

A BAROMFITARTÁSBAN ALKALMAZOTT LED MEGVILÁGÍTÁS HATÁSÁNAK ÖSSZEFOGLALÓ ELEMZÉSE (IRODALMI ÁTTEKINTÉS)

PAP TIBOR ISTVÁN - SZABÓ RUBINA TÜNDE - DROBNYÁK ÁRPÁD -
KOVÁCS-WEBER MÁRIA

ÖSSZEFOGLALÁS

Az innovatív technológiák egyre inkább teret hódítanak az állattartásban is. Ez így van a megvilágítás esetében is. Egyre inkább elterjednek a LED égők az állattartásban – ezzel együtt a baromfi ágazatban is – kiszorítva ezzel a hagyományosnak számító wolframszálas izzókat, és a fénycsőveket. Amellett azonban, hogy költség-hatékonyságban jobb ez az új technológia, pontosan még nem ismert, hogy milyen hatást gyakorol madarainkra. Valószínűleg a kisebb stroboszkóp hatásának köszönhetően mérséklődik az állatok stressz szintje, ami jobb termelési paramétereket eredményez. Emellett fontos figyelembe venni a világítás esetében a madarak életritmusát is, amit leginkább a fény intenzitása és a megvilágítás hossza befolyásol. Ez az új technológia lehetővé teszi a fényerő szabályozását (dimmerelhető), aminek köszönhetően még inkább utánozható a természetes fényviszonyok. Így további előnyökkel járhat, állatjólléti és költséghatékonyság szempontjából is, ami a termelés javulását eredményezi. A közlemény ismerteti a madarak látásának jellemzőit, illetve a meglévő szakirodalmi adatokkal bemutatja a LED megvilágítás madarakra gyakorolt hatását. A szerzők célja volt továbbá feltárni a témával kapcsolatos hiányosságokat, melyek új vizsgálatokhoz adhatnak kiindulópontot.

SUMMARY

Pap, T. I. - Szabó, R. T. - Drobnyák, Á. - Kovács-Weber, M.: EFFECTS OF LED LIGHTING IN THE POULTRY SECTOR (A REVIEW)

The importance of innovative technologies, as lighting is growing rapidly in animal housing. LED bulbs are becoming more widespread in animal rearing, especially in the poultry sector. It is known that the cost-efficiency of the LED lighting is very favourable, but there is a lack of information about the impact on poultry physiology. Less strobe lights can likely lead to the lower stress level, which can affect the production parameters positively in poultry production. To choose the perfect lighting system, it is also important to take into account the rhythm of birds, mainly influenced by light intensity and illumination length. Thanks to the dimming of the new technology, natural light can be imitated successfully; therefore, animal welfare and cost-efficiency can improve. The characteristics of bird vision and the effect of LED lighting on birds are summarised in the manuscript. Further aim was to explore the shortcomings related to the topic, which can provide a starting point for next research.

BEVEZETÉS

Az innovációt a fejlődés előre mozdítójának szokás nevezni. Egyre inkább a gépesítés, a precízebb technológiák létrehozásán dolgozunk annak érdekében, hogy minél hatékonyabb legyen a termelés. Nincs ez másképp a mezőgazdaságban sem. Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a precíziós gazdálkodás, ami nem csak a növénytermesztésre (pl.: precíziós műtrágyázás, drónhasználat), hanem az állattenyésztésre is (pl.: precíziós takarmányozás) igaz. A precíziós adatgyűjtés és adatelemzés nagy előrelépést jelenthet a mezőgazdaságnak, aminek ma mindösszesen 40%-os a hatékonysága (Pajor, 2019).

Az állattartás változó költségeinek legnagyobb hányadát a takarmányozás teszi ki. Emellett hajlamosak vagyunk megfeledkezni a többi technológiai elem fontosságáról, melyek megfelelő alkalmazása, és korszerűsége külön-külön is jelentős megtakarításokat jelenthet. Ilyen lehet például a megvilágítás is a baromfitartásban.

A modern LED technológia alkalmazása az állattenyésztésbe hatalmas lehetőségeket rejt magában, ami különösképpen érdekes lehet a baromfiágazat, mint a lakosság húsfogyasztásának jelentős részét kitevő ágazat számára, amely ezzel megelőzi a többi állattenyésztési ágazatot (KSH, 2018). Fontos lehet továbbá azért is, mert a madarak fiziológiai folyamatait leginkább befolyásoló tényezőként tartjuk számon a világítást.

