

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2015. 64. 4

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS

FÉNY NEMZETKÖZI ÉVE – 2015
INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT – 2015



„A FÉNY SZEREPE AZ ÁLLATTUDOMÁNYBAN”
„ROLE OF LIGHT IN ANIMAL SCIENCE”

*Tudományos konferencia a Magyar Tudományos Akadémián
Scientific conference at the Hungarian Academy of Sciences*

SCIENTIFIC DAY ON ANIMAL BREEDING „THE ROLE OF LIGHT IN ANIMAL SCIENCE”

Conference at the
Hungarian Academy of Sciences

2nd December 2015

Arrangement:

**Animal Production Committee of the
Agricultural Sciences Section of the HAS**

*Papers included in this issue are the edited and peer
reviewed version of the
oral presentations at the Animal Breeding Scientific Day
at the Hungarian Academy of Sciences (Budapest)
on the 2nd of December, 2015*

**ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOS NAP
„A FÉNY SZEREPE AZ ÁLLATTUDOMÁNYBAN”**

Tudományos Konferencia
a Magyar Tudományos Akadémia Székházában

2015. december 2.

Rendező

**MTA Agrártudományok Osztálya
Állatnemesítési, Állattenyésztési, Takarmányozási és
Gyepgazdálkodási Bizottsága**

*Az e számban található cikkek a Magyar Tudományos Akadémián
2015. december 2-án rendezett Állattenyésztési Tudományos Napon
elhangzott előadások szerkesztett és lektorált változatai*

TARTALOM - CONTENTS

<i>Sótonyi Péter: A fényérzékelés anatómiai alapjai. Kiemelten a ló látása (Anatomy of light detection, with special focus on the vision of the horse)</i>	231
<i>Márton Aliz – Pál László – Bartos Ádám – Husvéth Ferenc: A fény szerepe a nőivarú állatok szaporodásában (Effects of light on the reproduction of female animals).</i>	257
<i>Faigl Vera – Cseh Sándor: Tenyészszezonon kívül alkalmazott melatonin kezelés hatása awassi és őshonos fekete racka kosok heréjének endokrin és exokrin működésére (The effect of out of season applied melatonin treatment on the reproductive functions of Awassi and Black Racka rams)</i>	273
<i>Horn Péter – Sütő Zoltán: A fény szerepe és jelentősége a baromfitenyésztésben. A baromfi világnapjától a fény nemzetközi évéig (The role of light in poultry production. From the idea of the World Poultry Day until International Year of Light)</i>	283
<i>Gáspárdy András – Béri Béla: A kiegészítő világítási rendszerek terjedése a kérődzők tartástechnológiájában (Spreading of supplemental lighting in the housing system of ruminants).</i>	296
<i>Szendró Zsolt – Matics Zsolt – Gerencsér Zsolt: A megvilágítás szerepe a nyúltenyésztésben (The role of light in rabbit production)</i>	310
<i>Urbányi Béla – Horváth Ákos – Staszky Ádám – Müller Tamás – Lefler Kinga – Müllerné Trenovszki Magdolna – Horváth László – Ferincz Árpád – Kovács Róbert – Bokor Zoltán – Csenki Bakos Zsolt: Látni és látszani – avagy a fény szerepe a halak élettanában (To see and to be seen – or the role of light in fish physiology)</i>	325

Címlap fotó (Frontpage photo)

Gyertyagyújtó fiú (c. 1570; magángyűjteményben)

El Greco (1541-1614)

A boy blowing on an ember to light a candle (around 1570; private collection)

El Greco (1541-1614)

A FÉNYÉRZÉKELÉS ANATÓMIAI ALAPJAI (KIEMELTEN A LÓ LÁTÁSA)

SÓTONYI PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány célja, hogy bemutassa a gerinces látószerv szerkezeti felépítésében résztvevő alapvető struktúrákat szövettani, anatómiai és funkcionális szempontból, kihangsúlyozva a klinikai vonatkozásokat is. A látószerv rendkívül összetett érzékszerv, amely szemgolyóból, látóidegből és járulékos szervekből áll, úgymint szemmozgató izmokból, könnykészülékből, ill. különböző, a szemgolyót védő struktúrákból. A gerinces állatok számára a vizuális információ feldolgozása nagy fontossággal bír, a külső környezetből származó információ jelentős része fény formájában, mint látási információ éri el a központi idegrendszert. A szemgolyó és az abban található fényérzékes réteg képes a világos és sötét megkülönböztetésére, a tárgyak színének, alakjának és mozgásának érzékelésére. A szembe jutó fényt több ún. leképező apparátuson keresztül jut a retinához, útja során fénytörő közegeken halad keresztül, sőt a látott képfeldolgozás is megkezdődik a szemben.

SUMMARY

Sótonyi, P.: ANATOMY OF LIGHT DETECTION (with special focus on the vision of the horse)

The aim of this article is to demonstrate the structure and organization of the vertebrate visual organ from a histological, anatomical, functional, and clinical perspective. The organ of vision is a very complex sensory apparatus; it consists of the eyeball, the optic nerve and additional associated machinery, such as ocular muscles, lacrimal apparatus and various protective structures. In vertebrate animals the processing of visual information is of great importance, and most of the information from the external environment reaches the central nervous system in the form of light through the eye. The eyeball and its light-sensitive inner layer is able to distinguish between light and dark, the color, shape and movement of objects. Light that is processed by the eye passes through an elaborate imaging apparatus before it is being detected by the retina, and the process of 'image-formation' already starts within the local circuitry of the retina.

BEVEZETÉS

A látószerv (*organum visus*) három fő részből tevődik össze:

1. Szemgolyó, *oculus, bulbus oculi*, a fényérzékelő receptor szerv.
2. A látóideg, *n. opticus*, a látóközpont *area optica*, a fény ingerületét a látóideg a látókötegen, *tractus opticus*, át a subcorticalis látóközpontba, majd a látókisugárzás, *radiatio optica*, útján az agykéreg látó mezőjébe, az optitipalis lebenybe juttatja.
3. A szem járulékos szervei, *organa oculi accessoria*, a szemgödör, *orbita*, a szemgödör és a szem pályái, *fasciae orbitales et bulbi*, a szem izmai, *musculi bulbi*, a szemhéjak, *palpebrae*, a kötőhártyával, *tunica conjunctiva*, és a könnykészülék, *apparatus lacrimaris*.

A SZEMGOLYÓ (BULBUS OCULI)

A szemgolyó craniocaudalisan lapított, gömb alakú szerv, amelynek elülső része kisebb, a hátulsó pedig nagyobb sugarú gömb szegmentumának felel meg. (1-2. ábra)

A szemgolyót az egyenlítő sík, aequator, elülső (distalis) és hátulsó (proximalis) félre osztja. A pólusokon áthaladó délkörök, meridianok, közül a függőleges és a vízszintes a szemgolyót négy negyedre, *quadrans*, (két dorsalis és ventralis, illetve két nasalis (medialis) és temporalis (lateralis) osztja. Az aequator a negyedeket elülső, distalis, illetve hátulsó, proximalis nyolcadokra, *octans*, tagolja, amelyeknek helyzetét három jelzővel tudjuk meghatározni, például belső- elülső- alsó (nasalis- distalis- ventralis) octans, vagy külső- hátulsó- felső (temporalis- proximalis- dorsalis) octans.

A szemtengely divergenciája (a két szem tengelyének egymással alkotott szöge) lóban 90 fok, így az ellenségeiktől óvakodó, állandóan éber, növényevő állatok, mint a ló is, egy időben a környezet nagyobb részét képesek áttekinteni, ugyanakkor rosszabb az alaklásuk és kevésbé látnak élesen, mint a húsevő állatok.

A szemgolyó a szorosan vett látószerv felépítése és működése a fényképezőgéphez hasonló. Legfelül fényérzékeny lemez, *retina*, található, melyet fényzáró réteg, *pigmenthám*, az *érhártya pigmentes sejtjei*, és ellenálló burok, *ínhártya*, vesz körül. A fény változtatható átmérőjű nyíláson, *pupilla*, keresztül jut be a szem belsejébe, és a külvilág képét optikai rendszer, *szaruhártya*, *lencse*, vetíti a retinára. A szemgolyó falának táplálásáról a retina és az inházta közé iktatott érhártya gondoskodik.

