

SZAKDOLGOZAT

Szarka Ágnes Zsófia

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus

Lótenyésztő, lovassport szervező agrármérnök BSc

Laboratóriumi egerek tartástechnológia fejlesztése

Belső konzulens:	Prof. Dr. Nagy István tanszékvezető,
Külső konzulens:	Bárdos Boróka PhD-hallgató
Intézet, Tanszék:	Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állatnemesítési Tanszék
Készítette:	Szarka Ágnes Zsófia KZD88T nappali

Kaposvár

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések	3
1.1.	Célkitűzések	3
2.	Szakirodalmi áttekintés	4
2.1.	Vizsgálati alanyom, a házi egér leírása, jellemzői	4
2.1.1.	Általános leírás, életmód	4
2.1.2.	Etológia a természetben.....	4
2.1.3.	Etológia a laboratóriumokban.....	5
2.2.	Holdfény hatása az éjszakai állatok viselkedésére	5
2.2.1.	Holdfény hatása az egerekre	5
2.2.2.	Holdfázis hatása az éjszakai ragadozók vadászatára.....	6
2.3.	A fényintenzitás problémája a laboratóriumban tartott egereknél	7
2.4.	Egerek megjelölése.....	7
2.5.	A rágcsálók, egerek laboratóriumi használatának eredete, története	8
2.5.1.	A laboregér kialakulása	9
2.6.	A törzsek elnevezése	10
2.7.	Az egerek használatának célja a laboratóriumokban	10
2.7.1.	A BALB/c egér jellemzői	11
2.7.2.	A C57BL/6 egér jellemzői.....	11
2.8.	Az állatok viselkedését mérő tesztek.....	12
3.	Alkalmazott módszerek.....	14
3.1.	Az állatok elhelyezése	14
3.1.1.	A kézhez szoktatás (handling) jelentősége	15
3.2.	A vizsgálat módszere.....	15
3.2.1.	A vizsgálat környezete	16
3.3.	Statisztikai elemzés	17

4.	Eredmények és értékelésük	19
4.1.	Az eredmények.....	19
4.2.	Értékelés	23
5.	Következtetések és javaslatok.....	26
6.	Összefoglalás.....	28
7.	Köszönetnyilvánítás.....	29
8.	Irodalomjegyzék	30
8.1.	Egyéb források:	34

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Szakedolgozatom témája a laboratóriumi egerek tartástechnológia fejlesztése. Azért választottam ezt a témát, mert mindig is foglalkoztatott az etológia és az ezzel kapcsolatos kutatások, vizsgálatok, így amikor lehetőségem adódott az egyetemen foglalkozni a kisemlősök viselkedésével, nem is volt kérdés, hogy ezen a témán szeretnék dolgozni. A szakdolgozatom célja, hogy a rengeteg laboratóriumi, nem természetes közegben élő kisemlősök életkörülményeit az általam gyűjtött információk és következtetések alapján komfortosabbá változtathassuk.

A témámnál különös hangsúlyt helyeztem a kisemlősök, azon belül is az egerek különböző fényviszonyok között mért stresszszintjére. A vizsgálatomhoz a BALB/c és C57BL/6 típusú beltenyésztett egereket választottam, amiket az egyetemen is tartottak, illetve elterjedtek a laboratóriumokban is. Az egyik albínó, míg a másik pigmentált szemű, így a vizsgálat során várhatóan különböző mértékben zavarja őket a fény.

1.1. Célkitűzések

Célom a két különböző szőr- és szemszínezetű beltenyésztett laboratóriumi egértörzs viselkedésének a vizsgálata, hogy a nagyobb intenzitású fény hogyan befolyásolja az egerek aktivitását.

Az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

- A különböző intenzitású megvilágítás befolyásolja-e a két laboratóriumi egértörzset a vizsgáló kezéhez való első odajövetel idejében?
- Továbbá, hogy a fényintenzitás befolyásolja-e a különböző egértörzsek aktivitását?
- A különböző fényintenzitás hat-e az egerek félelmi reakciójára?

Az eddigi szakirodalmi eredmények alapján azt várjuk, hogy az albínó BALB/c egereket az erősebb fény jobban zavarja majd, így kevésbé lesznek aktívak, mint a pigmentált szemű C57BL/6 egereket.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Vizsgálati alanyom, a házi egér leírása, jellemzői

2.1.1. Általános leírás, életmód

A házi egér (*Mus musculus*) a világon szinte mindenhol megtalálható, ahol ember is él. Kitűnően alkalmazkodott az emberi környezethez és a velük való együttéléshez. Az ember közvetlen környezetében él, de különböző agrárterületeken is fellelhető pl. állattartó telepek, magtárak. Üregekben él és járatokat képeznek számos helyen, padló alá, falakba, farönkökön keresztül. Ezek a járatok nagyjából 2 cm szélesek, amik végén egy nagyobb üreg található, ahova a fészket építik (Bihari, 2007). A háziegér nem alszik téli álmot, ezért a túlélés szempontjából a kemény telek különösen kritikusnak számítanak, a legtöbb mortalitás erre az időszakra esik. A háziegér a hideg évszakhoz elvándorlással alkalmazkodik, ősszel elhagyja a szántóföldeket és emberi építményekbe húzódik (Carlsen, 1993).

Nappal idejük nagy részét búvóhelyeiken töltik, kevésbé aktívak, míg szürkületkor, az éjszaka első felében a legaktívabbak (Bihari, 2007).

Táplálkozása változatos, leginkább a környezet lehetőségeitől függ. Étrendjében megjelennek a különböző növények, magvak, rovarok, esetenként ember által feldolgozott élelmiszerek (Calhoun, 1941). Napi táplálékigénye megközelítőleg 5-8 gramm, valamint víz igénye nem jelentős mértékű (Kovács, 2002; Bihari, 2007).

2-3 hónapos korában válik ivaréretté és környezeti feltételektől függően egész évben képes a szaporodásra. Ideális környezetben akár évi 8-10 alom is születhet egy nőténnytől. A vemhesség 18-24 napig tart, egy alom száma pedig 1-12 utód között mozog. A kölykök 12-15 naposan nyitják ki a szemüket. Mesterséges körülmények között akár 2-3 évig is élhet, ez a természetben jóval kevesebb, mivel sok ragadozó kedvelt prédája (Kovács, 2002; Bihari, 2007).

2.1.2. Etológia a természetben

A házi egér (*Mus musculus*) egy társas lény, így a természetben eltérő méretű családi közösségekben élnek, amiket legtöbb esetben egy hím, több rokon nőtény és utódaik alkotnak. Ezek a közösségekben élő egerek együttesen kolóniákat alkotnak. (Crowcroft és Rowe, 1963).

A rokon házi nőtények gyakran együtt maradnak, és együtt nevelik az utódokat (Crowcroft és Rowe, 1963; König, 1994).

A csoportokban rangsor alakul ki, amit leginkább a kor határoz meg, azaz az idősebb nőtények előrébb állnak a rangsorban, mint a fiatalabbak. A csoporton belül is megjelenik kisebb fajta agresszió az egerek között, viszont sokkal kisebb mértékben, mint az ismeretlen egyedekkel szemben (Szenczi & Altbäcker, 2013).

2.1.3. Etológia a laboratóriumokban

A domesztikált egér előnye, hogy kevésbé agresszív, a különböző ingerek ellen inkább elmenekül, mintsem támad, így a gondozót kisebb eséllyel harapja meg, mikor megfogja őket. Társas lény, ahol a hierarchia felállítása, vagy a területvédelem miatt előfordul, hogy harcolnak egymással. Ezek a harcok inkább a hímekre jellemzőek, és akár komoly sérüléseket is okozhatnak egymásnak (Kappel és mtsai., 2017; Weber és mtsai., 2017). A harcolásnál gyakoribb a gócos szőrhullás, amikor is élesen elválasztott szélekkel, sebek nélküli foltokban hiányzik a szőr, vagy bajusz. Ezek a foltok a domináns egyedekre nem jellemző, inkább a ranglétra alján lévő példányokra. Ezek ellenére érdemes csoportokban tartani őket. Éjszakai lények, de laboratóriumi környezetben nappal is aktívak. Kicsi testük miatt érzékenyek a hővesztésre, ezáltal a testhőmérsékletük fenntartásához szeretnek üreget ásni, fészket építeni (Lisk és mtsai., 1969), amihez sok almot-, valamint fészkepítő anyagot kell biztosítani.