Ezeknek az új világítási technológiának az alkalmazása azonban számos kérdést felvet, mert sok esetben még nem ismerjük, hogy milyen hatást gyakorolnak az állatokra. A gyakorlatban támogatásokból, illetve saját tőkéből történő beruházásokat hajtanak végre anélkül, hogy azok ún. „állat-alapú” következményeivel számolnának, azok hatásait pontosan ismernék. Csupán arra az előremutató tényre alapoznak, hogy az újonnan beruházásra kerülő technológiák energiahatékonyságukban messze jobbak, így téve gazdaságosabbá a termelést.

A LED technológia fejlettségének és precizitásának köszönhetően, képes kiküszöbölni a stroboszkóp hatást, ami distresszt okozhat madarainknak. Dimmerelhető, így szimulálni tudjuk a nap –keltét és –nyugtát. Mindezek mellett jóval környezetkímélőbb, a többi világításhoz képest pedig energiahatékonyabb és hosszú az élettartama (European Commission, 2011).

KÜLÖNBSEGEK AZ EGYES FAJOK LÁTÁSÁBAN, FÉNYÉRZÉKELEÉSÉBEN

Az egyik fényérzékelő szerv a szem. A fény a pupillán keresztül jut a szembe, amit a szemlencse a szem hátsó falára vetít. A bejutó fénynek megközelítőleg 70-80%-a jut el a recehártáig. Az itt helyet foglaló fényérzékelő receptorok nyelik el a fényt és alakítják azt elektromos jelekké. Ezek az elektromos jelek az idegpályákon keresztül továbbítódnak az agyba, ahol megtörténik a jelek feldolgozása és létrejön a tudatosult kép (Barry és Janice 1998).

A szem színérzékelésében is van különbség az állatfajok között, mert az egyes fotopigmentek csak egy bizonyos hullámhosszon érkező fény érzékelésére képesek. Például az ember szürkületkor monokróm módon lát, ami azt jelenti, hogy egyféle színtartományban, csak a szürke árnyalatait érzékeli. Ennek oka, hogy az ilyenkor bejutó fény mennyisége olyan kicsi, hogy a csapok már nem képesek

érezkelni a gyenge fényt csak a pálcikák által érzékelt fényt képes az agyban képpé alakítani. Az ember esetében, ideális környezetben, vagyis megfelelő fény mennyiség esetén, látásunk tri-kromatikus. Ez a pálcikák mellett a három csap-pigmentnek köszönhető. Az egyik csap leghatékonyabban a rövid hullámhosszú sugarakat nyeli el (kék színérzet, kb. 400 nm körüli sugarak), a másik leginkább a közepes hullámhosszú fényt (zöld színérzet, kb. 550 nm körüli sugarak), míg a harmadik a hosszú spektrumú hullámhosszra érzékeny (sárga és vörös színérzet, kb. 600 nm körüli sugarak) (*Sekuler és Blake, 2000*).

Ezzel szemben a madarak képesek észlelni egy negyedik színtartományt is (tetra-kromatikus látás). Ez nem más, mint az ultraibolya tartomány, így jóval nagyobb spektrumban látnak (*Bennett és Cuthill, 1993; Kelber, 2019*). Ez annak köszönhető, hogy a madarak retinájában négy opszin alapú pigment expresszálódik. Fontos azt is megemlíteni, hogy a madarak látása nem egységes, ahogyan azt régebben feltételeztük. Vannak olyan fajok, amelyek esetében hiányzik egy pigment emiatt másképp is látnak. Összességében azonban elmondható, hogy a nappal aktív madaraknak kiváló a színlátásuk és nagyon jó a szín-megkülönböztető képességük (*Kelber, 2019*).

A képlátásért felelős csapok és pálcikák mellett vannak a retinában úgynevezett ganglion sejtek is. Ezek ugyanúgy fényérzékeny receptorok, de nem elsősorban a képalkotó funkciókért felelősek (non-image forming). A retina ganglion sejtjei melanopszint termelnek, amely mennyiségének segítségével szinkronizálódik belső biológiai órájuk (*Ali és mtsai, 2008; Patterson és mtsai, 2020*).

Ezen felül a madarak rendelkeznek agyi fotoreceptorokkal is, amit már 1970-ben leírtak. *Herbert és Michael (1970)* kísérletükben számos látó és látásképtelen verebet vizsgáltak különböző fotoperiodikus rendszerekben (12 óra sötét és 12 óra világos; 8 óra sötét és 16 óra világos; 20 és 500 lux fény-intenzitás). A kezelések végén a két csoport here méreteiben nem találtak különbséget, ami azt bizonyítja, hogy látás nélkül is megfelelően működött a bioritmusuk, feltételezhetően az agyi fotoreceptorok meglétének köszönhetően.