A szemfejlődés ismerete segít a szövettani szerkezet megértésében. A fényérzékeny réteg és a hozzá csatlakozó neuronhálózat (retina) az agy telepéből kinövő szemhólyag származéka. A hólyag falának betüremkedésével kettős falú szemserleg alakul ki, majd a két fal összefekvésével az agykamrák folytatását képező eredeti lumen megszűnik, és helyén csak virtuális rés marad. A szemserleg magába foglalja a felületi ectodermából lefűződő lencsehólyagot. Ventralisan a szemserleg tökéletlenül záródik, és az így keletkező szemhasadákon keresztül mesenchyma vándorol a szem belsejébe. A szemtelep körül tömörülő mesenchyma a kemény és lágy agyhártya folytatásaként két rétegben (érhártya és inházta) veszi körül a retinát. A külső buroknak az a része, amely a szemserleg nyílása (apertura) előtt helyezkedik el, átlátszóvá válik (szaruhártya), a középső burkon és az intrabulbaris mesenchymán (pupillaris membrán) keletkező lyuk a pupillát hozza létre. (3. ábra)

KÜLSŐ VAGY ROSTOS BUROK (TUNICA EXTERNA S. FIBROSA BULBI)

A szemgolyó falát három, jól elkülöníthető réteg építi fel. A legkülső réteg a központi idegrendszer dura materének folytatása, a tömött rostos kötőszövetből álló *tunica fibrosa*. A rostos burok az átlátszatlan inháztaból és a transzparens szaruhártyából áll. A bulbus alakját a futball-labdához hasonlóan a tágulásra nem

képes rostos burok és a szem belsejében uralkodó nyomás együttesen határozza meg. A szemgolyó alakja a pontos leképezés (emmetropia) miatt döntő jelentőségű. A szem fénytörő közegeinek fókuszpontja és a retina távolsága szigorúan meghatározott.

Az ínhártya (sclera) a szemgolyó falának hátsó 4/5 részét alkotó, kemény tapintatú, tömött képlet, amely ellenáll az intraocularis nyomásnak és fenntartja a szemgolyó alakját. A sclera szövete lóban sárgásfehér és sima, elől a corneoscleralis határ mögött a kötőhártya borítja, a belső szemzugban kismértékben előtűnik. Az ínhártya hátrébb az orbitalis zsírszövettel szomszédos, attól egy laza kötőszövetes tér, *Tenon-féle tér, spatium episclerale*, választja el, amelyet capillarisok hidalnak át. A szemgolyó az orbitalis zsírszövetbe úgy van beágyazva, hogy középpontja körül gömbízület módjára szabadon foroghat. Az ízvápat az orbitalis szövettel körülvevett, *Tenon-féle tok vagy vagina bulbi*, adja.

A szaruhártya (cornea) a rostos burok elülső, átlátszó, a scleránál valamivel vastagabb része kisebb görbületi sugaránál fogva a szemgolyóból előre kidomborodik, a szemgolyó teljes törőképességének mintegy 2/3-áért felelős. A legkiemelkedőbb és kissé vékonyabb pontja középen van, ez a vertex corneae. Külső és belső felülete, *facies anterior et posterior*, éles szélben, *limbus cornea*, találkozik egymással. A cornea széle óraüvegszerűen metszett, így a sclera mind kívül, mind belül túlér a cornea szélén, belül a torus sclerae-t képezve. Szövetteni metszeten az átmenet a sclera és a cornea között nem felűnő, hiszen lényegében ugyanazok a szöveti elemek építik fel mindkettőt. A cornea rétegei kívülről befelé haladva a következők: (4. ábra)

A *corneahám (epithelium anterius corneae)* a felületi ectodermából származó többrétegű el nem szarusodó laphám, amely rendszerint 4-5 sejtrétegből áll. A hámkötőszöveti határ egyenes. A hám a cornea széle felé megvastagszik, mintegy 10 rétegvé válik, és fokozatosan átmegy a kötőhártya hámjába. A corneahám igen érzékeny, mivel nagyszámú szabad idegvégződést tartalmaz (n. ophthalmicus). Regenerációs hajlama kitűnő, kisebb defektust az osztódó hámsejtek egymás felé vándorolva képesek befedni. Osztódásra képes sejtek elősorban a corneoscleralis határ környékén találhatók, innen tolnak a differenciálódó új hámsejtek a szaruhártya közepe felé. A felszíni hámsejteken mikrobolyhok találhatóak, amelyek a könnyfilm fenntartásában működnek közre.

A *Bowman-hártya (lamina limitans anterior)* a cornea hámja alatt húzódó vékony (6-9 μm) kötőszövetes lemez, amely tulajdonképpen a stroma része, arról nem választható le. Kollagénrostjainak szabálytalan elrendeződése alapján azonban szövettanilag állatokban nehezen elkülöníthető a stromától. A cornea szélén hirtelen megszakad, helyét egyszerűen a kötőhártya kötőszövetes stromája és a Tenon-féle tok elülső széle foglalja el.

A *Bowman-hártya feladata a cornea mélyebb részeinek kórokozóktól és sérüléstől való védelme. A cornea regenerációs képessége is ezen a rétegen múlik: amíg a Bowman-hártya ép, van remény a sérült corneaszövet újraképződésére. A Bowman-hártya azonban nem képes regenerálódni, pusztulása után a cornea sérült része végérvényesen elveszti átlátszóságát.*

A *substantia propria* a cornea vastagságának 90%-át kitevő, átlátszó, rendkí-

vül szabályos szerkezetű, lemezes kötőszövet. Üvegszerű átlátszósága számos körülmény együttes fennállásának köszönhető. A pontosan azonos átmérőjű kollagénrostokból (V-ös típusú kollagén) felépülő lemezek mintegy 60-70 párhuzamos réteget képeznek. Egy rétegen belül a rostok egymással és a cornea síkjával párhuzamosak, a szomszédos rétegekben azonban rostai egymáshoz viszonyítva eltérő irányúak, többnyire merőlegesek. A kollagénrostok azonos átmérője és rendezettsége miatt a szóródott fénysugarak interferencia révén kioltják egymást. A rostok közét túlnyomórészt kondroitinszulfátot és keratinszulfátot tartalmazó proteoglikánból (lumikán, cornealis proteoglikán) álló alapállomány tölti ki, amelynek törésmutatója megegyezik a rostokéval. A cornea a scleránál alacsonyabb víztartalmú, dehidrált struktúra. Ha víztartalma megnő (mint pl. gyulladással, oedemával, corneasérülés esetén vagy a halál után, amikor csarnokvíz vagy a könnyfolyadék infiltrálja), homályossá változik (corneahomály). A rostrétegek között elhelyezkedő kötőszöveti sejtek, a keratocyták nyúlványai a határoló lemezek kollagénrost-kötegeivel párhuzamosan, és így gyakran kereszt alakban állnak. Pigmentsejteket és ereket a cornea nem tartalmaz, táplálása részben az elülső csarnok felől, részben a sclera (episclerális erek) felől történik. A cornea a hámon keresztül a könnyfilmből is kap oxigént.

A cornea – érzéketlenségének köszönhetően – a kilökődés veszélye nélkül átültethető. Ha gyulladás vagy sérülés folytán a cornea hegesedik, erek vándorolnak be a corneaszövetbe, és átlátszósága elvész. Az erek felől lymphocyták és gyulladással sejtek (neutrophil granulocyták) is bejuthatnak a corneába.

A Descemet-féle hártya (*membrana limitans posterior*) a substantia propria és az endothel határán elhelyezkedő különleges lamina basalis, amelyet az endothel termel, és a stromáról leválasztható. Vékonyága (5-10 μm) ellenére igen ellenálló réteg. A fénymikroszkóppal szerkezet nélkülinek tűnő hártya elektronmikroszkóppal nagyfokú rendezettséget mutat. Tangenciális metszetén hexagonális rajzolat látszik, mely a szabályosan elrendeződő és egymással kapcsolódó rövid kollagénfilamentumoknak köszönhető (VIII-as típusú kollagén).

Az *endothelium corneae* (*endothelium camerae anterioris*) az elülső szemcsarnok felé néző lapos sejtréteg, amelyen keresztül a szemcsarnokból víz és ionok juthatnak be a cornea stromájába. A cornea víztartalmát aktív ionpumpa tartja alacsonyan, magasabb szembelnyomás esetén, vagy az endothel károsodásakor a pumpa elégtelenné válik, és a magasabb víztartalom (oedema) miatt a szaruhártya átlátszósága elvész. Az *endothelium corneae* az irist előlről határoló endothelbe megy át. Itt, a csarnokzuggal határos zónában található az a kevésbé differenciált őssejtek, amelyekből az endothel regenerálódik, a differenciálódó sejtek ezután a cornea közepe felé tolódnak.