2.2. Holdfény hatása az éjszakai állatok viselkedésére

2.2.1. Holdfény hatása az egerekre

A holdfény nagy hatással van az éjszakai kisemlősök éjjeli viselkedésére, legyen szó táplálkozásról, szaporodásról vagy egyéb szociális viselkedésről. Több kutató is vizsgálta ezt az USA délkeleti részén egy ott honos egérfajon, a *Peromyscus polinatuson*. A kísérletet 1985 novembere és 1986 áprilisa között végezték, havonta 8 alkalommal. A kísérlet lényege, hogy kiderítsék a mért egyedek aktivitását függően a Hold ciklusától, az eltérő intenzitású fényerősségtől, valamint a növényzet sűrűségétől. A vizsgálatokat egy 5 méter átmérőjű arénában mérték, aminek az egyik fele növényekkel borított volt, míg a másik fele növények

nélküli nyílt terület volt. A mérésekhez használt egereket a környéken csapdázták be, és már a mérések előtt 24 órával az arénába helyezték őket. Az éjszakákat a hold fázisától függően 4 szakaszra osztották a mérések elemzése miatt. A vizsgálattal megállapították, hogy telihold idején 70%-al, $\frac{3}{4}$ hold idején 56%-al, félhold idején 32%-al, $\frac{1}{4}$ hold alatt pedig 23%-al csökkent az aktivitás a legsötétebb szakaszhoz, az újholdhoz képest. Alacsony holdállásnál, azaz a sötétebb éjszakákon, az egerek aktivitása az aréna mindkét térfelén azonos volt, a hold emelkedésével azonban a nyílt területen egyre csökkent, míg a növényzettel borított felén egyre nőtt. A kísérlettel megállapították, hogy az állatok éjszakai aktivitását több tényező is befolyásolja, ezek a hold állása, a holdfázis, a terület növényzetének sűrűsége, és az időjárás (Wolfe és Summerlin, 1989).

2.2.2. Holdfázis hatása az éjszakai ragadozók vadászatára

Kutatók feltételezték, hogy az éjszakai ragadozók sikerességi rátája magasabb az intenzívebb holdfény hatására, mivel könnyebben észlelhetik a zsákmányállatokat. Ez azonban csak azokra a ragadozókra igaz, akiknek fő érzékszerve a látás, vagy több érzékszerve is kiváló, ami nagyrészt a madarakra igaz. Azok a predátorok, akiknek más érzékszervük, például szaglás vagy echolokáció a fejlettebb, kevésbé sikeres vadászok erősebb holdfénynél. Ennek oka a ragadozási szokásaikban keresendő, ugyanis ők lassú lopakodással cserkészik be a zsákmányállatokat, amik a megnövekedett fényintenzitás miatt könnyebben észreveszik a ragadozót és időben elmenekülnek a veszély elől. A ragadozó madarak ezzel szemben fejlett látásukkal a holdfényben a legsikeresebbek. Egyszerűbben észlelik a prédaállatokat, gyors és hirtelen támadásaikkal pedig könnyen elkapják őket (Prugh & Golden, 2014). 1983-ban Clark végzett kísérletet, ahol a predátorok vadászati szokásait, illetve a zsákmányállat aktivitását figyelte különböző fényintenzitások alatt. A vizsgálatokat egy teremben végezte, aminek aljára homokot szórt, hogy a zsákmányállat mozgását követhesse és kamerákat helyezett el a felvételek elemzéséhez. Különböző tereptárgyakat helyezett el mind a predátor, mind a zsákmány számára, illetve a hold fázisaihoz különböző fényerősségeket használt. 3 holdfázissal végezte a kísérletet, aminek szimulálására a következő fényintenzitásokat használta: 3 lux a telihold, 1,5 lux a negyedhold, 0,5 lux az újhold. A vizsgálathoz 2 fajt használt. Ragadozó a réti fülesbagoly (*Asio flammeus*), míg a prédaállat az Észak-Amerikában honos özégér (*Peromyscus maniculatus*) volt. A vizsgálatokhoz a két állatot összeengedték és megfigyelték a vadászat különböző fázisait, a hajszát, keresést, üldözést és a fogvatartási időt, valamint a prédaállat

meneküléseinek számát. A kísérletek kivétel nélkül a zsákmányállat elejtésével végződtek. A vizsgálat méréseinek elemzésével megállapították, hogy a fényintenzitás növelésével, azaz magasabb holdfázisban, a ragadozó kereséssel töltött ideje csökkent, míg a vadászat többi szakaszának ideje nem változott lényegesen. A zsákmányállatok a magasabb holdfázisban minden esetben elbújtak, csökkentették az aktivitásukat a nyílt terepen. A sikeres fogásoknál előfordult, hogy az egér kiszabadult. Ezek aránya $\frac{1}{4}$ hold idején 43%, újhhold idején 9%, telihold idején 0% volt (Clarke, 1983).

2.3. A fényintenzitás problémája a laboratóriumban tartott egereknél

A laboratóriumban tartott egerek tartástechnológiájának egyik fő problémája a megvilágítás, mivel az éjszaka aktív rágcsálók szeme a sötét fényviszonyokhoz alkalmazkodott, így a laboratóriumokban az erős fényű megvilágítás az állatok számára plusz stresszforrásként írható le. Az egerek fényre adott stresszreakciója a fent említett ragadozó-zsákmányállat aktivitással magyarázható, hogy a teliholdas éjszakákon, amikor az egerek táplálékok gyűjtenek sokkal nagyobb a ragadozási kockázat, hiszen a ragadozók elől kevésbé tudnak elrejtőzni világosban (Zollner és mtsai., 1999). A laboratóriumban tartott egerek szinte sosem találkoznak természetes fénnel, így nagyon fontos szerepe van a szobákban elhelyezett világítási rendszereknek. A rendszer szinte kizárólag automatikus. Egy átlagos egér szobában 12:12, vagy 14:10 L:D arányban kapnak fényt, ami 12 óra világos, illetve 12 óra sötét fázist jelent. A világos ciklus alatt a ketrecekben mért fényerősség általában 130-325 lux között mozog, a ketrec szobában való elhelyezkedésétől függően. A tenyésztésre használt állomány szobájában megemelik a világos ciklus hosszát, mert elősegíti a szaporodást. A sötét ciklus alatt a kutatók általában nem lépnek be a szobába és lámpával sem zavarják az egereket (K. Flurkey és mtsai., 2009)

2.4. Egerek megjelölése

A laboratóriumokban a különböző vizsgálatokhoz és az azokhoz szükséges mérésekhez elengedhetetlen az egyedek, csoportok megjelölése, amire különböző módszereket alkalmaznak. Egyik legnépszerűbb a ketreckártyák használata, amikor a ketrecre helyezve feltüntetik a törzsnevet, az állat eredetét, a létesítménybe érkezés dátumát, a kutatási projekt

számát, illetve az állat nemét. A tenyésztésben résztvevő egerekhez használt kártyákon egyéb adatok is szerepelnek, például törzskönyvi szám vagy a reprodukív teljesítmények (párzás, ellés dátuma, utódok száma, elválasztás időpontja). Használják még füljegyzőket is, amiknek hátránya, hogy elveszhetnek (legtöbbször harcok során), ezért kevésbé népszerű. További lehetőségek még a füllyukasztás, tetoválás, transzporter (behelyezés előtt érdemes érzésteleníteni), illetve lábujjcsontkítás, aminek hátránya, hogy legkésőbb 7 napos korig kell elvégezni (Suckow és mtsai., 2001).

2.5. A rágcsálók, egerek laboratóriumi használatának eredete, története

A 20. században fellendültek az orvosbiológiai kutatások mikor is a biológia, a kémia és az orvoslás egyesültek. A különböző gyógyszerek és a genetikai kutatást igénylő krónikus betegségek (pl. rák, diabétesz, szívbetegségek) sok állatkísérletet igényeltek. A kisemlősök elsősorban az elfogadhatóbb társadalmi környezet, kisebb etikai nyomás miatt lettek kedveltek a kutatók körében a kísérletekhez, azonban más előnyei is voltak. Apró méretüknél fogva könnyen kezelhetőek, olcsó és egyszerű a tartásuk. Jól tűrik a beltenyésztést és rövid életűek, ugyanakkor könnyen, nagy alomszámmal és gyorsan szaporodnak. Nagy előnye a genetikakutatásokban mutatkozik meg igazán, mert szoros kapcsolatban van az emberrel, DNS-ük 95%-ban megegyezik.. Ennél közelebb csak a főemlősök állnak. Szinte minden szerv megegyezik, sok anatómiai és anyagcsere tulajdonság azonos. (Franco, 2013; Davisson és Linder, 2006).

A háziasított patkányok (*Rattus norvegicus*) voltak az első laborban alkalmazott rágcsálók, amik használata 1909-től lett igazán népszerű, bár már 1828-tól vannak feljegyzések patkányokkal végzett kísérletekről.