A baromfi viselkedésében a legfontosabb szerepet látásuk tölti be, amely állatjólleti szempontból is fontos. *Sophie és mtsai (2011)* kísérletükben genetikailag látásképtelen csibéket hasonlítottak össze egészséges látó egyedekkel, hogy megvizsgálják a látás fontosságát. A vak csibék esetében csökkent a környezet csipegetése és a csoportosulás. Több rendellenes viselkedési formát figyeltek meg, így például a levegőbe való csipegetés, a körbe-körbe járkálás és felfelé nézés. Amint az várható volt a vak csibék súlygyarapodása a nevelési idő alatt végig elmaradt a látókhöz képest. A látás korlátozása nehézségeket okozhat, így például számos pozitív viselkedési formából kimaradnak a látás korlátozásának köszönhetően, ami állatjólleti szempontokból sem előnyös.

A nem megfelelő megvilágítás stresszt jelent madaraink számára. A stressz hatás többféleképpen is kimutatható. Így például kortizol, illetve madaraknál kortikoszteron, valamint egyéb stresszhormonok (pl. adrenalin, noradrenalin, ACTH) szintjének mérésével, amelyeket többnyire vér-, vagy ürülékmintából határozhatunk meg (*Ábrahám és mtsai, 2003*).

A madarak képesek érezkelni a stroboszkóp hatást, ami az izzó percenkénti villogását jelenti. Ezt szabad szemmel nem látjuk villogó fénynek, a madarak viszont érzékenyebb látásuknak köszönhetően igen, így amit mi már folyamatos

fényként érzékelünk, azt a madarak még villogásként látják. Ennek a villogásnak következményei lehetnek élettani folyamataikra és viselkedésükre, ami kihat jóllétükre is. Európai seregélyekkel végzett kísérletekben (*Sturnus vulgaris*) megfigyelték, hogy másképp reagál a madár az alacsony frekvenciájú (100 Hz), mint a magas frekvencia tartományú fényre (>30 kHz). A seregélyek testsúlyában nem tapasztaltak változást a kísérlet ideje alatt, viszont megfigyelték, hogy alacsony frekvenciájú fény hatására gyakoribb volt a myoclonikus izom-összehúzódások szintje (rövid akaratlan izomrángás), kevesebbet mozogtak, ettek és ittak. Madaraknál alacsonyabb bazális kortikoszteron szintet tapasztaltak alacsony frekvenciájú fény hatására, ami krónikus stresszre utal, mert a folyamatos distressz elnyomja a kortikoszteron termelést (Jennifer és mtsai, 2011).

FÉNY HATÁSA A MADARAKRA

A madarak látása jóval kifinomultabb a többi gerincesnél, emellett a fény erőssége és a megvilágítás hossza hatással van a madarak cirkadián (napi) és cirkannuális (éves) ritmusára is. Ennek három feltétele van. Az első receptor-rendszerük, amely érzékeli a külső környezet változásait. A második belső „biológiai órájuk” amellyel érzékeli az idő múlását és a harmadik a neuro-endokrin szabályozó rendszer, amely a megfelelő időben beindítja vagy leállítja a szaporodási (*Bogenfürst*, 2017) és más anyagcsere-folyamatokat. Az utódok így optimális időben kelnek ki vagy éppen megfelelő ritmusban zajlik az állat emésztése. A meglévő viszonyokhoz alkalmazkodik a szaporodási ciklus is. Az ebben szerepet játszó faktorok a fénytartam és a fény-intenzitás. A fotoszenzitivitásnak köszönhetően az ivarsejtek érésének szinkronizálása, vagy annak időbeni eltérései, figyelhetők meg (Gregory és mtsai, 2008).

A fotoszenzitivitás összeköttetésben van a madár „belső órájával” ami a megfelelő időben beindítja a hipotalamuszból a GnRH, és ennek hatására a gonadotrop hormonok elválasztását a hipofízisből. Ennek köszönhetően a megvilágítás számos élettani folyamatot indít el, ebbe beleértve a gonádok (petefészek vagy herék) növekedését, illetve más összetett hormonális folyamatokat, amelyeknek köszönhetően megváltozik a madár anyagcseréje és viselkedése is (Péczeley, 2013).

A cirkadián ritmus elemzéséhez a plazma melatonin koncentrációt és az ún. óra gén expresszióját mérték a májban Liu és mtsai (2019). Fehér színű LED világítás hatására az összes óra gén expressziója cirkadián ritmust mutatott a májban, a plazma melatonin szintjének oszcillációjával együtt. A fehér fényhez képest a zöld fény fokozta a melatonin és a különböző óra gének expressziójának mesor-jét (számított érték) és amplitúdóját. Ezzel szemben a vörös LED fény ellentétes hatást fejtett ki. A monokromatikus fénycsoportok között azonban nem voltak jelentős különbségek, így arra lehet következtetni, hogy a fény hullámhosszának a csirke májában mért óra gének ritmusának szabályozásában a melatonin kulcsfontosságú szerepet játszik.