A corneosclerális határ képletei

Mivel a sclera és a cornea görbületi sugara eltér, az átmenet (*limbus corneae*) körkörös árok formájában, *sulcus sclerae*, jól felismerhető kívülről. Ehhez a háttárhoz közel a csarnokvíz-elvezetésért felelős endothellel bélelt *Schlemm-féle plexus*, *plexus venosus sclerae*, fut körbe a sclera állományában. A csarnokvíz a Schlemm-féle plexusból a *venae aquosae*-ba jut, amelyek a sclerális kötőszövet speciális erei, mivel bennük nem vér, hanem csarnokvíz, *humor aquosus* kering.

Innen a folyadék az episclerális vénákba kerül, majd a szemgolyó nagy vénáin keresztül hagyja el a szemet. (5. ábra)

A Schlemm-féle plexust az elülső szemcsarnok széli részével, a *csarnokzuggal*, *angulus iridocornealis*, szivacsos szerkezetű, finom endothellel borított hálózat, *spongiosa sclerae*, köti össze. A csarnokvíz a kötőszöveti rostokból álló gerendák, *trabeculák*, közötti űrökön (Fontana-féle űrök), *spatia anguli iridocornealis*, keresztül jut az elülső szemcsarnokból a Schlemm-féle plexusba. A csatorna nem közlekedik az intertrabecularis űrökkel, a két térséget a Schlemm-féle plexus endothel borítása és kötőszövetes adventitája, valamint a Fontana-féle űrök endothelje választja el egymástól, ezért a csarnokvíz elvezetődéséhez aktív reabszorpció szükséges.

A csarnokvíz-keringés zavarára vezethető vissza a *zöldhályog (glaucoma)*, amikor a csarnokvíz-elfolyás akadályozottsága folytán megnő az *intraocularis* nyomás, és a *retinát* ellátó erek keringése akadályozottá válik. Ennek következtében a *retina* idegsejtjeiben, így a *fotoceptorokban* is *trophicus* zavarok lépnek fel, súlyosan károsodnak, majd *elpusztulnak*, aminek látásromlás, végül *vakság* a következménye. A csarnokvíz-mechanikus elzáródása (pl. a *szívárványhártya* szövetének *pupillatágulat* során bekövetkező *összetömörülése*) mellett a csarnokvíz-keringés zavarainak számos oka ismert a klinikumban. A *parasympaticus* idegrendszer izgatói szűkítik a *pupillát*, mivel az *ellapult szívárványhártya* kevésbé domborodik be a csarnokzugba, a csarnokvíz-elfolyása könnyebbé válik. A *sympathicus* idegrendszer izgatói csökkentik a csarnokvíz-termelődést.

KÖZÉPSŐ BUROK VAGY ÉRHÁRTYA (TUNICA MEDIA S. VASCULOSA BULBI, UVEA)

A középső burok a központi idegrendszert körülvevő lágy agyhártyák származéka. Az erekkel sűrűn átszövött kötőszövetes burok három részből áll. Legnagyobb felületű, hátulsó része a szűkebb értelemben vett *érhártya, choroidea*, amely előrefelé a *sugártestbe, corpus ciliare* megy át, majd legelől a *szívárványhártyán, iris* folytatódik. Az érhártya és a sugártest ráfekszik az ínhártya belső felszínére, az iris pedig szabadon beemelkedik a szemgolyó belsejébe, és elválasztja egymástól az elülső és hátulsó szemcsarnokot. Szövettanilag mindhárom rész lényegében azonos felépítésű; eret és simaizmot tartalmazó kötőszövetes stroma, amelyhez belülről neuroectodermális eredetű hám csatlakozik. Utóbbit csak a corpus ciliare és az iris esetében tekintjük a középső burok részének. A choroideával szomszédos hám fényérzékeny retinává differenciálódott, és a szemgolyó belső burkát alkotja.

A *choroidea* az ínhártya és a retina között elhelyezkedő vékony, kötőszövetes réteg. A choroideát a n. opticus átfúrja, és szilárdan rögzíti az ínhártyához. Legfontosabb feladata a fényérzékeny retina vérellátásának biztosítása. A choroidea az erekken kívül nagyszámú pigmentszemcsével telt melanocytát is tartalmaz, amelyek szerepe a szemgolyóba kívülről behatoló fénysugarak kiszűrése és a retina pigmenthámján esetlegesen keresztülhaladó fény elnyelése.

Az eres rétegben a látóideg belépése (*discus nervi optici*) fölött található az ovális, vagy félhold alakú ér nélküli terület, a kékes zöld színű *tapetum lucidum*, amelynek különleges szerkezete fény- és színeffektusban mutatkozik meg. (6. ábra) A *tapetum lucidum* lóban koncentrikusan rendezetlenül lefutó, hullámos

rostokból *tapetum fibrosum* épül fel. A fényt részben visszaveri, egyes komponensei fény interferenciát hoznak létre, ami egyfelől különböző színeffektust vált ki, másfelől a fényérzékelő sejtekhez jutó fényhatást növeli, azaz reflexió révén megnöveli a retina fényérzékeny rétegére jutó fény mennyiségét, ezért a *tapetum lucidum*mal bíró állatok alkonyatban és sötétben jobban látnak. A *tapetum* tájékán a retina külső pigmentált rétege pigment nélküli. A *tapetum lucidum* széle tájékán az eres réteg ismét vastagabbá és pigmenttartalmúvá válik, feketés barna színű *tapetum nigrum*ot képez.

A sugártest, **corpus ciliare**, legfontosabb feladatai a lencse felfüggesztése, az akkomodáció biztosítása és a csarnokvíz termelése. Hátrafelé a choroidea és a sugártest átmenete megfelel az *ora serratának*. Meridionalis keresztmetszetben a sugártest háromszög alakú; külső felszíne a sclerával nőtt össze, előrefelé az irisben folytatódik, hátulsó felszíne a bulbus belseje felé tekint. A szem belseje felől nézve a sugártest körkörös lefutású, gyűrűszerű beemelkedés, amely két részre tagolódik; előrébb helyezkedik el a kisebb átmérőjű, keskeny sugárkoszorú, *corona ciliaris*, hátrébb pedig a nagyobb átmérőjű, szélesebb sugárgyűrű, *orbiculus ciliaris*. (7. ábra) Lóban a sugárkoszorú belső felszínéről mintegy 100 meridionalis nyúlvány, *processus ciliaris*, emelkedik be a szem belsejébe. A sugárgyűrű igen sűrűn redőzött; a sugárredők, *plicae ciliares*, ugyancsak meridionalis lefutásúak. A redőkről és a nyúlványokról indulnak ki a vékony lencsefüggesztő rostocskákat, *fibrae suspensoriae lentis*, Zinnius-féle rostok, együttesen a *zonula ciliaris* Zinnii alkotják. A rostok a lencse tokján tapadnak meg, mégpedig oly módon, hogy az orbiculusról kiindulók az aequator előtt, a *corona ciliaris*ról kiindulók pedig amögött, vagyis a rostok végeredményben keresztezik egymást és köztük rések *spatia zonullaria* jönnek létre. A sugártest alakja lóban a pupilla alakjához hasonlóan harántvális, aszimmetrikus, nasalisán és kis mértékben ventralisan keskenyebb, itt igen vékony, vagy hiányzik az orbiculus ciliaris is, ebből a jellegzetes alakulásból következik, hogy a retina fényérzékelő felülete nasalisán előrefelé kiterjedt, így a látótér hátrafelé megnövekedett.

A sugártest térfogatának legnagyobb részét a lóban viszonylag gyengén fejlett *m. ciliaris* teszi ki, amely elsősorban a közelrenézés (akkomodáció) szolgálatában áll, de a csarnokvízfolyást is befolyásolja.

A parasymphathicus beidegzésű *m. ciliaris* rostjai különböző irányúak, de komplex szöveteket alkotnak, és az izom működése az akkomodáció biztosítása szempontjából egységes.

A körkörös rostok a sugártest átmérőjét sphincterszerűen csökkentik, a meridionalis rostok pedig a sugártestet előrehúzzák és megvastagítják, tehát még jobban bedomborítják a szemgolyó belseje felé. A sugárnyúlványok közötti árkok mélyében eredő lencsefüggesztő rostok ezáltal ellazulnak. A lencse saját rugalmasságánál fogva összeugrik, domborúbbá válik, és fénytörő képessége menő. Távolra nézéskor a sugárizom ellazul, és a sugártestet a *m. ciliaris* antagonistájaként működő elasztikus aponeurosis (Bruch-membrán) húzza vissza.