A háziegeret (*Mus musculus*) már az 1850-es években alkalmazta a genetikai kutatásaihoz Gregor Mendel (1822-1884) szerzetes, ahol a kultakarók színeit vizsgálta velük. Sajnos a monostori szabályozások miatt borsókra váltotta az egereket. Megalkotta az öröklődés alapvető szabályait, a mendeli törvényeket, illetve létrehozta az öröklődés alapfogalmait is pl. domináns, recesszív, homozigóta, heterozigóta, fenotípus, genotípus. Később, a 20. század elején nagyobb figyelmet kaptak az öröklési törvények és azok kutatása. Ezeket a kutatásokat elsősorban emlősökön végezték, mert szervezetük hasonló az emberéhez, emberi betegségekhez. Ezen belül is leginkább az úgynevezett tarkaeget szerették használni, aminek

több előnye is volt. Hobbitenyésztőktől könnyen beszerezhető volt, hiszen a világon szinte mindenhol (Kína, Japán, Európa, USA) megtalálható volt. Már házasított volt, így könnyű volt kezelni őket, illetve ezen egerek szőrzeteinek különböző színei és mintái voltak, amik egyszerű fenotípusok, így könnyű genetikai törvényeket kutatni velük (Franco, 2013)

2.5.1. A laboregér kialakulása

A kutatók úgy tartják, hogy a háziegér eredetileg Közép-Ázsia sztyeppéin volt őshonos, majd innét terjedt el Európába és Ázsiába. A *Mus musculus* emberi településeken való megjelenése körülbelül 15 000 évvel ezelőtt történt a Közel-Keleten (Weissbrod és mtsai., 2017), majd ezt követően az egerek az emberi vándorlással terjedtek el az egész világon.

A jó alkalmazkodóképességüknek köszönhetően élőhely tekintetében nem válogatósak és ezáltal négy alfajuk alakult ki az elmúlt 0,6 millió évben (Bonhomme és Guénet, 1996; Auffray és mtsai., 1990; Britton-Davidian, 1990; Nagamine és mtsai., 1994). A *Mus m. domesticus* Nyugat-Európában, Afrikában és a Közel-Keleten őshonos. A gyarmatosítások eredménye képpen eljutott az amerikai kontinensre, Ausztráliába és számos atlanti- és csendes-óceáni szigetre. *Mus m. musculus* élőhelye Észak- és Kelet-Európától Ázsián át, a Himalájától északra a Csendes-óceánig terjed. A *Mus m. bactriilnus* Irán és Burma közötti régiót foglalja el, a *Mus m. castaneus* Délkelet-Ázsiában honos, beleértve az Indo-Maláj szigetcsoporthoz és Kína egyes részeit, a Jangce folyótól délre eső területeket.

Clarence Cook Little (1888-1971) kutató a genetika új területeit kutatta, azon belül is a rákkutatás foglalkoztatta. Felfedezte, hogy a tumorok túlélhetik a transzplantációt az egerekben, így képes volt a rák előfordulásának kísérleti szabályozására. (Strong, 1978) A rákkutatás során változó sikerességi rátákat kapott. Ennek csökkentésére ki kellett küszöbölnie a változókat és genetikailag leghasonlóbb állatokkal kellett dolgoznia. Ennek a legjobb módszere a beltenyésztéses génrögzítés. Előnye, hogy eltávolítja a genetikai varianciákat, így közvetlenebb lesz a kapcsolat a betegség és a genotípus között. Továbbá több, egyedi tulajdonsággal rendelkező törzset tenyésztethetünk ki, amiket össze tudunk hasonlítani vagy keresztezni, ezzel is a betegségek öröklődhetőségét vizsgálva. Ugyanazon beltenyésztett törzset egyszerre több laboratóriumban, programban lehet használni, így a kísérleti eredmények megbízhatóbbak és megismételhetőek lesznek. 1921-ben C. C. Little létrehozta a C57BL/6 laboratóriumi beltenyésztett egértörzset, ami a mai napig az egyik legnépszerűbb. (Staats, 1968)

Little és Leonell C. Strong (1894-1982) azonban közösen rávilágítottak a beltenyésztés hátrányára, a beltenyésztési depresszióra is, ami károsodást okoz az egerekben. Több éves munkájukkal kitenyésztették az első beltenyésztett egértörzset, a DBA-t. Egy törzs kitenyésztéséhez legalább 20 generáción keresztül kell testvérpárosítást végezni, hogy egymással azonos egereket kapjunk. A BALB/c beltenyésztett egértörzset George Davis Snell hozta létre a Jackson Laboratoryban, Észak-Amerikában, 1932 körül. Ezen kívül 1920 és 1930 között számos beltenyésztett egértörzset hoztak létre a kutatók, amiket a mai napig használnak a különféle vizsgálatokhoz. (Strong, 1978).

2.6. A törzsek elnevezése

A különböző beltenyésztett törzsek nevei 2 fő információt tartalmaznak. Az egyik a törzs háttere, az alapul szolgáló szülői törzsek. A másik a releváns gének és allélok részleteit jelöli. Továbbá a név tartalmazhat esetleges információkat például a törzs tenyésztőjéről, kitenyésztés helyéről, jelenlegi helyéről. Pl. DBA jelentése: világosbarna, non-agouti (K. Flurkey és mtsai., 2009)

2.7. Az egerek használatának célja a laboratóriumokban

Az egereket sok kutatásban használják, ebből a legfontosabb orvosi kutatások a rák, immunológia, toxikológia, anyagcsere, fejlődésbiológia, cukorbetegség, elhízás, öregedés, szív és érrendszeri betegségek. Ezeket a világ egyik legnagyobb egérállományú orvosbiológiai kutatóintézetében is kutatják, a Jackson Laboratory-ban, amit még Clarence Cook Little alapított 1929-ben és több saját tenyésztésű beltenyésztett egereik is vannak, illetve szerte a világon vannak laboratóriumaik.

A kutatókhoz genetikailag meghatározott és változatos egereket is használnak. Több mint 3000 genetikailag meghatározott egértörzs létezik. A mai leggyakoribb törzsek a C57BL/6, a BALB/C, a C3H, az FVB, az 129, a DBA és a CBA. Ugyanakkor használnak még hibrid egereket (F1), újrakeresztett hibrideket (F2), koizogén törzseket, indukált mutációs egereket, transzgenikus egereket, „knockout” egereket és kognitív egereket is (Suckow és mtsai., 2001).

2.7.1. A BALB/c egér jellemzői

Az egyik legnépszerűbb beltenyésztett törzs, nevének jelentése: Bagg vonal, albínó, c-t Snell adta hozzá 1932-ben, a törzs a 26. generációjánál. Fehér szőrzete és vörös szemei vannak, érdekessége, hogy plazmasejtes daganatokat képesek létrehozni a lágyszövetekben. Immunológiai, szív- és érrendszeri, illetve fertőző betegségek kutatásában előszeretettel használják (Suckow és mtsai., 2001).



1. ábra: BALB/c egér

2.7.2. A C57BL/6 egér jellemzői

Egy beltenyésztett törzs, nevének jelentése: C vonal, 57-es nőstény, fekete. 1921-ben tenyésztette ki Little. Fekete szőrzete van, néha fehér foltokkal tarkítva, illetve fekete szeme. Előszeretettel használják hasnyálmirigy- és glükóz vizsgálatokhoz, illetve genetikai kutatásokhoz az egyik legkedveltebb egértörzs. Sok orvosbiológiai, mutációs és transzgenikus vizsgálathoz is használják (K. Flurkey és mtsai., 2009)



2. ábra: C57BL/c egér

2.8. Az állatok viselkedését mérő tesztek

A viselkedés-teszteket a vad- és háziállatok esetében a viselkedés különböző variációinak a leírására, másrészt a viselkedés számszerűsítésére használják (Bell és mtsai., 2010). Az állatok személyiségével foglalkozó tudományterület csak az elmúlt két évtizedben került előtérbe. Számos kutató próbált módszertani keretet kidolgozni a kutatás minőségének és megismerhetőségének a javítása érdekében (Taylor és Mills 2006, Uher és mtsai., 2008). A viselkedés tanulmányozására sokféle módszer áll rendelkezésre. A viselkedés-teszteket két nagy csoportra lehet osztani. Az egyik csoportba azok a módszerek, illetve tesztek tartoznak, amelyek az állat spontán viselkedését vizsgálják. Az alábbi alcsoportok tartoznak ide:

1. A spontán viselkedést vizsgáló módszerek általában az aktivitást, a mozgásmintázatot rögzítik, ilyen például az open-field teszt.
2. A preferencia-módszerek lényege, hogy egyes ízeket, mozgásmintákat stb. előnyben részesít (preferencia), vagy éppen elkerül (pl. passzív elkerülés teszt).
3. A helyzeti-szorongást vizsgáló eljárások általában valamilyen konfliktus-helyzetre épülnek, ami az állat számára szorongást kelt, ezért azt az állat nem szereti, viszont a kíváncsiság vagy más motiváció (pl. szomszédosság, éhség) mégis odahajtja (pl. emelt labirintus teszt, Open-field).
4. Külön csoportot alkotnak a motivációt vizsgáló tesztek, illetve ezzel kapcsolatos modellek (pl. a Porsolt-féle úszási teszt, az új tárgy felismerési teszt).

