Fisher*, 2022). *Oonincx és mtsai* (2015) 6-55% közötti túlélést tapasztaltak, ami a nagy nyf (22,9%) és kicsi nyerszsírtartalmú (1%) szubsztrát esetében volt a legkisebb és a közepes nyf (17,2%) és 4% nyerszsírtartalmú takarmány etetésekor a legnagyobb. Ezzel szemben *Sorjonen és mtsai* (2019) kísérletében a tücskök 94% és 91%-a életben maradt a 22% és 30% nyf tartalmú szubsztráton.

A II. kísérlet során az 1. csoport túlélési aránya volt a legmagasabb (6,6%-kal előzi meg a 3. csoportot). Egy hasonló korú tücskökkel induló kísérlet kisebb, 80-90%-os mortalitásról számolt be különböző növényi alapanyagokat (9,1% és 23,7% nyf) tartalmazó szubsztrát etetésekor, míg csirkeetap esetében ez 45% körül volt (*Dobermann és mtsai*, 2019). *Bawa és mtsai* (2020) két kereskedelmi táppal (16 és 22% nyf), valamint ezek keverékével (19% nyf) végzett kísérletében mindhárom csoportban 90% feletti túlélést mutatott ki. *Quek és mtsai* (2020) 100%-os túlélést tapasztaltak a tarlórépa + kutyatáp etetésekor.

Harsányi és mtsai (2020) 21%-os nyf tartalmú csirkeetappal etetett tücskök esetében csupán $5,30\% \pm 1,53\%$ -os mortalitásról számoltak. Ezen paraméter a zöldségmaradékon tartott tücsköknél 23%, a kerti hulladékkal etetett egyedeknél 32% volt, amit a ló- (36%) és marhatrágyát (46%) tartalmazó szubsztráton nevelt csoportok követtek. A lótrágyát tartalmazó keverékben közel kétszer annyi nyf (50,33 g/kg) és több mint kétszer annyi nyerszsír volt (5,58 g/kg), mint a zöldségmaradékot tartalmazóban (27,9 g/kg nyf és 2,3 g/kg nyerszsír), miközben a kettő szénhidráttartalma közel megegyező volt (16,9 g/kg és 19,2 g/kg). A tücskök testösszetétele alapján a zöldségmaradék kedvezőbb hatású, mert nagyobb nyf tartalmat eredményezett, mint a ló- és marhatrágya alkalmazása (61,2 és 65,3 g/kg szemben az 57,8 és 56,4 g/kg).

A kísérletünkben tapasztalt jelentős elhullás nem magyarázható csupán a takarmányok nyf tartalmával. Sok tanulmány mezőgazdasági melléktermékekkel is hasonló vagy jobb eredményt ért el, így feltételezhető, hogy - mint az a testsúlygyarapodásnál is felmerült - valamilyen külső stressz faktor, illetve egyéb takarmányozási tényező még szerepet játszott a nagy arányú elhullásban. Lehetséges, hogy a szubsztrátból hiányzott valamilyen esszenciális tápanyag, ezzel limitálta a tücskök növekedési képességét. Felmerülhet, hogy a bogárzselé nem tartalmazott elegendő vitamint és/vagy ásványi anyagot, de más kísérletek esetében sem jellemző, hogy valamilyen premixet is tartalmaz a takarmánykeverék.

A kísérletben használt táp 3% napraforgó olajat tartalmazott, ami a tücskök számára is esszenciális linolénsaban szegény (Chowdhury és mtsai, 2007; Morales-Ramos és mtsai, 2014; Kraus és mtsai, 2019). Ennek, mint lehetséges okozati feltevésnek ellentmond, hogy a tücskök linolénsavból szintén keveset tartalmazó zöldségmaradékokon is megfelelően fejlődhetnek. Egy másik magyarázat talán a környezeti hőmérsékletben rejlik. Kísérleteink során $27 \pm 0,4^\circ\text{C}$ -ot és 50-60%-os páratartalmat biztosítottunk. *Lachenicht és mtsai* (2010) 29°C -ban határozzák meg a házi tücsöknek ideális hőmérsékletet. Ehhez képest nagyobb, 33°C -os hőmérséklet esetében 60-70%, míg 25°C -on tartott egyedeknél 20-30%-os növekedést tapasztaltak a mortalitásban. Ez, mint lehetséges kiváltó ok nem valószínű, mivel az irodalmi adatok alapján a jelen kísérletben alkalmazott tartási körülmények megfelelőek és mások által is alkalmazottak voltak.