A pulykák tobozmirigyében és retinájában vizsgálták a fotoperiódus hatásait a melatonin tartalom tekintetében. A vizsgálatokat három fényperiódus szerint végezték, hosszú (16 óra világos, 8 óra sötét), egyenlő (12 óra világos, 12 óra sötét) és rövid (8 óra világos, 16 óra sötét). A tobozmirigy, a retina és a vérplazma melatonin koncentrációja sötét periódusban magas értékeket ért el. A sötét fázisok

hosszára reagálva a legmagasabb szintet a rövid fényperiódus alatt produkálta (Zawilska és mtsai, 2007).

Más, különböző hullámhosszú, fehér, vörös, zöld, illetve kék fényenél vizsgálták a tobozmirigy cirkadián expresszióját és a tobozmirigy melatonin szintjét a vérplazmában. A vizsgálatok azt mutatták, hogy az összes óra gén expressziójában megmaradt a cirkadián ritmus a különböző hullámhosszúságú fény hatására (Jiang és mtsai, 2016). A fent leírt cirkannuális (éves) ritmust azonban az egyenlítő környékén élő madaraknál nem a fény vezérli. Ez azért van, mert ott az év során nem változik jelentős mértékben a megvilágítás erőssége és annak hossza. Az ott élő madarak cirkannuális ritmusát emiatt egyéb tényezők befolyásolják, így például a száraz és esős évszakok váltakozása, a táplálék bősége (Eberhard, 2003).

A vándorló madarak vonulásánál az indulás időzítésében játszik fontos szerepet a fény. A madaraknak jól kell időzíteniük, hiszen megfelelő helyen megfelelő időben kell lenniük ahhoz, hogy életben maradjanak. Éves ciklust követve vonulnak, amit a napok világos óráinak hossza határoz meg. Ezt a madarak a fotoreceptoraik segítségével érzékelik. A madaraknak három fotoreceptor rendszere van, amelyen keresztül a fény kifejti hatását endokrin rendszerükre. Ezek a tobozmirigy fotoreceptor sejtjei, a szem retinája és az agy mély fotoreceptor sejtjei (Péczeley, 2013). Ezt nevezzük nem képalkotó látásnak (non-image forming), amelyről korábban már említést tettünk.

Ahogy az őszi nap-éj egyenlőség után a nappalok hossza folyamatosan rövidül ezt a madarak is érzékelik és ennek hatására hormonális változások indulnak el a szervezetükben. Ezek a hormonális változások indítják el a madarak tollváltását, vagyis a vedlést, illetve ezek hatására kezdenek a madarak zsirdeponálásba, amivel a vándorlás okozta extra igénybevétel energia igényét biztosítják. Ennek a hyperfágiás lipid szintézisnek két összetevője van. Az orexigén rendszer, mely a táplálék felvételt indukálja és az aneroxigén rendszer, amely a táplálék elutasításáért felel, így megakadályozza a túlzott elzsírosodást (Fonyó, 2011). A többlet táplálékanyag felvétel hatására a madár elzsírosodása következik be. Ennek elsősorban a vérplazma glukagon szintje a függvénye (Albert és Donald, 1964). A megváltozott hormonszint és a többletsúly idézi elő madarakban a vonulási nyugtalanságot. A vonulási nyugtalanságra jellemző, hogy míg a madarak nappali életritmusa megmarad (táplálékkeresés, szociális viselkedési formák gyakorlása), addig az esti órákban a pihenés helyett fokozott aktivitás figyelhető meg (Péczeley, 2013). A pontos indulás napját főként az időjárési viszonyok határozzák meg, kedvezőtlen időjárás esetén nem indulnak útnak.

Azt, hogy a világos órák hossza befolyásolja a vonulást kísérlettel is alátámasztották. Vonuló vadmadarat fogságban tartottak és mesterséges fényprogramot alkalmazva világítottak számukra. Amikor elkezdtek csökkenteni a világos órák számát bizonyos szint után megfigyelhetővé vált a zsirdeponálás a vedlés majd a vonulási nyugtalanság (a madár idegesebb természetű és mindig a vonulási irányba mozdulna). Fényprogram segítségével szimulálva a vonulásra készítő naphosszt, seregélyeket egy év alatt nyolc alkalommal is sikerült vedlésre bírni (Jonathan, 1996).