A másik nagy csoportot a tanulást/memóriát vizsgáló módszerek alkotják, ide tartoznak:

1. Útvonal-tanulási tesztek (labirintus tesztek), amik választást kínálnak az állat számára. Ezek lehetnek egyszeresen vagy többszörösen elágazó labirintusok (T-labirintus, Y-labirintus, sugár-labirintus). Ezek a tesztek a memória vizsgálatára is alkalmasak, míg mások, például a Morris-féle vízi labirintus teszt a térbeli tájékozódás tanulmányozására megfelelő.
2. Az asszociatív tanulást vizsgáló eljárások. Ide tartoznak a félelem- és elhárító-kondicionálások, illetve a pedálos operáns-kondicionáló kamrák, amelyek leginkább a tanulási folyamat vizsgálatára alkalmasak.

A viselkedés-tesztek alkalmazása és az ebből született eredmények hozzájárulhatnak a természetvédelmi intézkedésekhez, mint például a védett és fokozottan védett állatok visszatelepítése a vadonba, hogy ez sikeres legyen, meg kell találni viselkedés-tesztek alapján a megfelelő egyedet (Duckworth, 2009). Továbbá a fogságban tartott állatoknál is fontosnak bizonyultak a viselkedés-tesztek a megfelelő állatjóléti szempontok kialakítása és biztosítása miatt (Doane és Sarenbo, 2019). Az állattenyésztők szempontjából pedig fontos szelekciós

szempontként szolgálhatnak az alkalmazott kutatások eredményei (Sinn és mtsai., 2010, Voisin et al., 1997).

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

3.1. Az állatok elhelyezése

A vizsgálatok a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusának Rágcsálólházában történtek. A Rágcsálólház saját egértenyésztéssel rendelkezett, ahol ismert korú, nemű és származású egyedek voltak. Az egerek egy T4-es (600 ×200 ×380 mm) laboratóriumi egérdobozban, kiscsoportos tartásban (1 hím, 2-3 nősténnyel) voltak elhelyezve, mélyalommal és fészekanyaggal ellátva. Az állatok számára víz és takarmány (SAFE® 132) *ad libitum* állt rendelkezésre. Az állatok egy lesötétített helyiségben voltak elhelyezve, fordított nappalos megvilágítással, reggel 8 órától este 8-ig 10 lux erősségű vörös fényben, majd este 8 órától reggel 8-ig egy 220 lux erősségű sárga fényű izzó égett. A szakirodalmi adatok szerint a rágcsálók az alacsony intenzitású vörös fényt kevésbé érzékelik (Finley, 1959). A helyiségben 20-22 Celsius fok hőmérséklet és 50-55%-os páratartalom volt.



3. ábra: Az egyetem BALB/c tenyésztete

(forrás: saját kép)

3.1.1. A kézhez szoktatás (handling) jelentősége

Az egerek messze a leggyakrabban használt gerincesek a kutatások során, ennek ellenére az emberek nehezebben tudnak kapcsolatba lépni az egerekkel, mint más társállatokkal. Kis méretük sebezhetővé teszi őket, ráadásul egy zsákmányállatról van szó, ezért az erősebb kezelés vagy a befogás hatására stressz vagy szorongás alakulhat ki az állatokban. Az egerek könnyen alkalmazkodnak az emberi érintéshez, ha megfelelően kezelik őket. A kutatások kimutatták, hogy az egerek farkánál fogva történő felemelés erős szorongást vált ki az állatból, ezért ezt általában kerülni kell (Hurst és West, 2010; Gouveia és Hurst, 2013). Ehelyett az egereket nem averzív módon kell felemelni, amely elősegíti az emberi érintésre adott pozitív reakciót. Fontos az állatot minél fiatalabban elkezdni kézhez szoktatni, hogy a vizsgálatok idejére már az emberi érintés ne okozzon stresszt. A kézhez szoktatás a gyakorlatban annyit jelent, hogy az állatot rövid időre megfogjuk és kicsit kézben tartjuk.



4. ábra: A kisegerek kézhez szoktatása

(forrás: saját kép)

3.2. A vizsgálat módszere

A dolgozat adatgyűjtéséhez nyílt tér tesztet (open-field teszt) használtunk. Az open-field teszt a rágcsálók felfedező viselkedésének és általános aktivitásuknak a mérésére használják. A

tesztet Calvin Hall vezette be a tudományos világba. Első körben patkányokon tesztelték, majd széles körben elkezdték alkalmazni a módszert az egereken is. A teszt a megtett távolságon kívül az állatok mozgásának számos tulajdonságát elemzi, ilyen például a falak mellett eltöltött idő, a tér középpontjában eltöltött idő, a különböző idősávokban megtett távolság és aktivitás, továbbá az állat izgalmi állapotát is lehet monitorozni, a teszt ideje alatt ürített bélsár mennyisége alapján. Az open-field teszt arénája általában kör, téglalap vagy négyzet alakú. A tesztnek figyelembe kell vennie, hogy az állat egy új környezetbe kerül, ezt az eredmények értékelésekor is figyelembe kell venni, így általában az arénába helyezéstől 2-10 perc az az időszak, amíg az állat megszokja az új környezetet. Ezt nevezik „pihenő időnek”, majd ezt követően kezdődik meg a felfedező viselkedés, amikor az állat aktívan fedezi fel a környezetét, majd, ha elég hosszú idősávra tervezzük a tesztet, a felfedező viselkedés után figyelhető meg az állat alaptevékenysége. Az alap mozgások mellett számos más viselkedési formát is fel lehet jegyezni, ilyen például a mozgás nélkül eltöltött idő vagy a mosakodás. (Hall, 1934).

3.2.1. A vizsgálat környezete

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusának Rágcsálólárában végeztük.

A vizsgálatához BALB/c és C57BL/6 laboratóriumi egereket használtunk, összesen 64 egyedet, ebből 32 (16 BALB/c és 16 C57BL/6) egeret nappali megvilágításban vizsgáltunk (220 lx), 32 egeret pedig gyenge vörös fény (10 lx) mellett. A vizsgálatához kiválasztott egyedeket egyenként teszteltük egy 36,5 x 21 x 18 cm-es fehér műanyag tárolóban, ami a vizsgálatnál az open-field arénát adta. Az open-field aréna részei a tejfehér műanyag doboz és az ennek tetejére illeszthető rozsdamentes acél rács. A rácson található egy mélyedés, ami eredeti funkcióját tekintve az egértáp elhelyezésére lett kialakítva, elengedhetetlen a mérésekhez. Ebbe a mélyedésbe helyezi el a vizsgáló a kézfejét, amire az egér reakcióját várjuk a mérés alatt.

A teszt időtartama 300 másodperc volt, ezt megelőzően az állat 180 másodperc „pihenő időt” kapott, hogy szokja az új környezetet.

A következő változók lettek felvételezve:

- az egértörzs, hogy pigmentált szemű vagy albínó
- az egér kora (nap)
- a fényerősség (lux)

- az állat a tesztidő alatt megközelítette-e a vizsgáló kezét vagy sem
- az vizsgáló kezének első megközelítésének az ideje (másodperc)
- a megközelítések száma (darab)
- a teszt ideje alatt ürített bélsár mennyisége (darab)



5. ábra: Adatgyűjtés 220 lux erősségű fényen (balra) és 10 lux erősségű vörös fényen (jobbra)

(forrás: saját kép)

3.3. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzéshez IBM SPSS 29.0 szoftvercsomagot használtunk. A felfedező viselkedés időtartamát külön elemeztük a túlélés függvény segítségével a két fényerősségen a pigmentált és albínó csoportok között. A vizsgált tulajdonságok a vizsgáló kezének megközelítése, a megközelítések száma és az első megközelítés ideje volt, melyeket potenciálisan a megvilágítás fényerőssége és az egerek törzse is befolyásolhatja. Az első megközelítése idejét túlélés függvénnyel vizsgáltuk (Kaplan és Meier, 1958) ahol a függvény ($S(t)$), annak a valószínűségét adja meg, hogy a vizsgálati egyedek “t” idő alatt a vizsgáló kezét még nem közelítették meg: $S(t) = P(T > t)$

A túlélés görbék közötti szignifikáns különbségeket Log-rank teszt alkalmazásával határoztuk meg. Végül a fényerősségek, a pigmentált és albínó csoportok és az életkorok hatását