Csarnokvíz.

A sugárnyúlványok és a sugártest-hám együttese („*sugártest-mirigy*”) az agykamrák plexus choroideusával rokon, és a csarnokvíz termelődéséért felelős. A sugártestet borító hámsejtek ultrastruktúrája megfelel az aktív ion- és víztransz-

portot végző sejtekének, amennyiben a sejtek basalis és lateralis felszíne gazdagon elágazó membránbetüremkedésekből álló járatrendszert képez. A termelt csarnokvíz egyik feladata a szembelnyomás fenntartása és ezzel a szemgolyó mechanikai stabilitásának biztosítása. Ehhez a termelődés és az elvezetődés állandó egyensúlya szükséges. Ezen túlmenően a csarnokvíz a cornea, a lencse, az üvegtest és a retina táplálásában is szerepet játszik. A csarnokvíz összetétele a speciális táplálási feladatnak megfelelően különbözik a plazmától. Fehérjetermálma alacsonyabb, aszkorbát-, piruvát- és laktáttartalma azonban magasabb. A belső sugártesthám sejtjei között található nagyszámú zonula occludens *vércsarnokvíz gátat* hoz létre.

A szivárványhártya, **iris**, a sugárest folytatása előrefelé. Kontraktilis fényrekesznek megfelelő lyukas korong (blende), amely a szem belsejébe jutó fény mennyiségét szabályozza a megvilágítási körülmények függvényében. Elülső felszíne az elülső szemcsarnok felé néz, hátsó felszíne pedig szorosan ráfekszik a lencse elülső felszínére, és közöttük csak hajszálrés marad szabadon, hogy a csarnokvíz a hátulsó szemcsarnokból az elülsőbe kerülhessen. A pupilla felé néző szélét, amely kissé vastagabb, margo pupillarissnak, sugártest felé eső szélét margo ciliarissnak hívjuk. Utóbbi csipkeszerű képletekkel, *ligamenta pectinata*, rögzül a spongiosa sclerae-n. A csipkék között keskeny rések a spongiosa sclerae üregeivel együtt képezik a *spatia anguli iridocornealist*. A szélek felé a korong kissé elvékonyodik. Az iris szövete a középső burok többi részéhez hasonlóan erősen erezett és pigmentált laza kötőszövetekből (stroma) áll. (8. ábra)

Az iris vázát pigmentsejteket tartalmazó, laza, rostos kötőszövet a *stroma iridis* képezi, amely a vascularis rétegnek felel meg. Hálózatos kollagénrostrendszere a fényképezőgép-blende lemezeihez hasonlóan képes átrendeződni és a pupilla átmérőjét változtatni. A rosthálózatban, különösen a szélek felé, szabálytalan alakú, változatos méretű crypták helyezkednek el, amelyek az iris szövetében csarnokvízzel kitöltött, hálózatos üregrendszert alkotnak. Az iris erei jól alkalmazkodnak a pupilla szűküléséhez és tágulásához. A pupillaris és ciliaris szél mentén egy-egy körkörös érfonat helyezkedik el, *circulus arteriosus iridis minor et major*, amelyeket radiaer lefutású érhurkok kötnek össze. A stromában a pupillaris szélhez közel elhelyezkedő, parasympathicus beidegzésű, körkörös lefutású simaizmok lapos, lemezszerű izomgyűrűt, a *m. sphincter pupillae*-t alkotják.

A kétrétegű pigmenthámnak az iris stromájával határos hámsajtjei nemcsak folyamatos hámréteget, hanem hosszan, simaizomszerűen megnyúlt basalis nyúlványaik révén lapos, kontraktilis lemezt, pupillatágító izomréteget, *m. dilatator pupillae*-t is alkotnak a vascularis réteg és a hámréteg között. Ezen myoepithelsejtek nyúlványai radiaer irányúak, sympathicus beidegzésűek.

Az iris hámját hátulról (belülről) szabályos lamina basalis, *membrana limitans iridis*, fedi, amely a sugártestet borító és a retinát bélelő lamina limitans interna folytatása.

Lóban az iris pupillaris szélén, elsősorban felül, de az alsó szélén is képződhetnek, a retina pigmentrétegének túlsarjadzásából barna-fekete csomócskák, az ún. szőlőgerezd, *Granula iridica*, amelyek pigmentsejtekkel körülvett laza kötő-

szövetet, vékonyfalú, tág ereket és folyadékkal töltött kis üregeket tartalmaznak, részt vesznek a csarnokvíz képzésében is. (4. ábra)

Az iris színe a stroma vér- és pigmenttartalmától függ. Ha a stroma vastag, és sok pigment szemcsét tartalmaz, akkor az iris színét ezen szemcsék határozzák meg. Ha vékony, és benne kisebb a melanocyták száma, akkor áttűnik a pars iridica retinae fekete pigmenthámja, minél vékonyabb a stroma, annál sötétebb ez a szín. Albinókban, ahol a pigment szemcsék teljesen hiányoznak, az iris színe a dús erezettség miatt piros.

Az iris leghátsó (legbelső) rétege a kétrétegű irishám, *stratum pigmenti iridis*. A sugártest hámjával ellentétben az irist borító hám mindkét lemeze pigmentált; a külső gyengébben, a belső erősebben. A külső hám a retina pigmenthámjának a folytatása, a lencsével szomszédos belső hámréteg pedig a fényérzékeny retina, illetve a nempigmentált sugártesthám folytatása, *pars iridica retinae*. Az embryonalis szemserleg két fala az iris pupillaris szegélye mentén megy át egymásba, és mivel a pupillaszél mentén az áthajlási vonal kissé kifordul, a hám a pupillát szegélyező keskeny, pigmentált gyűrű formájában láthatóvá válik.

A pupilla tágasságát befolyásoló tényezők

A pupillatágító izom sympathicus, a szűkítő parasympathicus beidegzésű, és a két izom aktivitásának eredője határozza meg a pupilla mindenkori átmérőjét, amely diaphragmaszerűen szabályozza a beeső fény mennyiségét. A pupilla reakciókészsége a változó fényviszonyokra nagy diagnosztikai jelentőséggel bír, mivel mind a m. ciliaris, mind pedig a m. sphincter pupillae parasympathicus beidegzés alatt áll (III. agyideg), az akkormodációt mindig szimultán pupillaszűkület is kíséri. A fényrekesz aperturájának tágassága ezen kívül a látásélességet is befolyásolja; minél szűkebb a pupilla, annál nagyobb a szem mélységélessége.

Szemészeti vizsgálat során gyakran kerül sor a pupilla tágítására parasympathicus bénító atropinnal. Ilyenkor az iris megvastagszik és betüremkedik a csarnokzugba, ami akadályozza csarnokvíz elfolyását. Parasympathicus izgató szerek ezzel szemben a csarnokvíz elfolyását segítik elő, mert a m. sphincter pupillae összehúzódásakor az iris ellaposodik, ugyanakkor a m. ciliaris meridionalis rostjainak összehúzódása pedig tágítja a csarnokzugot.

BELSŐ BUROK VAGY IDEGHÁRTYA (TUNICA INTERNA BULBI S. RETINA)

A retina az agyhólyagból kitüremkedő, kettős falú szemserleg származéka, tehát különleges differenciáltságú agyszövetnek tekinthető. A retinát az agyburkoknak megfelelő uvea és sclera veszi körül, az agykamrának pedig az a virtuális tér felel meg, amely a szemserleg üregének (ventriculus opticus) maradványaként a pigmenthám és a fotoreceptorok között található. A szemserleg külső fala végig, a belső fal pedig az ora serrata előtt egyrétegű marad, a belső fal hátsó 4/5-e azonban fényérzékeny ideghártyává, *pars optica retinae*, differenciálódik. (9. ábra)

Vertikális neuronrendszer

A központi idegrendszer neuronhálózataihoz hasonlóan a retinában is alapvetően két síkban történik az ingerület továbbítása, illetve feldolgozása. A retina síkjára merőleges (vertikális) irányú ingerületátadás a fotoreceptoroktól a látóideg rostjai felé halad. Kívülről befelé három neuron kapcsolódik sorban egymáshoz: a fotoreceptorsejtek az információt a bipoláris sejteknek adják át, amelyek a ganglionsejtekkel synaptizálnak. Utóbbiak axonjaiból szedődik össze a látóideg. Mindhárom sejttípus perikaryonjai egy-egy, perikaryonokban gazdag „magvas” réteget alkotnak, amelyek között összesen két „synapticus” réteg helyezkedik el.