A LED FÉNYFORRÁS HATÁSAI AZ ELTÉRŐ BAROMFIFAJOK ÉS HASZNOSÍTÁSI TÍPUSOK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS VISELKEDÉSÉRE

A fénynek ugyanilyen jelentős hatásai lehetnek a nagyüzemi baromfitartásban is. A baromfiipar egyre inkább áttér az alternatív megvilágításra, amit a kompakt fénycsövek és egyre inkább a LED égők jelentenek. Jelenleg viszont még nem pontosan ismert, hogy ezek miként befolyásolják a madarak súlygyarapodását és jóllétét. *Jesse és Gregory (2015)* ezt vizsgálták kompakt fénycső és kétféle LED esetében. Eredményeik arra utalnak, hogy a LED megvilágítás alkalmazásával kedvezőbben alakultak az állatjólléti mutatók és jobb takarmány-értékesítést is eredményezett, de a LED-ek eredményei között is volt különbség, amit feltehetően a spektrális különbségek idézték elő.

Ultraibolya fény (UVA, UVB) alkalmazása a nevelési időszak alatt kedvező hatást gyakorolt a csirkék jóllétére és kisebb stressz éri őket (*Charlotte és mtsai, 2018*).

Más kutatók is vizsgálták a termelési és stressz paraméterek tekintetében az ultraibolya (UV) fénnel kiegészített világítás hatásait csirkékben. UV fénnel kiegészített LED világításban nyugodtabbak voltak a madarak, mozgásuk is mérsékeltebb volt. Szintén ezeknél a csirkénél a vérplazma kortikoszteron tartalma, valamint a heterofil limfociták aránya is alacsonyabb volt a kontroll (csak LED megvilágítás) csoportban mért értékekhez képest. A humorális immunitásban ugyanakkor nem volt különbség a két csoport között. Ezekből arra lehet következtetni, hogy az UV fény kiegészítés következtében csökken a madarak stressz-szintje, így a gyakorlatban kedvezőbb állatjólléti feltételeket tudunk biztosítani (*House és mtsai, 2020a*).

Hasonló LED és UV fénnel kiegészített LED világítás esetén pekingi kacsáknál is hasonló eredményeket figyeltek meg. A termelési paraméterekben (testsúly, takarmány-értékesítés) nem volt különbség a két csoport között, az UV fénnel kiegészített megvilágításban nevelt kacsáknak azonban alacsonyabb volt a vérplazma kortikoszteron szintje és a heterofil limfociták aránya, mint a kontroll csoportban. Ebben az esetben is arra következtethetünk, hogy a pekingi kacsák esetében is csökkenti a stresszt az UV fény. Továbbá megfigyelték még, hogy UV fény hatására a kacsák szem-morfológiája is másképp alakult, keskenyebb és könnyebb lett, mint a kontroll csoportban mért szemméretek. (*House és mtsai, 2020b*)

Nem csak a jóllétre, de a súlygyarapodására is hatással lehet a fény hullámhossza. A kék (455-495nm) és a zöld (515-560nm) LED fény pozitív hatást gyakorolt a fehér LED fénnel összehasonlítva a csirkék vágáskori súlyára (*Yang és mtsai, 2018*). Takarmány értékesítésében jobb eredményeket értek el pecsenyecsirkék esetében kék, zöld, illetve kék és zöld kevert fényű LED világítással, mint hagyományos fénycsöves megvilágítással (*Yang és mtsai, 2016*). *Sultana és mtsai (2013)* vizsgálatukban azt találták kacsák esetében, hogy a kék és a zöld LED fény csökkentette a vizsgált madarak mozgásmennyiségét, ami magyarázat lehet az előzőekben leírt jobb takarmányértékesítésre és nagyobb vágáskori testsúlyra kék és zöld LED fény esetében.

Mahdi és mtsai (2019) különböző színű (fehér, kék, zöld) fény és azok kombinációját (összesen 9 kezelés) vizsgálták a nevelési időszak alatt (6 hét). Indító (1-14 nap), nevelő (15-28 nap), és befejező (29-42 nap) szakaszban más sorrendben alkalmazták a különböző színű megvilágítást 10 lx erősséggel. A fehér-zöld-kék kezelés hatására lett a nevelés végére legnagyobb a súlyuk és legjobb a takarmány-

értékesítésük, míg a teljes nevelési időszak alatt kék fénnel megvilágított csirkék testsúlya lett a legkisebb a nevelési időszak végére. A kék-fehér-zöld szakaszos megvilágítási mintázat eredményezte viszont a legnagyobb heterofil limfocita arányt. A nevelési idő egésze alatt a fehér fény alkalmazása fokozta leginkább az immunválasz-készséget.