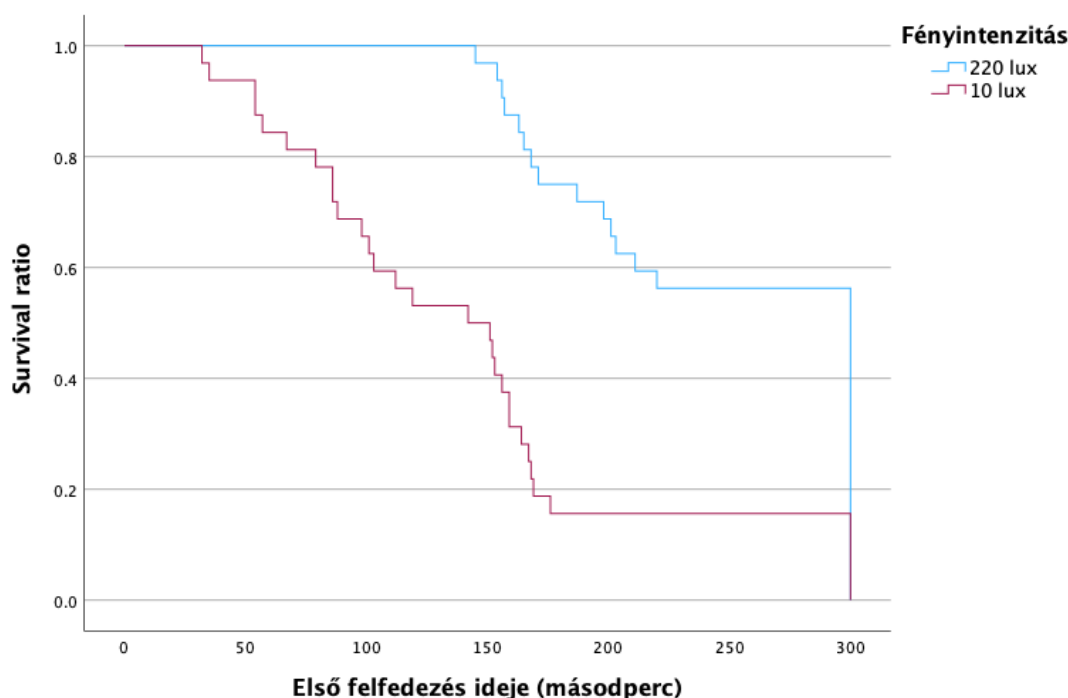
a felfedező viselkedés időtartamára Cox Proportional Hazard modell alkalmazásával határoztuk meg.

A bélsár mennyisége és a felfedező viselkedés közötti összefüggést Pearson-féle korreláció alapján vizsgáltuk.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Az eredmények

A két különböző fényintenzitáson végzett viselkedés tesztre vonatkozó túlélés függvényt a 6. ábra mutatja. A két görbe a két fényintenzitást jelöli. Az alsó görbe azt mutatja, hogy a 10 lux fényintenzitású piros fényen az egerek nagyobb arányban mentek oda a felvételező kezéhez, mint a 220 lux fényintenzitású fényen.



6. ábra: Az egerek első felfedezés idejének különbsége a két fényerősségen

Az ábrán továbbá jól látható az is, hogy a 10 lux fényintenzitáson az első felfedezés ideje jóval az 50. másodperc előtt megtörtént, míg 220 lux fényintenzitáson az első felfedezés csak valamikor 140-150. másodperc körül történt meg.

A túlélés elemzés alapján tudjuk, hogy a 220 lux erősségű sárga fényen a 32 egérből csak 14 ment oda a vizsgáló kezéhez, ami az egereknek körülbelül a 44%-át jelenti. A 10 lux erősségű piros fényen a 32 egérből 27 ment oda, ami azt jelenti, hogy az egerek 84%-a közelítette meg a vizsgáló kezét.

A log-rank teszt alapján (1. táblázat) a két különböző fényintenzitáson történő vizsgálat között szignifikáns különbség található.

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	22,176	1	<0,001

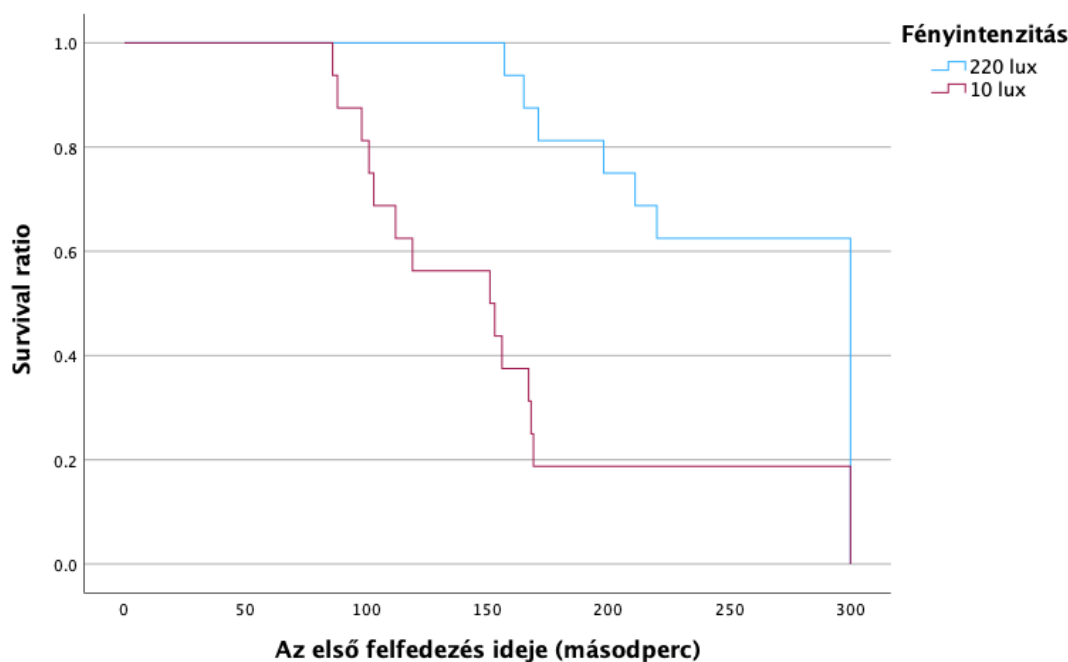
1. táblázat: Az egerek első felfedezési idejének különbsége a két fényerősségen

Az eredményeket tovább bontva a törzsekre azt kaptuk, hogy a BALB/c egerek első felfedezése szignifikáns különbséget mutat a két eltérő intenzitású fényen a log-rank teszt alapján (2. táblázat).

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	11,460	1	<0,001

2. táblázat: A BALB/c egértörzs felfedezési ideje a két fényintenzitáson

A BALB/c egerek túlélés függvényét a 7. ábra mutatja. Az előző ábrához hasonlóan itt is az alsó görbe azt mutatja, hogy a 10 lux fényerősségen a BALB/c egerek nagyobb arányban mentek oda a felvételező kezéhez. Az első felfedezés 10 lux fényintenzitáson valamikor a 70-80. másodpercben történt, míg 220 lux fényintenzitáson az első felfedezés csak a 150. másodperc környékén történt.



7. ábra: A BALB/c egértörzs felfedezési ideje a két fényintenzitáson

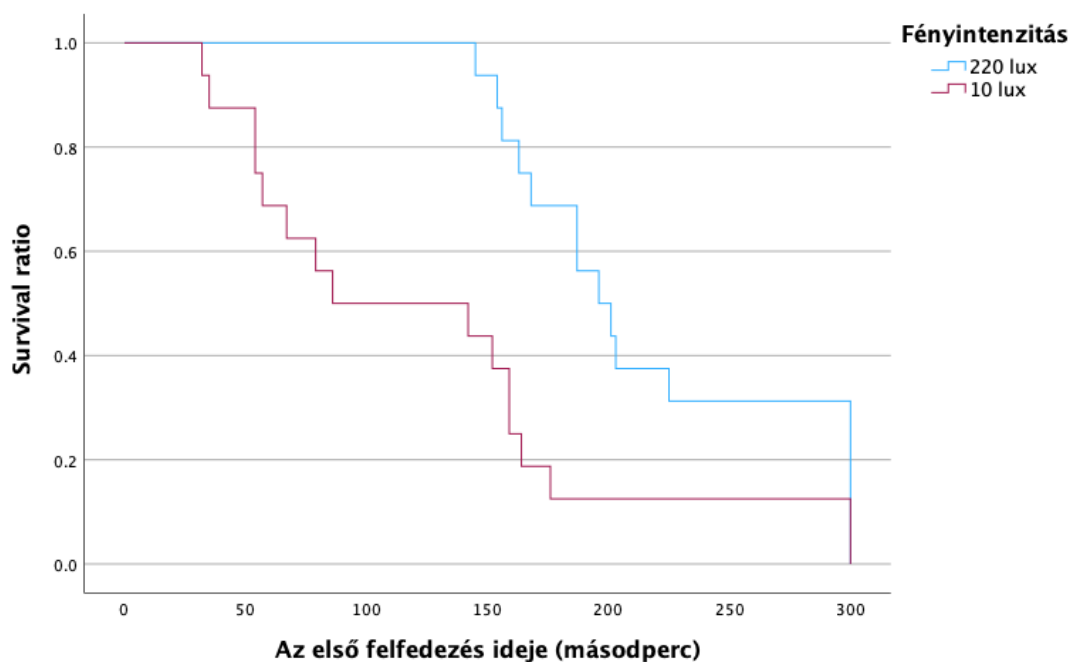
A túlélés elemzés alapján a BALB/c egerek közül a 220 lux erősségű fényen a 16 egérből csak 6 ment oda a felvételező kezéhez, ami az egerek 37,5%-át jelenti. A 10 lux erősségű fényen a 16-ból 13 egér közelítette meg, ami azt jelenti, hogy az egerek 81%-a ment oda a felvételező kezéhez.