Horizontális neuronrendszer

A vizuális információ retinalis szintű feldolgozása a retina síkjával párhuzamos (lateralis vagy horizontalis) kapcsolakon keresztül valósul meg. Ehhez olyan neuronok szükségesek, amelyek nyúlványai ugyanazon rétegen belül maradnak, és egymástól távolabb elhelyezkedő sejteket kötnek össze. Ezen asszociációs neuronok a bipoláris sejtek rétegében foglalnak helyet, és nyúlványaik a két synapticus réteg valamelyikében ágazódnak el. A horizontális sejtek rostjai a külső synapticus rétegben haladnak, és szomszédos vagy távolabbi fotoreceptorsejteket kötnek össze egymással. Az amakrin sejtek pedig a belső synapticus rétegben elágazódó nyúlványaikkal különböző bipoláris sejtek között létesítenek kapcsolatot. A horizontális és amakrin sejtek úgy működnek, hogy a retina adott pontján fellépő izgalmi állapotot nagyobb területre terjesztik ki (serkentés) vagy éppen szűk területre összpontosítják (gátlás).

Határhártyák, Müller-sejt

A retina üvegtest felé néző felszínén a ganglionsejtek axonjai, a látóidegrostok, külön rétegben haladnak a látóidegfő felé. A három magvas réteget, a köztük lévő két synapticus réteget, valamint az opticus rostok rétegét egy-egy határhártya fogja közre. A belső határhártya az üvegtesttől választja el az eddig felsorolt hat réteget, a külső határhártya pedig a fotoreceptorsejtek perikaryonjait zárja le a fotoreceptor nyúlványok (fejlődéstanilag a volt ventriculus opticus) irányában. A fotoreceptorok (csapok és a pálcikák) ezen a határhártyán keresztül nyúlnak ki a pigmenthám felé. A határhártyák szoros összefüggésben vannak a retina különleges gliasejtjeivel, a Müller-sejtekkel. Ezek a hosszan elnyúlt gliasejtek a két határhártyát hidalják át, és vesznek részt annak alkotásában. Sejtmagjuk a belső magvas rétegben helyezkedik el, vitrealis irányban haladó nyúlványuk talpszerű megvastagodással hozza létre a belső határhártyát, míg scleralis nyúlványuk a fotoreceptorsejtek közé illeszkedik, és azokkal sejtkapcsoló struktúrák révén kapcsolódik. A sejtkapcsoló (főként adhaerens típusú) struktúrák sora a fénymikroszkópban vékony vonalnak látszik (külső hártya). (10. ábra)

A retina egyes rétegei bemutatásánál kívülről befelé haladunk, ez megfelel annak a sorrendnek, amelyben a fény által keltett ingerület halad át a különböző szövetrétegeken. Tudnunk kell azonban, hogy a fény útja ezzel ellentétes irányú, és mielőtt a fotoreceptorokhoz elér, át kell, hogy hatoljon a retina valamennyi

rétégén. A retina rétegeinek leírásánál általában a scleralis (külső) és vitrealis (belső) iránymegjelölő fogalmakat szokás használni.

A szemserleg hajdani üregének megfelelő intraretinalis teret sejtkapcsoló struktúrák vagy kötőszövetes lemezek nem hidalják át. A pigmenthámsejtek apicalis nyúlványai mindössze glukózaminoglikánokat tartalmazó „ragasztóanyag” (*interfotoreceptor mátrix, IPM*) közvetítésével érintkeznek a fotoreceptorokkal. Az IPM által biztosított retinalis adhézió kivül a retinát a pigmenthámhoz tulajdonképpen csak a szembelnyomás rögzíti.

Ezen laza kapcsolat következménye, hogy ha a szemgolyó (pl. ütés következtében) megsérül vagy az intraocularis nyomás hirtelen csökken, a neuralis retina leválhat a choroideához szorosan rögzülő pigmenthámról (retinaelválás, ablatio retinae), ami a fotoreceptorok pusztulásával jár. A retina szorosan csak a látóideg belépésénél és az ora serratánál rögzül a pigmenthámhoz és az érhártyához.

A retinában kétféle fotoreceptor fordul elő: *pálcika és csap (duplicitási elv)*. A pálcikák ingerküszöbe alacsony, tehát gyenge megvilágítási körülmények között is képesek a fényingerek felfogására, *szkotópiás látás*. A csapok ugyan kevésbé érzékenyek, tehát csak nappali fényben működnek, *otópiás látás*, „cserébe” azonban képesek a különböző hullámhosszúságú fénysugarak megkülönböztetésére, *színlátás*. Speciális neuronális kapcsolataik és elrendeződésük révén a csapok felelősek az éleslátásért is. A retina színdiszkriminációs képességét a különböző spektrális érzékenységu csapok együttes jelenléte biztosítja. A ló két féle csapja zöld és kék fényre a legérzékenyebb, aszerint, hogy kultagjukban milyen elnyelési maximummal rendelkező fotopigment foglal helyet.

A fototranszdukciós lánc

A pálcikák és a csapok morfológiai és élettani sajátosságai között számos eltérés van, az alapvető fotokémiai folyamat azonban mindkettőben ugyanaz. A kultagmembrán lipid kettősrétegében felhalmozott fotopigment integrális membránfehérjéből (opszin) és fényérzékeny proszтетikus csoportból (11-cisz-retinál) áll. A foton abszorpciójára a retinál megváltoztatja alakját (cisz-transz izomerizáció), ami az opszin konformációváltozását idézi elő. Az így aktivált opszin jelátviteli láncot indít el. Először a transzducin (G-protein), majd a foszfodiészteráz aktiválódik, aminek hatására csökken a sejtmembrán Na-csatornait nyitva tartó cGMP szint, és a fényexpozíció a Na-csatornák bezáródása révén hiperpolarizációt okoz. Sötétben, ezzel szemben, a nyitott csatornák depolarizációt tartanak fenn, és a transzmitter (glutamát) is ekkor szabadul fel. A fotoreceptorsejtek tehát sötétben aktívak, és fény hatására gátlódnak. A folyamat végén a retinál leválik az opszinról, a pigmenthám pedig reizomerizálja (trans-cisz), miáltal a retinál újra lakalmassá válik az opszinba való beépülésre és újabb fototranszdukcióra.

A lovak látásélességét, színlátását és gyenge fényben való látási képességét retinájuk felépítése határozza meg. Retinájukban található fotoreceptor sejtek sűrűsége kisebb, mint az emberé, ami rosszabb látásélességet eredményez. A lóban becslések szerint mintegy 4-5 millió csap található, sűrűségük a periférián néhány 5000/mm², a látósávban pedig 15-20 ezer/mm² körül mozog.

A színlátásért felelős fotoreceptor sejteknek, a csapsejteknek a lovakban két fajtája fordul elő, melyek egyike rövid hullámhosszú (kék) fényre, a másik közepes

hullámhosszú (zöld) fényre érzékeny. Az ember retinájában van egy harmadik fajta csapsejt is, amelyik az előzőeknél hosszabb hullámhosszú (vörös) fény érzéklésében játszik szerepet. A lovak színlátása tehát dikromatikus, vagyis hasonló a részlegesen színvak emberekéhez. A lovak retinája mögött fényvisszaverő réteg (tapetum lucidum) helyezkedik el. A fény így kétszer halad át a retinán, ezért az alacsonyabb fényintenzitást is képes érzékelni (lásd: chorioidea). A lovak ezért igen gyenge fényben is látnak.

A különböző színérzékenységű csapok közös morfológiai módszerekkel nem különíthetők el egymástól. Immuncitokémiával, fotopigment-ellenes ellenanyagok segítségével azonban bizonyos fotoreceptorok megjelölhetők. A pálcika rodopszinja és a csapok opszinjai ugyanazon fehérjecsaldához tartoznak, és színspecifitásukat éppen kisebb vagy nagyobb mértékben eltérő primer szerkezetüknek köszönhetik. A pálcikák és a kékérzékeny csapok szelektíven megjelölhetők. A vörös-és zöldérzékeny fotopigmentek aminosavsorrendje azonban annyira hasonló, hogy immuncitokémiai módszerrel sem különböztethetők meg egymástól. A csapokban a pálcikákéhoz hasonló fotokémiai folyamat megy végbe. A fototranszdukciós rendszer egyes elemei is hasonlóak, de kismértékben különböznek a pálcikákban és csapokban, illetve a spektrálisan eltérő csapokban. Ezek a különbségek is felhasználhatók az eltérő színspecifitású csapok elkülönítésére.