Bobadilla-Mendez és mtsai (2016) japán fürjeket vizsgáltak, hogy miként hatnak a különböző fényforrások a madarak reprodukív anatómiai és fiziológiai jellemzőire. Három különböző típusú világító testet alkalmaztak, izzó, kompakt fénycső és LED, fehér, kék, piros és zöld színben. A madarakat 4, 8 és 12 hetes korban vizsgálták. A fehér LED izzó megvilágításban egy héttel korábban következett be a nemi érettség és ennek eredményeként nagyobb volt az élőszű és a relatív perefészek stróma, a petevezeték és a petefészek szövetek relatív százalékos aránya 8 hetes korban. A fehér LED izzó alatt az ösztadiol és a lipidek magasabb plazmakoncentrációját is megfigyelték 8 hetes korban. 12 hetes korban a magnum és az iszthmusz gyűrdései erőteljesebbek voltak piros LED-el megvilágított csoportban. A fehér LED-el végrehajtott fotostimuláció hatékonyabban aktiválta a szaporodási ciklust, felgyorsította szexuális érettség kialakulását és fokozta a reprodukív szervek fejlődését.

Hossein és Mojtaba (2017) is különböző megvilágítások, más-más színhőmérsékletek hatásait vizsgálták brojler csirkékben. Semleges-fehér LED (4286 Kelvin; K), meleg-fehér LED (2990 K) és hagyományos izzó (2790 K) megvilágítást alkalmaztak 42 napos korig. A vizsgálatok a testsúlyban, a takarmányfogyasztásban és a takarmány-értékesítésben nem mutattak különbséget. A különböző immunválaszok tekintetében az anti-sheep red blood cell antitest titerre, a madárinfluenza vakcina által kiváltott antitest válaszra, a bőr bazofil hiper-szenzitivitására, a teljes leukocita számra és a limfociták számára sem volt szignifikáns hatása. Ezzel szemben a két eltérő színhőmérsékletű LED az elsődleges anti-sheep red blood cell antitest és a newcastle-betegség elleni vakcina antitest titerre szignifikáns különbséget mutatott, amelyek meleg-fehér LED fény hatására voltak a legmagasabbak. Így arra következtethetünk, hogy ez a megoldás lehet a legoptimálisabb energiahatékonyság és az immunitás szempontjából.

Zhu és mtsai (2019) Yangzhou ludakon figyelték meg többféle színű fény hatását a reprodukív mutatókra. Fehér és vörös fénnel megvilágított ludak csúcstermelése magasabb volt, továbbá jobbnak bizonyult a megtojó tojások termékenységi aránya és a kelési százaléka is, mint a kék vagy a zöld fényben tartott madarak esetében. Ezzel párhuzamosan megfigyelhető volt, hogy fehér és vörös fényben a kezelés első szakaszában a hipotalamusz OPN5, Dio2, c-Fos, és GnRH-I mRNS értékei magasabbak szintet mutattak, mint kék és zöld fény esetében. Fehér és vörös fény hatására a gonadotrop inhibitor hormon (GnIH), a vazoaktív intesztinális peptid (VIP) és a prolaktin (PRL) mRNS szintje is nagyobb volt. Ezeknek köszönhetően napi 11 óra megvilágítás mellett jobb tojástermelési eredményeket produkáltak a fehér és vörös fénnel megvilágított madarak.

Kai és mtsai (2018) tojótyúkakat vizsgáltak piros LED megvilágításban, illetve meleg-fehér fénycsöves megvilágításban. Mérték az ivarérettséget, a tojástermelést, a tojásmínőséget és a tojássárgája koleszterin tartalmát. 41 hetes korban a LED égővel megvilágított tyúkok tojáshéj-vastagsága és a tojáshéj-szilárdsága kisebb volt, mint fénycsöves megvilágítás esetén. A 17-41 hetes időszakban viszont a kétféle fény nem befolyásolta a tyúkok egyéb teljesítményét.