A pigmentált szemű C57BL/6 egerek első felfedezése a két különböző fényintenzitáson szintén szignifikáns különbséget mutat a log-rank teszt alapján (3. táblázat).

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	7,841	1	0,005

3. táblázat: A C57BL/6 egértörzs felfedezési ideje a két fényintenzitáson

A C57BL/6 egerek túlélés függvényét a 8. ábra mutatja. A függvény alapján a C57BL/6 egerek szintén a 10 lux erősségű fényen mentek nagyobb arányban a felvételező kezéhez, mint a 220 lux erősségű fényen. Az első felfedezés a 10 lux erősségű fényen már az 50. másodperc előtt megtörtént, míg a 220 lux erősségű fényen az első felfedezés csak a 150. másodperc körül történt



8. ábra: A C57BL/6 egértörzs felfedezési ideje a két fényintenzitáson

A C57BL/6 egerek közül a 220 lux erősségű fényen a 16-ból 10 egér ment oda a felvételező kezéhez, ami az egerek 62,5%-át jelenti. A 10 lux erősségű piros fényen pedig a 16-ból 14 egér ment oda a felvételező kezéhez, ami az egerek 87,5%-át jelenti.

A Cox regressziós modell alapján (4. táblázat) az első felfedezés idejére, azaz, hogy mikor ment oda a felvételező kezéhez először az egér, szignifikáns hatással volt az egerek kora és a fényintenzitás, a modell alapján az egértörzsnek nem volt hatása a felfedezés idejére, ezáltal azt feltételezhetjük, hogy a szemszín pigmentált-e vagy sem, nem befolyásolta az állat viselkedését.

	B	SE	Sig.	Exp(B)
Egértörzs	0,373	0,257	0,148	1,452
Kor	0,853	0,275	0,002	2,346
Fényintenzitás	1,261	0,279	<0,001	3,529

4. táblázat: Cox regressziós tábla

Az állatok aktivitásában, hogy hányszor mentek oda a felvételező kezéhez, a variancia-analízis elemzés (5. táblázat) alapján azt találtuk, hogy szignifikáns különbség van a két fény között ($p < 0,001$), a piros fényen az állatok aktívabban. Továbbá a korok között szignifikáns különbséget ($p = 0,022$) találtunk az aktivitást tekintve is. A fiatal állatok aktívabbak voltak, mint a felnőttek. A két egértörzs között, az aktivitás tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget ($p = 0,784$).

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Törzs	Between Groups	0,457	4	0,114	0,434	0,784
	Within Groups	15,543	59	0,263		
	Total	16,000	63			
Fény	Between Groups	4,833	4	1,208	6,383	<0,001
	Within Groups	11,167	59	0,189		
	Total	16,000	63			
Kor	Between Groups	2,790	4	0,698	3,115	0,022
	Within Groups	13,210	59	0,224		
	Total	16,000	63			

5. táblázat: Variancia-analízis tábla eredményei

A teszt ideje alatt ürített bélsár a Pearson-korreláció alapján az alábbi eredményeket kaptuk. A bélsár mennyisége és a kor között pozitív kapcsolat van ($p < 0,001$), minél idősebb az egér, annál több bélsarat ürített a teszt ideje alatt ($r = 0,470$). Továbbá a bélsár mennyisége és a fény erőssége között is pozitív kapcsolat van ($p < 0,001$), a nagyobb fényerősségen több bélsarat ürítettek az állatok ($r = 0,688$). A bélsár mennyisége és az aktivitás között egy negatív kapcsolatot találtunk ($p < 0,001$), minél inaktívabb volt az állat, annál több bélsarat ürített a teszt során ($r = -0,484$).

4.2. Értékelés

A long-rank tesztek elvégzéséből származó adatokból látszik, hogy a megvilágítás erőssége lényegesen befolyásolja a kapott eredményeket. A teszt eredményeit reprezentáló 6. ábrán jól látható, hogy a sötétebb fényviszonyban az egerek többsége (84%) odament a vizsgáló kezéhez, míg a világosabb fényviszonyban az egerek csupán kevesebb mint fele (44%) közelítette meg.

Továbbá ugyanazon az ábrán szignifikáns különbség látható a két megvilágításnál az első megközelítések idejét vizsgálva is. A sötétebb fényviszonyban végzett méréseknél az egerek lényegesen rövidebb időn belül közelítették meg a vizsgáló kezét, mint világosabb fényviszonyban. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy alacsonyabb fényintenzitásnál az egerek bátrabbak, mint erősebb világításnál.

Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a fény fokozatos erősödésével az egerek aktivitása egyértelműen csökken, függetlenül attól, hogy melyik laboratóriumi egértörzsbe tartozik. A vizsgálatok eredményei megegyeznek egy 1967-ben végzett vizsgálattal, ahol azt az eredményt kapták, hogy az egereknél az erős fény csökkenti az aktivitást, függetlenül az egértörzstől (McReynolds, 1967).

A fényintenzitás hatása az emlősök aktivitására a Lincoln Állatkert kameracsapdáinak felvételein is jól látszik. Az elmúlt évtized során a több mint 1 millió állatról készült felvétel alapján az opossumok, borzok, mosómedvék és egyéb állatok 19,6%-kal voltak aktívabbak a sötétebb területeken, mint ott, ahol erős volt a megvilágítás (Schirmer és mtsai., 2019).

A BALB/c egerek túlélés függvényét a 7. ábra mutatja. Megfigyelhető itt is, hogy a két eltérő intenzitású fényben jelentősen eltérő eredményeket kapunk. A 10 lux erősségű piros fényben az egerek nagyobb arányban (81%) közelítették meg a vizsgáló kezét, mint a 220 lux erősségű fényben (37,5%). Az első megközelítés ideje is számottevően rövidebb a sötétebb fényintenzitáson.

A long-rank teszt C57BL/6 egerekre leszűkített mérések eredményeit a 8. ábra mutatja. Itt a sötétebb fényintenzitásnál az egerek rövidebb idő elteltével közelítették meg a vizsgáló kezét. Az alacsony fényerősségnél a vizsgálat során az egerek nagyobb hányada közelítette meg a vizsgáló kezét (87,5%), mint a világosabb megvilágításnál (62,5%).

A BALB/c és C57BL/6 egértörzsek túlélés függvényeit összehasonlítva észrevehető pár különbség. A két törzs mérésének ábrái, 7. és 8. alapján megállapíthatjuk, hogy a 10 lux erősségű világításnál nincs jelentős eltérés sem a megközelítések száma, sem az első megközelítés ideje között. A 220 lux erősségű fényben az első megközelítés ideje szintén nem jelentős eltérésű. A vizsgáló kezet megközelítő egerek aránya azonban eltérést mutat. A C57BL/6 egerek lényegesen nagyobb számban (62,5%) közelítették meg a vizsgáló kezét, mint a BALB/c egerek (37,5%). Ebből arra következtethetünk, hogy az egerek szemszíne befolyásolja az erősebb fényintenzitásnál a viselkedésüket. Az albínó BALB/c egereket jobban zavarja a fény, mint a pigmentált szemű C57BL/6 egereket.

A Cox regressziós tábla (1. tábla) eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy az első megközelítés idejére szignifikáns hatással volt az egerek kora, illetve a fényintenzitás. Az egértörzsek között nem mértünk jelentős eltérést az eredményeik között, ami arra utal, hogy a szem pigmentáltsága szignifikánsan nincs befolyással az állat viselkedésére.

A 2. tábla a variancia-analízis eredményeit mutatja. A teszt elvégzése során a felvételező kezének megközelítésének számával az egerek aktivitását mérhetjük. A vizsgálat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy szignifikáns különbség mérhető a két fényerősség között. Az egerek aktívabbak voltak a sötétebb fényviszonyban. A vadon élő egereknél (észak-amerikai kontinensen őshonos *Peromyscus* fajoknál) számos vizsgálat bizonyítja, hogy a teliholdas éjszakákon, amikor nagyobb a fény, jelentősen csökken az állatok aktivitása (Zoller és mtsai., 1999; Blair, 1943; Falls, 1953; Owings és Lockard, 1971). Más éjszakai rágcsálóknál is igaz ez az állítás, a szír hörcsög természetben történő megfigyeléséből is kiderül, hogy az állatok a terepi környezetben újhholdkor a legaktívabbak és teliholdkor inaktívak (Biberman és mtsai., 1966; Thorington, 1980), ami szintén igaz a hazai egérfajokra is, hiszen minél nagyobb a megvilágítás, annál nagyobb a ragadozás kockázata.