Ivarérett egyedeket csupán a második kísérlet utolsó, 5–6. hetében találtunk. Egy hasonló korú tücskökkel és nyf tartalmú takarmányokkal végzett kutatás során 34-45 nap kellett a kifejlett állapot eléréséig (*Dobermann és mtsai*, 2018). Számtalan tanulmány bizonyítja, hogy összefüggés van a takarmány nyf tartalma és a tücskök növekedési erélye között (*Bawa és mtsai*, 2020; *Dobermann és mtsai*, 2018). Ezt a mi méréseink is megerősítik, hiszen a legalacsonyabb nyf tartalmú táppal etetett csoport a II. kísérletben a legkisebb átlagos egyéni testsúlyt érte el. Az I. kísérletben pedig mindössze 0,003 grammal előzte meg a 3. csoportot, miközben a mortalitása rátája 10%-kal nagyobb volt.

5. Következtetések, javaslatok

Az eredmények alapján levonható következtetés, hogy a 15% nyf tartamú, zsírtalanított szójaliszt alapú takarmány alkalmazása a kicsi elérhető testsúly miatt nem javasolt egyik életkor esetében sem. A II. kísérlet alapján az ivarérets és a testsúly alakulásának együttes figyelembevételével a 25%-os nyf tartalmú takarmány etetése a legmegfelelőbb. Mindkét kísérletben nagy arányú volt az elhullás, aminek oka további vizsgálatokat igényel. Egy kivétellel csak nőstények érték el az ivarérettséget, annak tisztázása, hogy ez a takarmány összetételével áll-e összefüggésben szintén további kutatások témája lehet.

6. Felhasznált Irodalom

- AOAC (1990): Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Fifteen. ed, Assosiation of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Alhujaili, A. – Nocella, G. – Macready, A. (2023): Insects as Food: Consumers' Acceptance and Marketing. *Foods*, 12. 886. <https://doi.org/10.3390/foods12040886>
- Bawa, M. – Songsermpong, S. – Kaewtapee, C. – Chanput, W. (2020): Effect of Diet on the Growth Performance, Feed Conversion, and Nutrient Content of the House Cricket. *J. Insect Sci.*, 20. 10. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa014>
- Conway, A. – Jaiswal, S. – Jaiswal, A. K. (2024): The Potential of Edible Insects as a Safe, Palatable, and Sustainable Food Source in the European Union. *Foods*, 13. 387. <https://doi.org/10.3390/foods13030387>
- Chowdhury, K. – Banu, L. A. – Khan, S. – Latif, A. (2007): Studies on the fatty acid composition of edible oil. *BJSIR*, 42. 311–316.