Mások LED és fénycső összehasonlításánál arra az eredményre jutottak tojótyúk esetében, hogy 20-70 hetes termelés alatt a fénycsővel megvilágított csoportban a tojónkénti tojásszám nagyobb volt, így takarmány-értékesítésük is kedvezőbbben alakult. A tojás súlyban illetve az elhullásban nem volt különbség (Long és mtsai, 2016a). A LED megvilágítás emellett magasabb tojásfehérje magasságot és nagyobb tojásfehérje súlyt eredményezett 27 hetes korban. A tojások koleszterin tartalmában viszont nem találtak eltérést, és 62 napos tojástartarolási vizsgálat során sem mutattak eltérést a két csoportból származó tojások. (Long és mtsai, 2016b)

A baromfitartásban az ideális megvilágítás megválasztásával csökkenthetjük a stresszhatásokat, vagyis javíthatunk az állatjólléten, aminek következtében javulhatnak a termelési mutatók is. A továbbiakban érdemes lenne vizsgálni a különböző megvilágítási technológiákat, összevetve fényintenzitásukat, fényerejüket, a megvilágítás hosszát, illetve a napkelte-napnyugta szimuláció meglétét vagy hiányát, hogy a későbbiekben a leginkább megfelelő technológiát alkalmazva a madarak tartása során jobb állatjólléti körülményeket tudjunk számukra biztosítani, mindvégig figyelembe véve a költséghatékonyságot is.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ábrahám, Cs. – Seenger, J. – Szűcs, E. (2003): A stresszállapot és annak mérhetősége. Állattenyésztés és Takarmányozás, 52. 527-537.
- Albert, H. M. – Donald, S. F. (1964): Possible endocrine basis for premigratory fattening in the white-crowned sparrow, *Zonotrichia leucophrys gambelii* (Nuttall). Gen. Comp. Endocr., 4. 584-595.
- Ali, D. G. – Jennifer, L. E. – Gurprit, S. L. – Shafigul, H. – Cara, M. A. – Hsi-Wen, L. – Alun, R. B. – Hugh, C. – Tudor, C. B. – Haiging, Z. – Mark, W. H. – David, M. B. – Robert, J. L. – King-Wai, Y. – Samer, H. (2008): Melanopsin cells are the principal conduits for rod-cone input to non-image-forming vision. Nature, 453. 102-106.
- Barry, B. – Janice, S. (1998): Az emberi test. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 343.
- Bennett, A. T. D. – Cuthill, I. C. (1993): Ultraviolet vision in birds: What is its function? Vision Res., 34. 1471-1478.
- Bobadilla-Mendez, M. F. – Rojas-Granados, C. P. – Andrade, E. F. – Retes, P. L. – Ferreira, L. G. – Alvarenga, R. R. – Rodriguez-Gil, J. E. – Fassani, E. J. – Zangeronimo, M. G. (2016): Effect of different light sources on reproductive anatomy and physiology of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Anim. Reprod. Sci., 168. 50-56.
- Bogenfürst F. (2017): Lúdtenyésztők kézikönyve. Central Press '99, Kaposvár, 44-45.
- Charlotte, J. – Lucy, A. – Katherine, H. – Julian, W. (2018): The effect of supplementary ultraviolet wavelengths on broiler chicken welfare indicators. Appl. Anim. Behav. Sci., 209. 55-64.
- Eberhard, G. (2003): Circannual rhythms in birds. Curr. Opin. Neurobiol., 13. 770-778.
- European Commission (2011): Green paper, lighting the future, accelerating the deployment of innovative lighting technologies. Brussels 19 p. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d9c733b3-32a9-42da-8481-0e9e585076cb/language-en>
- Fonyó, A. (2011): Az orvosi élettan tankönyve. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Elettan/adatok.html (2020. 05) https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Elettan/ch10s07.html
- Gregory, F. B. – Ellen, D. K. (2008): Sex differences in the response to environmental cues regulating seasonal reproduction in birds. Philos. T. R. Soc. B., 363. 231-246.
- Herbert, U. – Michael, M. (1970): Photoperiodically significant photoreception in sparrows: Is the retina involved? Science, 167. 298-301.