Az állatok aktivitását szignifikánsan befolyásolta továbbá az egerek kora is. A fiatalabb egyedek aktívabbak voltak, mint az idősebb társaik. Ez azzal magyarázható, hogy a fiatalabb egyedek sokkal aktívabbak, mint a felnőttek (Kopp és mtsai., 2006)

A vizsgálatok alatt figyeltük az egerek bélsár ürítését is. Az adatokat a Pearson-korreláció alapján elemezve arra következtethetünk, hogy a bélsár mennyiségét befolyásolja a kor, illetve a fény. Az idősebb egerek többször ürítettek a teszt alatt, mint a fiatalabbak. Továbbá az erősebb

fényviszonyok között szintén magasabb volt az ürítések száma, amiből arra következtetünk, hogy a nagyobb megvilágítás az állat számára stresszt okoz, ezért több bélsarat ürít, ami a rágcsálóknál egy félelmi reakció (Berton és mtsai., 1998, Blanchard és mtsai. 1990, Dielenberg és mtsai., 1999). A stresszreakció a fényre azzal magyarázható, hogy az egerek zsákmányállatok, a nagyobb fényben jobban láthatóak a ragadozók számára, így nagyobb eséllyel kapják el őket (Zollner és mtsai., 1999).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A vizsgálataim eredményei alapján arra következtethetünk, hogy a fényintenzitás nagy hatással van az egerek aktivitására. A világosabb fényviszonyban magasabb értékeket kaptam a felvételező kezének első megközelítésének idejében, illetve a bélsárürítések számához, mint a sötétebb fényviszonyban végzett teszteknel. A sötétebb világításnál végzett teszteknel a vizsgáló kezét megközelítő egerek számában, valamint a megközelítések számában mértem magasabb értékeket. Ezen vizsgált változók eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy az egerek az alacsonyabb megvilágításnál aktívabbak. Továbbá a felvételező kezének megközelítésének számával megállapítottuk azt is, hogy a fiatalabb egyedek aktívabbak, mint az idősebbek, valamint az idősebb egerek többször ürítettek a vizsgálatok során.

A vizsgálatom során mért változókkal (a megközelítés, az első megközelítés ideje, a megközelítések száma és a bélsárürítés száma) az egerek viselkedését mérhetjük, azon belül is a mozgási aktivitást, a felderítési készséget, illetve a szorongás mértékét. Minél magasabb mozgási aktivitás, a terület felfedezésére fordított idő, annál kisebb a szorongás mértéke az állatnál. Az erősen szorongó, félfő egyedek szinte mozdulatlanul, egyhelyben ülnek a teszt során, így a megközelítések száma alacsony, vagy meg sem közelítik, valamint az első megközelítés ideje is magasabb, főleg erősebb fényviszonynál.

Az eredményeim alapján javasolnám az egerek jelenlegi laboratóriumi tartástechnológiájának változtatását, a világítással kapcsolatban. Érdeemes lenne az aktív periódus alatt az egerek lámpával történő közvetlen megvilágítását elkerülni. Ennek jó megoldása lehet árnyék biztosítása a ketrecek felett, vagy az oldalán bármilyen árnyékot biztosító tárgy elhelyezése. Ezek az árnyékolók legfőképp a polcos tartásnál, a felső polcon elhelyezett ketreceknel lenne fontos, hiszen azokat az egereket ingerli legnagyobb mértékben a közvetlen fény. Javasolnám még a több típusú egeret tartó laboratóriumoknál a pigmentált szemű egerek elhelyezését a lámpákhoz közeli ketrecekben, hiszen őket kisebb mértékben zavarja a fényintenzitás. Továbbá az állatok aktív periódusában érdemes az alacsony intenzitású piros fény használata, hiszen az egerek a piros fényt kevésbé érzékelik, így számukra ez a fajta megvilágítás kevésbé zavaró. A vizsgálataim alapján kijelenthetjük, hogy az egerek a piros fényben sokkal aktívabbak a viselkedés-tesztekben, ezáltal sokkal relevánsabb eredményeket kaphatunk az ilyen jellegű kutatásokban, mivel a fény nem egy plusz zavaró tényezőként jelenik meg az állatoknál.

A piros fény használata állatjóléti szempontból is javasolt, hiszen az egerek a folyamatos erős megvilágítás során inaktívabbá válnak és a napi ritmusuk felborul, ami az élettani folyamatok megváltozásához vezethet, így az állatok egészségét veszélyezteti.

Hasonlóan ajánlható a fordított nappalos megvilágítás, aminek a fő előnye az, hogy az állatokat a mi munkaidőnkben az ő aktív periódusukban tudjuk vizsgálni, ami tovább segíti a vizsgálatok biológiai relevanciáját.

Vizsgálataimat ki lehetne terjeszteni további ilyen, vagy ehhez hasonló kutatások végzését más, laboratóriumokban gyakran használt állatokkal is, például patkányok vagy nyulak esetében.

Valamint érdemes lenne további kutatásokat végezni a laboratóriumi egerek árnyékigényével kapcsolatban a magasabb fényintenzitásos ciklusok alatt, vagy különböző tartástechnológiákkal tartott egerek szorongásának mérésére.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A házi egér (*Mus musculus*) egy éjszakai zsákmányállat, aminek aktivitását jelentősen befolyásolja a fény. Természetes körülmények között az éjszakai tevékenységüket legfőképp a hold befolyásolja. Azonban a laboratóriumban tartott egerek szinte sosem találkoznak természetes fénnel, csak mesterséges, lámpákkal generált megvilágítással. A vizsgálatommal azokat a célokat tűztem ki, hogy megvizsgáljam, a különböző fényviszonyok hatással vannak-e a laboratóriumi egereknél a vizsgáló kezéhez való első megközelítés idejére, az eltérő laboratóriumi egértörzsek aktivitására, valamint az egerek szorongásának mértékére.

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusának Rágcsálólárában végeztük, ahol saját tenyésztésű, ismert eredetű egerekkel dolgoztunk. A vizsgálatban összesen 64 egér vett részt, ebből 32 BALB/c és 32 C57BL/6 törzshöz tartozó egyed. Az egereken open-field tesztet végeztünk 2 eltérő megvilágítási erősség mellett. A vizsgálatok során 32 egeret (16 BALB/c, 16 C57BL/6) 10 lux erősségű megvilágítás alatt mértünk, másik 32 egeret erősebb, 220 lux erősségű fényben vizsgáltunk. Az egereken 3 perc szoktatás után végeztük el az 5 perces tesztet. A tesztek során a saját kezemet használtam a mérésekhez, mint segédeszközt. A vizsgálat során megfigyeltem a kéz megközelítésének gyakoriságát, az első megközelítés idejét, illetve az ürítések számát is. A vizsgálatokból megállapíthatjuk, hogy a két fényerősségnél jelentős eltérés mérhető az egerek viselkedésében. Az egerek nagyobb aktivitást és kisebb szorongást mutattak sötétebb fényviszonyban, illetve a fiatalabb egyedek is aktívabbak voltak az idősebeknél. Az eltérő egértörzsek között nem tapasztaltam szignifikáns különbséget, de a pigmentált szemű C57BL/6 egereket látszólag kevésbé zavarta az erős fény, mint az albínó BALB/c egereket.

A vizsgálatommal kapott eredmények alapján változtatásokat javasolnék a laboratóriumi tartástechnológia, azon belül is a világítás erősségével és az árnyékolók használatával kapcsolatban. Javasolnám még a vizsgálatom kiterjesztését és hasonló kutatások végzését más laboratóriumi állatokon, illetve az egerek erősebb megvilágítás alatt mért árnyékigényükkel foglalkozó kutatásokat is.

Remélem, a munkám hozzájárul a laboratóriumi tartástechnológia fejlesztéséhez, hisz ez egy olyan terület, ahol az ember befolyásolja az állatok megfelelő környezetének biztosítását, és felelősek vagyunk az állatok jólétéért.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Prof. Dr. Nagy István tanszékvezetőnek, hogy segítette kutatómunkámat és támogatta a szakdolgozatom elkészültét.

Szeretném megköszönni Bárdos Boróka PhD-hallgatónak, a kutatásokban nyújtott segítségét, szakmai tanácsait és áldozatos segítség nyújtását.

Külön szeretném megköszönni a családomnak és barátaimnak, akik végig támogattak.

8. IRODALOMJEGYZÉK

Auffray, J. C., Vanlerberghe, F., & Britton-Davidian, J. (1990). The house mouse progression in Eurasia: a palaeontological and archaeozoological approach. *Biological Journal of the Linnean Society*, 41 (1-3), 13-25.

Bell, A. M., Aubin-Horth, N. (2010): What can whole genome expression data tell us about the ecology and evolution of personality? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1560) 4001-4012.

Berton, F., Vogel, E., & Belzung, C. (1998). Modulation of mice anxiety in response to cat odor as a consequence of predators diet. *Physiology and behavior*, 65 (2), 247-254.