LÁTÓIDEGFŐ (DISCUS NERVI OPTICI)

A retina egyik kitüntetett helye a szemfenék ventro-temporalis részén elhelyezkedő látóidegfő, *discus nervi optici*. A sáncszerű szegéllyel körülvett, enyhe bemélyedés a retina többi részénél világosabb. Itt hagyják el a szemgolyót a látóideg rostjai, és itt lépnek be a retina erei (a. et v. centralis retinae), hogy azután a retina felszínén elágazódjanak. Ezen vakfoltnak is nevezett területen fotoreceptorok egyáltalán nincsenek. Az említett képletek a sclera lamina cribrosáján haladnak keresztül.

A látóidegfőtől laterálisan, ahol a pupillán átfutó fénysugarak a látótengely mentén az ideghártyát merőlegesen érik, van az éleslátás helye, a sárga folt, macula. Emberben 2 mm átmérőjű, ellipszis alakú terület, *area centralis rotunda*, ahol a retina vékonyabb és bemélyedt, *fovea centralis*. Házi emlősállatokban, így lóban is, ezenkívül még egy csík alakú terület, *area centralis striaeformis*, is növeli az éleslátás területét, amely a discus fölött a tapetum alsó széle mentén található, túlnyomórészt csapokat tartalmazó terület, a színlátást szolgálja.

Az *area centralis rotunda* a binocularis, az *area centralis striaeformis* pedig a monocularis látás szolgálatában áll.

A lovak szeme laterálisan helyezkedik el, ezért látóterük és térérzékelési képességük, a többi zsákmány-állathoz hasonlóan, jellegzetes módon eltér a ragadozóképtől, köztük az embertől. Horizontálisan mindkét szemük egyedi látótere (monokuláris látótér) igen kiterjedt előre- és hátrafelé, hátul csupán egy szűk területet hagyva, amit az állat nem lát („vak” terület). A térérzékelést (3D látást) lehetővé tevő binokuláris látótér (két szem együttes látótere) viszonylag szűk. (11-12. ábra)

A SZEMCSARNOK (CAMERA BULBI)

Az elülső és hátulsó szemcsarnok, *camera anterior et posterior bulbi*, a szaruhártya mögött és a szemlencse előtt helyeződik, a szivárványhártya választja el őket egymástól. Benne víztiszta, kevés fehérjét, aminosavakat, tejsavat, enzimeket, szőlőcukrot, karbamidot, sókat és hyaluronsavat tartalmazó folyadék, a csarnokvíz, humor aquosus, van. Az elülső szemcsarnok konkáv-konvex lencséhez hasonló alakú. Pereme a csarnokzug, *angulus iridocornealis*, amelyet a szaruhártya és a szivárványhártya határol; széle a *spongiosa sclerae*. A hátulsó szemcsarnok lapos korong alakú, az elülső szemcsarnokkal a pupillán át közlekedik.

A SZEMLENCSE (LENS)

A szemlencse, *ectodermalis* eredetű, átlátszó, enyhén sárgás árnyalatú, bikonvex lencse alakú szerv. A szivárványhártya és az üvegtest között foglal helyet. Függesztőkészüléke révén alakját változtatni képes. Elülső, laposabb felülete, *facies anterior lentis*, hátulsó domború felületével, *facies posterior lentis*, kör alakú tompa szélben, *aequator lentis*, találkozik egymással. A két felület legkiemelkedőbb pontját, *polus anterior et posterior*, a lencse tengelye *axis lentis*, köti össze. Az elülső és hátulsó felület görbületi sugarának aránya 3:2.

A lencsét a lencsehám által termelt, homogén, fénytörő lencsetok, *capsula lentis*, veszi körül, amely szokatlanul vastag lamina basalisnak felel meg. A lencsetok kollagénlemezéből, lamininból, fibronektinből és proteoglikánokból áll. A 10-20 μm vastag réteg szerkezete a Descemet-hártyához hasonló, elöl és az aequator mögött vastagabb, mint hátul. Rajta a sugártest függesztő rostjai, *fibrae zonulares* tapadnak meg. A lencse tokon belül helyeződő állományát, *substantia lentis*, kívül lágyabb kéreg, *cortex*, centrálisan tömörebb, a korral növekedő mag, *nucleus lentis*, alkotja. Az állomány egymás fölé rétegződő lemezekből, *laminae lentis*, áll, amelyek ragasztóanyag útján egymáshoz kötött lencserostokból, *fibrae lentis*, épülnek fel.

Az öregedés során először a lencse középpontjában (nucleus lentis) lévő rostok vesztik el rugalmasságukat, a felszíni kéregállomány (cortex lentis) tovább is rugalmas marad. A lencsemag fokozatosan növekszik, és az alkalmazkodóképesség jelentősen beszűkül.

A lencse elülső felszínén egyrétegű köbhámot, *epithelium anterius*, találunk, amely fejlődését tekintve az embryonalis lencsehólyag elülső falának maradványa. A lencsehámsejtek apicalis vége a lencserostok felé, a korábbi lencseüreg felé néz, egymással és a lencserostokkal desmosomák és nexusok segítségével kapcsolódnak. Más hámokkal ellentétben, itt *zonula occludens* nem fordul elő.

A lencserostok a lencsehámból, *epithelium lentis* fejlődnek, 7-10 mm hosszú, hexagonális prizma alakú hasábok, amelyek a rendelkezésre álló teret hézagmentesen töltik ki. A „rostok” valójában rendkívüli módon megnyúlt és átalakult hámsejtek, amelyek az embryonalis lencsehólyag hámsejtjeiből alakulnak ki. A szomszédos rostok nexusokkal kapcsolódnak egymáshoz. A rostok lemezeket alkotnak, amelyek hagymalevél szerűen rendeződnek el a lencse geometriai

középpontja körül. A lencse ellentétes szektorai felől érkező, interdigitáló rostok elöl egy fordított, hátul egy álló Y alakú, varratszerű vonalrendszert, lencsecsil-
lagot, *radii lentis*, hoznak létre. (13. ábra) A lencserostok sejtorganellumokban
szegények, magot is csak a felszínhez közel elhelyezkedő, fiatalabb rostok tar-
talmaznak. Legfontosabb komponensük az oldott állapotban található krisztallin
nevű fehérje. A lencserostok a szervezet legnagyobb fehérjetartalmú (60 %) sejtes
elemei, és ezen fehérjék 90 %-át a krisztallinok teszik ki.

A lencse sem ereket, sem idegeket nem tartalmaz, felépítésénél fogva szinte
teljesen el van zárva az immunrendszer humoralis vagy sejtes tényezőitől. Táp-
lálásáért a csarnokvíz felelős.

Lencsefüggesztő készülék, akkomodáció

A lencsét a lencsefüggesztő rostok, *fibrae zonulares*, rögzítik, amelyek összes-
ségét *zonula ciliarisnak* nevezzük. A rostok a corpus ciliare hámban, a sugárnyúl-
ványok között mélyedésekben erednek és a lencsetokban, az aequator környékén
tapadnak. A sugártesten eredő rostkötegek száma mintegy 140, a lencse ekvátora
felé haladva azonban felrostozódnak, és a lencsén nagyszámú egyedi fibrillummal
végződnek. A 11-12 μm vastag rostok ultrastruktúrája az elasztikus rostok elemi
mikrofibrillumaira emlékeztet. Szerepük az akkomodációban passzív, az erőátvi-
telre korlátozódik. Az aktív szerepet a m. ciliaris játssza, amely közelrenézéskor
a sugártestet előrehúzza, és a gyűrű átmérőjét csökkenti, ami a rostok ellazulást
okozza. Távolranézéskor a Bruch-membrán, mint elasztikus aponeurosis, vissza-
húzza a sugártestet, így a lencsefüggesztő rostok megfeszülnek.

A lovak esetében az akkomodáció mechanizmusa még nem tisztázódott egy-
értelműen. Régebben úgy tartották, hogy a lovak ferde retinával rendelkeznek,
vagyis a retinának a szemlencse hátsó felületétől való távolsága a szemgolyón
belül változó. Ez egy statikus akkomodáció lehetőségét kínálja, mert a ló a fe-
jének felemelésével/leszegésével megvalósíthatja a különböző távolságra lévő
tárgyakra való fókuszálást. Az újabb kutatások eredményei szerint a lovak, a
többi emlősökhöz hasonlóan, dinamikus (ciliaris) akkomodációs képességgel
rendelkeznek, vagyis fókuszálás során a corpus ciliaris izmainak segítségével
változtatják szemlencséjük domborúságát. Ez utóbbi nézet szerint a fej felemelése
vagy leszegése nem az akkomodációt szolgálja, hanem azt, hogy a megvizsgálni
kívánt tárgy a binokuláris látótérbe kerüljön. Ugyankor megjegyzendő, hogy a
ciliaris izmok gyengesége miatt az akkomodációs képesség korlátozott.