- Dobermann, D. – Michaelson, L. – Field, L. M. (2019): The effect of an initial high-quality feeding regime on the survival of *Gryllus bimaculatus* (black cricket) on bio-waste. JIFF, 5. 1-8. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0024>
- A Bizottság (EU) 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról.
- Halloran, A. – Roos, N. – Eilenberg, J. – Cerutti A. – Bruun, S. (2016): Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. Agron. Sustain. Dev., 36. 57. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8>
- Hancz, Cs. – Sultana, S. – Nagy, Z. – Biró, J. (2024): The Role of Insects in Sustainable Animal Feed Production for Environmentally Friendly Agriculture: A Review. Animals. 14. 1009. <https://doi.org/10.3390/ani14071009>
- Jongema, Y. (2017): List of edible insects of the world. Wageningen University & Research, Wageningen, the Netherlands.
- Harsányi, E. – Juhász, C. – Kovács, E. – Huzsvai, L. – Pintér, R. – Fekete, G. – Varga, Z. I. – Aleksza, L. – Gyuricza, C. (2020): Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor* and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. Insects, 11. 604. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Kraus, S. – Monchanin, C. – Gomez-Moracho, T. – Lihoreau, M. (2019): Insect Diet. In: Vonk, J. – Shackelford, T. (szerk.): Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior. Springer International Publishing, Cham, 1–9.
- Magara, H. J. O. – Niassy, S. – Ayieko, M. A. – Mukundamago, M. – Egonyu, J. P. – Tanga, C. M. – Kimathi, E. K. – Ongere, J. O. – Fiaboe, K. K. M. – Hugel, S. – Orinda, M. A. – Roos, N. – Ekesi, S. (2021): Edible crickets (*Orthoptera*) around the world: Distribution, nutritional value, and other benefits – A review. Front. Nutr., 7. 537915. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.537915>
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Coudron, T. A. (2014): Artificial Diet Development for Entomophagous Arthropods. In: Mass Production of Beneficial Organisms. Elsevier.
- Kuo, C. – Fisher, B. L. (2022): A literature review of the use of weeds and agricultural and food industry by-products to feed farmed crickets (Insecta; *Orthoptera*; *Gryllidae*). Front. Sustain. Food. Syst., 5. 810421. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.810421>
- Lachenicht, M. W. – Clusella-Trullas, S. – Boardman, L. – Le Roux, C. – Terblanche, J. S. (2010): Effects of acclimation temperature on thermal tolerance, locomotion performance and respiratory metabolism in *Acheta domesticus* L. (*Orthoptera*: *Gryllidae*). J. Insect Physiol., 56. 822–830. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.02.010>
- Liu, K. – Li, Y. – Jousset, F-X. – Zadori, Z. – Szelei, J. – Yu, Q. – Pham, H. T. – Lepine, F. – Bergoin, M. – Tijssen, P. (2011): The *Acheta domesticus* densovirus, isolated from the European house cricket, has evolved an expression strategy unique among parvoviruses. J. Virol., 85. 10069–10078. <https://doi.org/10.1128/JVI.00625-11>
- Oonincx, D. G. – van Itterbeeck, J. – Heetkamp, M. J. – van Den Brand, H. – van Loon, J. J. – van Huis, A. (2010): An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PloS one, 5. e14445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Oonincx, D. G. A. B. – van Broekhoven, S. – van Huis, A. – van Loon, J. J. A. (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS One, 10. 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- Oloo, J. A. – Ayieko, M. – Nyongesah, J. M. (2020): *Acheta domesticus* (Cricket) feed resources among smallholder farmers in Lake Victoria region of Kenya. Food Sci. Nutr., 8. 69–78. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1242>
- Orinda, M. – Mosi, R. – Ayieko, M. – Amimo, F. (2017): Growth performance of Common House cricket and Field Cricket fed on agro byproducts. J. Entomol. Zool. Stud., 5. 1664–1668.

- Pham, H. T. – Yu, Q. – Bergoin, M. – Tijssen, P. (2013): A novel ambisense densovirus, *Acheta domesticus* mini ambidensovirus, from crickets. *Genome Announc.*, 7. e00914-13. <https://doi.org/10.1371/10.1128/genomeA.00914-13>
- Quek, X. T. – Liang, L. – Tham, H. H. – Yeo, H. – Tan, M. K. – Tan H. T. W. (2020): Are the growth and survival of *Acheta domesticus* comparable when reared on okara, waste vegetables and premium animal feed? *JIFF*, 6. 161–168. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0039>
- Sorjonen, J. M. – Valtonen, A. – Hirvisalo, E. – Karhapää, M. – Lehtovaara, V. J. – Lindgren, J. – Marnila, P. – Mooney, P. – Mäki, M. – Siljander-Rasi, H. – Tapio, M. – Tuiskula-Haavisto, M. – Roininen, H. (2019): The plant-based by-product diets for the mass-rearing of *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. *PLoS One*, 14. e0218830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218830>
- Szelei, J. – Woodring, J. – Goettel, M. S. – Duke, G. – Jousset, F. X. – Liu, K. Y. – Zadori, Z. – Li, Y. – Styer, E. – Boucias, D. G. – Kleespies, R. G. – Bergoin, M. – Tijssen, P. (2011): Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics. *J. Invertebr. Pathol.*, 106. 394–399. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.12.009>
- Vaga, M. – Berggren, Å. – Pauly, T. – Jansson, A. (2020): Effect of red clover-only diets on house crickets (*Acheta domesticus*) growth and survival. *JIFF*, 6. 179-189. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0038>
- van Huis, A. – Tomberlin, J. K. (2017): *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.

Érkezett: 2024. november

Szerzők címe: Nahaji, P.
állatorvostan-hallgató, Állatorvostudományi Egyetem
Hetényi, N.
Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és
Laborállat-tudományi Intézet, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

Authors' address: University of Veterinary Medicine Budapest, Institute for Animal Breeding,
Nutrition and Laboratory Animal Science, Department of Animal Nutrition
and Clinical Dietetics
H-1078 Budapest, István u. 2.
*levelező szerző, e-mail: hetenyi.nikoletta@univet.hu