Biberman, L. M. - Dunkelman, L. - Fickett, M. L. - Finke, R. G. (1966): Levels of nocturnal illuminance (Report No. P-232). Washington, D.C. Institute for Defense Analyses, Res. Engin. Supp. Div.

Bihari Z. (2007): Magyarország Emlőseinek Atlasza, Kossuth Kiadó Budapest, pp. 193-196.

Blair, W. F. (1943): Activities of *Peromyscus* with relation to light intensity. *J. Wildl. Manage.*, 7, 92-97.

Blanchard, R. J., Blanchard, D. C., Weiss, S. M., & Meyer, S. (1990). The effects of ethanol and diazepam on reactions to predatory odors. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 35 (4), 775-780.

Bonhomme, F. & Guénet, J.-L. (1996). The laboratory mouse and its wild relatives. In Lyon, M.F., Rastan, S. & Brown, S. D. M. (eds), *Genetic Variants and Strains of the Laboratory Mouse*. (pp. 1577–1596). Oxford: Oxford University Press.

Britton-Davidian, J. (1990). Genic differentiation in *M. m. domesticus* populations from Europe, the Middle East and North Africa: geographic patterns and colonization events. *Biological Journal of the Linnean Society*, 41 (1-3), 27-45.

Calhoun, J.B. 1941. Distribution and food habits mammals in the vicinity of the Reelfoot Lake. *Biological Journal of the Tennessee Academy of Science*, 17, 177-185.

- Carlsen, M. (1993): Migrations of *Mus musculus musculus* in Danish farmland. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 58, 172-180.
- Clarke J. A. (1983): Moonlight's influence on predator/prey interactions between short-eared owls (*Asio flammeus*) and deermice (*Peromyscus maniculatus*), *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 13, 205–209.
- Crowcroft, P. & Rowe, F. P. (1963): Social organization and territorial behaviour in the wild house mouse (*Mus musculus L.*). *Proceedings of the Zoological Society (London)* 140, 517–531.
- Dielenberg, R. A. Arnold, J. C., & McGregor, I. S. (1999). Low-dose midazolam attenuates predatory odor avoidance in rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 62 (2), 197-201.
- Doane, M., Sarenbo, S. (2019): A modified combined C-BARQ and QoL for both the companion dog and its owner. An embryo to a companion dog welfare assessment? *Applied Animal Behaviour Science*, 213 91-106.
- Duckworth, R. A. (2009): The role of behavior in evolution: a search for mechanism. *Evolutionary Ecology*, 23 (4) 513-531.
- Falls, J. B. (1953): Activity and local distribution of deermice in relation to certain environmental factors. PhD dissertation, University Toronto
- Finley RT. (1959): Observation of nocturnal animals by red light. *Journal of Mammology*, 40, 591–594.
- Flurkey K. Curren J. M., Leiter E. H., Witham B., 2009. *The Jackson Laboratory Handbook on Genetically Standardized Mice*, Sixth Edition. The Jackson Laboratory Bar Harbor ME 04609 USA, ISBN 978-0-578-04182-7 pp.26-27, 205
- Franco. N. H. 2013. *Animal Experiments in Biomedical Research: A Historical Perspective*, University of Porto, ISSN 2076-2615, pp.256-257
- Gouveia K and Hurst JL (2013). Reducing mouse anxiety during handling. *PLOS ONE* 8 (6): e66401.

Hall, C. S. (1934). Emotional behavior in the rat. I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *Journal of Comparative psychology*, 18 (3), 385.

HJ (ed). Elsevier, London. pp. 15–24.

Hurst JL and West RS (2010). Taming anxiety in laboratory mice. *Nature Methods* 7: 825–826.

Kaplan, E. L. - Meier, P. (1958): Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*. 53.457-481.

Kappel, S. Hawkins, P., Mendl, M. T. (2017) To Group or Not to Group? Good Practice for Housing Male Laboratory Mice. *Animals*, 7, 88.

Kopp, C., Ressel, V., Wigger, E. & Tobler, I. (2006). Influence of estrus cycle and ageing on activity patterns in two inbred mouse strains. *Behavioural brain research*, 167 (1), 165-174.

Kovács Zs. (2002): *Kisemlős lexikon*, Saxum kiadó Budapest, pp. 62-69.

König B. (1994): Components of lifetime reproductive success in communally and solitarily nursing House mice: a laboratory study. *Behavioral Ecology and Socialbiology*, 34, 275-283.

Linder CC, Davisson MT. 2004. "Historical foundations," in *The Laboratory Mouse*. Hedrich

Lisk, R. D., Pretlow, R. A. Friedman, S. M. (1969): Hormonal stimulation necessary for elicitation of maternal nest-building in the mouse (*Mus musculus*). *Animal Behaviour*, 17, 730-737.

McReynolds, W. E. - Weir, M. W. - DeFries, J. C. (1967): Open-field behavior in mice: Effect of test illumination. *Psychon. Sci.* 9.277-278.

Nagamine, C.M., Shiroishi, T. Miyashita, N., Tsuchiya, K., Ikeda, H., Namikawa, T., Wu, X.-L., Jin, M.-L., Wang, F.-S., Kryukov, A.P., Akbarzade, J., & Moriwaki, K. (1994). Distribution of the molossinus allele of Sry, the testis-determining gene, in wild mice. *Molecular Biology and Evolution*, 11, 864–874.

Owings, D. H. - Lockard, R. B. (1971): Different nocturnal patterns of *Peromyscus californicus* and *Peromyscus eremicus* in lunar lighting. *Psychon. Sci.* 22.63-64.

Prugh L.R. & Golden C.D. (2014): Does moonlight increase predation risk? Meta-analysis reveals divergent responses of nocturnal mammals to lunar cycles. *Journal of Animal Ecology*, pp. 83, 504–514.

Publications, Inc. NY. pp. 7-11.

Schirmer, A. E. - Gallemore, C. - Liu, T. (2019): Mapping behaviorally relevant light pollution levels to improve urban habitat planning. *Sci. Rep.* 9.11925.

Sinn, D. L., Gosling, S. D., Hilliard, S. (2010): Personality and performance in military working dogs: Reliability and predictive validity of behavioral tests. *Applied Animal Behaviour Science*, 127 (1-2) 51-65.

Staats J. 1968. "The Laboratory Mouse," in *Biology of the Laboratory Mouse*. Dover

Strong LC. 1978. "Inbred Mice in Science," in *Origins of Inbred Mice*. Morse, Academic Press, NY, pp. 18-32.

Suckow M. A., Danneman P., Brayton C. 2001. *The laboratory mouse* ISBN 0-8493-0322-2 NY. pp. 7-14, 30-31, 41-43

Szenczi P. & Altbäcker V. (2013): Aggression and dominance in the house mouse. 15, pp. 101–107.

Taylor, K. D., Mills, D. S. (2006): The development and assessment of temperament tests for adult companion dogs. *Journal of Veterinary Behavior*, 1 (3) 94-108.

Thorington, L. (1980): Actinic effects of light and biological implications. *Photochem. Photobiol.* 32.117-129.

Uher, J., Asendorpf, J. B., Call, J. (2008): Personality in the behaviour of great apes: temporal stability, cross-situational consistency and coherence in response. *Animal Behaviour*, 75 (1) 99-112.

Voisinet, B. D., Grandin, T. Tatum, J. D., O'connor, S. F. Struthers, J. J. (1997): Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of Animal Science*, 75 (4) 892-896.

WEBER, E.M.; DALLAIRE, J.A.; GASKILL, B.N.; PRITCHETT-CORNING, K.R.; GARNER, J.P. (2017) Aggression in group-housed laboratory mice: Why can't we solve the problem? *Laboratory Animals*, 46, 157–161.

Weissbrod, L., Marshall, F. B., Valla, F. R., Khalaily, H., Bar-Oz, G., Auffray, J. C., ... Cucchi, T. (2017). Origins of house mice in ecological niches created by settled hunter-gatherers in the Levant 15,000 y ago. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(16), 4099–4104.

Wolfe, J. L., Summerlin, C. T. (1989): The influence of lunar light on nocturnal activity of the old-field mouse. *Animal Behaviour*, 37.410-414.

Zollner, P. A. - Lima, S. L. (1999): Illumination and the perception of remote habitat patches by white-footed mice. *Animal Behaviour*, 58.3.489-500.

8.1. Egyéb források:

1. ábra: <https://www.criver.com>)
2. ábra: <https://www.criver.com>)

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szarka Ágnes Zsófia
A Hallgató Neptun kódja: KZD88T
A dolgozat címe: Laboratóriumi egerek tartástechnológia fejlesztése
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Állattenyésztési Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állattenyésztési Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 10 hó 31 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Szarka Ágnes Zsófia (név) (hallgató Neptun azonosítója: KZD88T)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2023 év 10 hó 31 nap

Balogh Zoltán
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.