ÜVEGTEST (CORPUS VITREUM)

Az üvegtest a lencse és a retina közötti teret teljes egészében kitöltő kocso-
nyás állomány. Szorosan tapad a retina fényérzékeny részéhez, legerősebben
az ora serrata vonalában rögzül, előrefelé fokozatosan elválk a corpus ciliarét
borító retinalis hámtól. A lencse hátsó felszíne számára bemélyedést képez, *fos-
sa hyaloidea*. Elülső felszíne ezen kívül a lencsefüggesztő rostokkal és a hátsó
szemcsarnokkal szomszédos.

A friss üvegtest szintelen, gélszerű massa, amely a vízhez hasonlóan átlátszó,
humor vitreum. Az üvegtest 99 %-át valóban víz teszi ki, szolubilis állományához

ezen kívül nagy vízkötő képességű, felcsavarodott hialuronsav molekulák járulnak hozzá. Szárazanyag-tartalma a hialuronsavhoz gyenge kötésekkal kapcsolódó (II-es típusú) kollagénből áll. Ezen elemek valamivel nagyobb mennyiségben fordulnak elő az üvegtest perifériás részében (membrana hyaloidea). Itt kis számban sejtek (hyalocyták) is helyet foglalnak, amelyek valószínűleg a kollagén és a hialuronsav szintéziséért felelősek.

A primer ebryonalis üvegtest mesodermális eredetű, a felnőtt szemben található üvegtest azonban valószínűleg a neuroectodermális eredetű retinalis hám termeli.

LÁTÓIDEG (NERVUS OPTICUS, II.)

A szem ideghártyájából a szemgolyó hátulsó pólusán ventrotemporalisan kilépő hengeres köteg, a látás fajlagos idege, a látópálya része. Eredete és szerkezete alapján kihelyezett agyvelőpályának felel meg, mivel az ideghártya is a köztigvelő kihelyezett része. A látópálya két részből áll: 1. extracranialis szakasza a n. opticus; 2. cerebralis szakasza a tractus opticus és az agyvelői látópálya.

A retina ganglionsejtjeiből eredő látóidegrostok a lamina cribrosán sclerae-n kilépve velőhüvelyesekké válnak. A velőhüvelyt nem Schwann-sejtek, hanem oligodendroglia sejtek alkotják. A n. opticus tehát központi idegrendszeri pályának és nem perifériás idegnek felel meg. A hasonlóság abban is megnyilvánul, hogy megtaláljuk körülötte mindhárom agyburkot; a sclerában folytatódó dura matert és az érhártyában folytatódó lágyagyhártyákat is. A pia mater és az arachnoidea közötti tér, *cavum subarachnoideale*, folytatása, mint *spatium intervaginale* a szemgolyónál vakon végződik. A pia mater számos kötőszövetes sövényt bocsát a rostok közé. A n. opticus közepén az a. et v. centralis retinae fut.

A látóideg *intraorbitális szakasza* lóban kb. 5,5 mm átmérőjű, a szemgolyó hátravonó izmának izomlemezei között, zsírszövetbe ágyazottan, enyhe nagy S alakú görbülettel a foramen opticumhoz tér. Az intracranialis szakasz a canalis opticuson át a koponyaalapon lévő sulcus chiasmatisba jut. Itt a kétoldali látóideg rostjai részben (lóban 80-85 %-ban) kereszteződnek egymással, chiasma nervi optici (semimidecussatio).

Cerebralis szakasz. A chiasma nervi opticiből újonnan kialakult kötegek mint agyvelői pályák, *tractus opticusok*, folytatódnak tovább. Az agytörzset oldalról megkerülik, és afölött a látótelepben, *thalamus opticusban*, végződnek. Eredésüknél rostok, *radiatio optica hypothalamica*, térnek a hypothalamus elülső magvaihoz. A tractus opticus rostainak nagyobb része a *corpus geniculatum laterale* idegsejtjeiben végződik; kisebb része az elülső ikertelepekhez tér. A lateralis térdestest a látás agytörzsi, *subcorticalis*, központja, innen indulnak ki a látóreflexpálya rostjai is.

A corpus geniculatum lateraléből eredő pályák:

- *tractus geniculooccipitalis*, amely a capsula internában haladó látókisugárzás (radiatio optica) útján az agyvelő nyakszirti lebenyében lévő látókéreg központjaiba jut;

- *a pupillareflex pályák;*

Afferens szakasz: az ideghártyából származó és a tractus opticutól elváló rostok a corpus geniculatum lateralén át az elülső ikerdombok karjaiba lépnek,

és az ikerdombok előtt két kötegre válnak szét. A vékonyabbik köteg a középső agyvelő elején lévő nucleus interstitialishoz tér, az erősebb köteg rostjai pedig a commissura caudalisban kereszteződnek egymással, és áttérve az ellenkező oldalra, a nucleus interstitialisnál egyesülnek az ellenkező oldali vékonyabb köteggel. Ez a közös köteg a nucleus parasympathicus n. oculomotorii kissejtes részében, az Edinger-Westphal-féle magban végződik. Innen indul ki a reflexív efferens szakasza.

Efferens szakasz: az Edinger-Westphal-féle magból eredő parasympathicus rostok a n. oculomotoriussal a multipoláris idegsejtekből álló parasympathicus dúchoz, a *ganglion ciliare*-hez térnek, itt átkapcsolódnak, majd a ganglionból kiinduló postganglionaris rostok mint *nn. ciliares breves* a m. sphincter pupillae és a m. ciliarist látják el.

A sympathicus idegek a ganglion cervicale cranialeból erednek, mint postganglionaris rostok, a plexus caroticus internus közvetítésével jutnak a ganglion ciliare-hoz, azon csupán áthaladnak és közvetlenül a m. dilatator pupillaehez térnek. (14-15. ábra)

A szemgolyó járulékos szervei (organa oculi accessoria) a szemgödör, a szemgolyó pólyái, izmai, a szemhéjak és a könnykészülék, amelyek a szemgolyót védik, működésében segítik, így közvetve a fényérzékelést szolgálják.

IRODALOMJEGYZÉK

- Anderson, B. G. – Wyman, M. (1979): Anatomy of the equine eye and orbit, histological structure and blood supply of the eyelid, J. Equine Med. Surg., 3. 4-9.
- Ashdown, R. R. – Done, S. (1988): Topographische Anatomie des Pferdes, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 46-49.
- Beaver, B. V. (1982): Equine Vision, Vet. Med., (SAC), 77. 175-178.
- Bonfig, H. (1992): Ophthalmologie in der Pferdepraxis, Veterinar Spiegel. 4. 14-21.
- Diesem, C. (1968): Gross anatomical structure of the equine and bovine orbit and its contents, Am. J. Vet. Res., 29. 1769-1781.
- Dyce, K. M. – Sack, W. O. – Wensing, C. J. G. (1991): Anatomie der Haustiere, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 509-535.
- Geest de, J. P. – Simoens, P. – Lauwers, H. – Schaepdrijver de, L. (1987): Comparative study of the iridocorneal angle in domestic animals, Acta anat., 130. 21.
- Gelatt, K. N. – Finocchio, E. J. (1970): Variations in the normal equine eye, Vet. Med., (SAC), 65. 569-574.
- König, H. E. – Liebich, H. G. (2009): Sehorgan, In: König, H. E. – Liebich, H. G. (Ed): Anatomie der Haussaugetiere, Schattauer, Stuttgart, 567-588.
- Latimer, C. A. – Wyman, M. – Diesem C. D. – Burt, J. K. (1984): Radiographic gross anatomy of the nasolacrimal duct of the horse, Am. J. Vet. Res., 45. 451-458.
- Moreno Medina, F. – Vázquez Autón, J. M. – Gil Cano, F. (1992): Atlas en color de Anatomía Veterinaria, Volumen I., Universidad de Murcia, 52-57.
- Pfeiffer, R. L. (1980): Foundations of Equine Ophthalmology, Clinical Anatomy and Physiology, Equine Pract., 1. 39-46.
- Samuelson, D. A. (1991): Ophthalmic Embryology and Anatomy. In: Gelatt, K. N. (Ed): Veterinary Ophthalmology, Lea & Febiger, Philadelphia, 3-124.
- Schaller, O. (Ed) (1992): Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 510-525.
- Schmidt, F. (1992): Zur Morphologie der Cornea beim Pferd, München, Tierarztl. Fak., Diss.,