- Hossein, S. – Mojtaba, Z. (2017): Effect of light emitting diodes with different color temperatures on immune responses and growth performance of male broiler. *Ann. Anim. Sci.*, 17. 545-553.
- House, G. M. – Sobotik, E. B. – Nelson, J. R. – Archer, G. S. (2020a): Effect of the addition of ultraviolet light on broiler growth, fear, and stress response. *J. Appl. Poultry Res.*, 29. 402-408.
- House, G. M. – Sobotik, E. B. – Nelson, J. R. – Archer, G. S. (2020b): Effects of ultraviolet light supplementation on Pekin duck production, behavior and welfare. *Animals*, 10. 833.
- Jennifer, E. E. – Emma, L. H. – Andrew T. D. B. – Innes C. C. – Katherine L. B. (2011): Short-term physiological and behavioural effects of high- versus low-frequency fluorescent light on captive birds. *Anim. Behav.*, 83. 25-33.
- Jesse, C. H. – Gregory, S. A. (2015): Comparison of two LED light bulbs to a dimmable CFL and their effects on broiler chicken growth, stress, and fear. *Poultry Sci.*, 94. 2027-2036.
- Jiang, N. – Wang, Z. – Cao, J. – Dong, Y. – Chen, Y. (2016): Role of monochromatic light on daily variation of clock gene expression in the pineal gland of chick. *J. Photoch. Photobio. B.: Biology*, 164. 57-64.
- Jonathan, E. (szerk.) (1996): A madárvonulás atlasza. Cser Kiadó, Budapest, 180.
- Kai, L. – Hongwei, X. – Jasreen, S. – Tong, W. (2018): Effect of fluorescent vs. poultry-specific light-emitting diode lights on production performance and egg quality of W-36 laying hens. *Poultry Sci.*, 97.1-11.
- Kelber, A. (2019): Bird colour vision – from cones to perception. *Curr. Opin. Behav. Sci.*, 30. 34-40.
- KSH (2018): Központi Statisztikai Hivatal, Statisztikai tükör. Élelmiszertermélegek 2016, <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/elelmfogy/elelmfogy16.pdf>
- Liu, L. – Wang, Z. – Cao, J. – Dong, Y. – Chen, Y. (2019): Effect of melatonin on monochromatic light-induced changes in clock gene circadian expression in the chick liver. *J. Photoch. Photobio. B.: Biology*, 197. 111537
- Long, H. – Zhao, Y. – Wang, T. – Ning, Z. – Xin, H. (2016a): Effect of light-emitting diode vs. fluorescent lighting on laying hens in aviary hen houses: Part 1 – Operational characteristics of lights and production traits of hens. *Poultry Sci.*, 95. 1-11.
- Long, H. – Zhao, Y. – Xin, H. – Hansen, H. – Ning, Z. – Wang, T. (2016b): Effect of light-emitting diode (LED) vs. fluorescent (FL) lighting on laying hens in aviary hen houses: Part 2 – Egg quality, shelf-life and lipid composition. *Poultry Sci.*, 95. 115-124.
- Mahdi, Z. – Gholamreza, G. – Majid, T. – Amir, H.A. – Mehdi, T. (2019): Effect of sequential and intermittent white, green and blue monochromatic lights on productive traits, some immune and stress responses of broiler chicken. *Livest. Sci.*, 227. 153-159.
- Pajor, G. (2019): A mezőgazdaság 4.0 kihívása az állattenyésztésben, avagy mit jelent a szakmai adatanalízis? *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 68. 211-220.
- Patterson, S. S. – Kuchenbecker, J. A. – Anderson, J. R. – Neitz, M. – Neitz, J. (2020): A color vision circuit for non-image-forming vision in the primate retina. *Curr. Biol.*, 30. 1-6.
- Péczely, P. (2013): Madár szaporodásbiológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 352.
- Sekuler, R. – Blake, R. (2000): Észlelés. Osiris Kiadó, Budapest, 618.
- Sophie, C. – Björn, F. – Helle, H. K. – Peter, S. – Paul M. H. (2011): Investigating the importance of vision in poultry: Comparing the behaviour of blind and sighted chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 133. 60-69.
- Sultana, S. – Hassan, Md. R. – Choe, H. S. – Ryu, K. S. (2013): Impact of different monochromatic LED light colours and bird age on the behavioural output and fear response in ducks. *Ital. J. Anim. Sci.*, 12:e94
- Yang, Y. – Pan, C. – Zhong, R. – Pan, J. (2018): The quantitative models for broiler chicken response to monochromatic, combined, and mixed light-emitting diode light: A meta-analysis. *Poultry Sci.*, 97. 1-10.
- Yang, Y. – Yu, Y. – Pan, J. – Ying, Y. – Zhou, H. (2016): A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: Response to mixed LED light system. *Sci. Rep.*, 6. 25972

- Zawilska, J. B. – Lorenc, A. – Berezinska, M. – Vivien-Roels, B. – Pévet, P. – Skene, D. J. (2007): Photoperiod-dependent changes in melatonin synthesis in the turkey pineal gland and retina. *Poultry Sci.*, 86. 1397–1405.
- Zhu, H. X. – Hu, M. D. – Guo, B. B. – Qu, X. L. – Lei, M. M. – Chen, R. – Chen, Z. – Shi, Z. D. (2019): Effect and molecular regulatory mechanism of monochromatic light colors on the egg-laying performance of Yangzhou geese. *Anim. Reprod. Sci.*, 204. 131–139.

Érkezett: 2020. szeptember

A szerzők címe: Pap T. I. - Szabó R. T. - Drobnyák Á. - Kovács-Weber M.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus
Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus
H-2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.
paptiboristvan@gmail.com