- Seiferle E. – Böhme G.* (1992): Sehorgan, In: Nickel R. – Schummer A. – Seiferle E. (Ed): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band IV, 3, Verlag Paul Parey, Barlin und Hamburg, 410-437.
- Simoens, P. – Budras, K. D.* (2004): Das Auge; Hilfseinrichtungen des Auges, In: Budras, K. D. – Röck, S. (Ed): Atlas der Anatomie des Pferdes, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co., 40-43.
- Smith, P. J. – Samuelson, D. A. – Brooks, D. E. – Whitley, R. D.* (1986): Unconventional aqueous humor outflow of microspheres perfused into the equine eye, *Am. J. Vet. Res.*, 47, 2445-2453.
- Sótonyi P.* (2010): Anatomie und Physiologie, In: Tóth J. – Hollerieder J. – Sótonyi P. (Ed): Augenheilkunde beim Pferd, Lehrbuch und Atlas Schattauer, Stuttgart, 3-31
- Wagner, A.* (1991): Zur Morphologie des Angulus iridocornealis beim Pferd, München, Tierarztl. Fak., Diss.
- Wissdorf, H. – Otto, B. – Gerhards, H.* (2002): Nebenorgane des Auges; Augapfel
In: Wissdorf, H. – Gerhards, H. – Huskamp, B. – Deegen, E. (Ed): Praxisorientierte Anatomie und Propadeutik des Pferdes, M. & H. Schaper Alfeld (Leine), Hannover, 103-153.
- Wissdorf, H. – Lemke, C. – Kassianoff, I.* (1992): Beitrag zur Form und zum Verteilungsmuster der Traubenkörner (Granula iridica) beim Pferd, *Pferdeheilk.*, 8. 35-40.
- Zietzschmann, O.* (1912): Die Orbitalarterien des Pferdes, *Arch. Vergl. Ophth.* 3. 129-210.
- Zietzschmann, O.* (1912): Zur Vaskularisation des Bulbus und seiner Nebenorgane, *Verh. Anat. Ges.*, 26. 107-118.

Érkezett: 2015. október

Szerző címe:

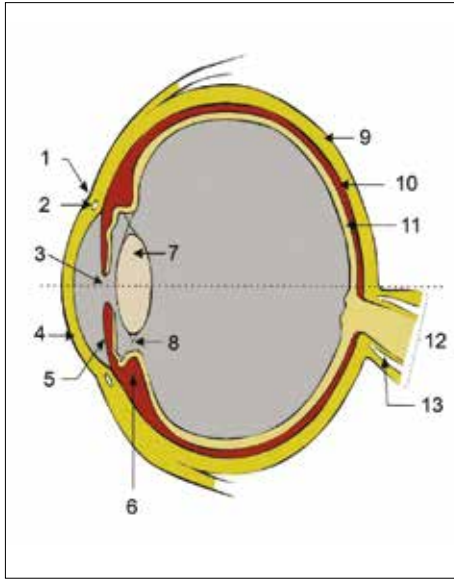
Sótonyi P.

Author's address:

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar
Faculty of Veterinary Science, Szt. István University
H-1072 Budapest, István u. 2.
sotonyi.peter@aotk.szie.hu

1. ábra A szemgolyó felépítésének sémás ábrázolása

A szaggatott vonal a szemgolyó elülső és hátsó pólusát összekötő axis bulbit jelöli. (Szél után módosítva)

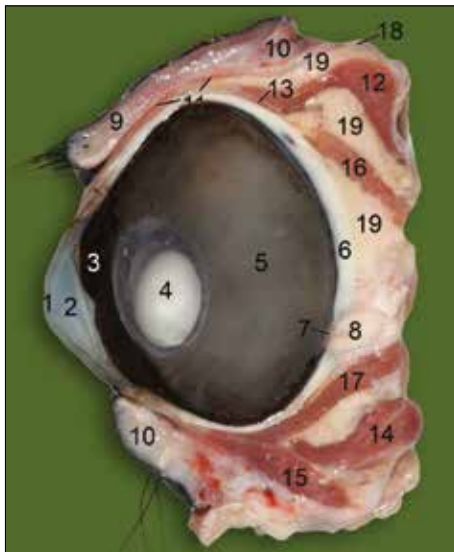


1. sulcus sclerae 2. Schlemm-féle plexus, plexus venosus sclerae 3. pupilla 4. szaruhártya, cornea 5. szivárványhártya, iris 6. sugártest, corpus ciliare 7. szemlencse, lens 8. lencsefüggesztő rostok, fibrae suspensoriae lentis (fibrae zonulares) 9. külső burok, tunica fibrosa, ínhártya, sclera 10. középső burok, tunica vasculosa, érhártya, chorioidea 11. belső burok, tunica interna, ideghártya, retina 12. látóideg, n. opticus 13. liquor tér, spatium intervaginale

Figure 1. Schematic demonstration of the structure of the eyeball. Dashed line represent the axis connecting the anterior and posterior pole of the eyeball

1. sulcus sclerae 2. Schlemm--plexus, plexus venosus sclerae 3. pupil 4. cornea 5. iris 6. corpus ciliare 7. lens 8. zonule fibers, fibrae suspensoriae lentis (fibrae zonulares) 9. tunica fibrosa, sclera 10. tunica vasculosa, chorioidea 11. tunica interna, retina 12. optic nerve, n. opticus 13. liquor space, spatium intervaginale

2. ábra Fagyasztott bal oldali szem vertikális metszete a szemhéjakkal és a szemizmokkal, medialis szemfél

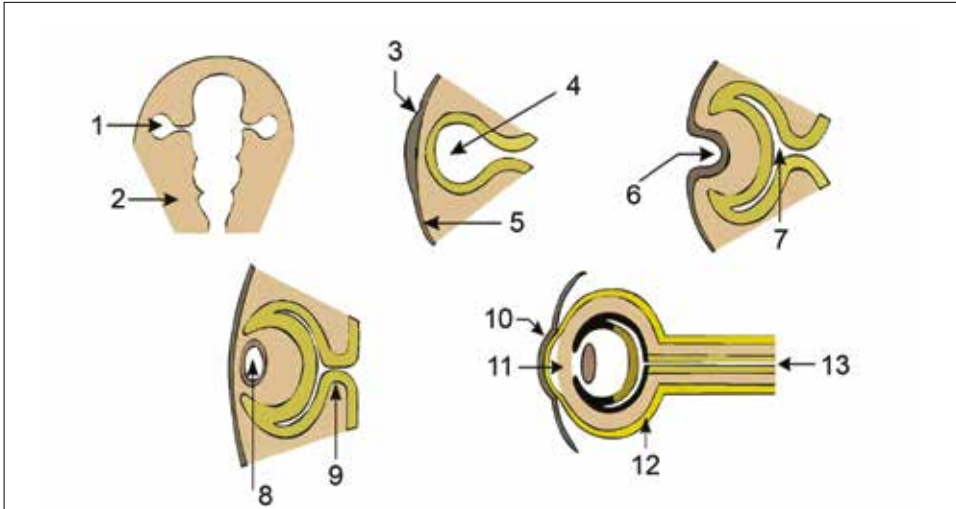


1. cornea, 2. camera bulbi, 3. iris, 4. lens, 5. corpus vitreum, 6. sclera, 7. discus n. optici 8. n. opticus (II.), 9. palpebra superior, 10. palpebra inferior, 11. m. levator palpebrae superioris, 12. m. rectus dorsalis, 13. m. obliquus dorsalis, 14. m. rectus ventralis, 15. m. obliquus ventralis, 16. m. retractor bulbi, pars dorsalis, 17. m. retractor bulbi, pars ventralis, 18. periorbita, 19. corpus adiposum intraperiorbitale

Figure 2. Vertical section of a frozen left eyeball with palpebrae and ocular muscles

1. cornea, 2. camera bulbi, 3. iris, 4. lens, 5. corpus vitreum, 6. sclera, 7. discus n. optici 8. n. opticus (II.), 9. palpebra superior, 10. palpebra inferior, 11. m. levator palpebrae superioris, 12. m. rectus dorsalis, 13. m. obliquus dorsalis, 14. m. rectus ventralis, 15. m. obliquus ventralis, 16. m. retractor bulbi, pars dorsalis, 17. m. retractor bulbi, pars ventralis, 18. periorbita, 19. corpus adiposum intraperiorbitale

3. ábra A szem fejlődése vázlatosan (Szél után módosítva)



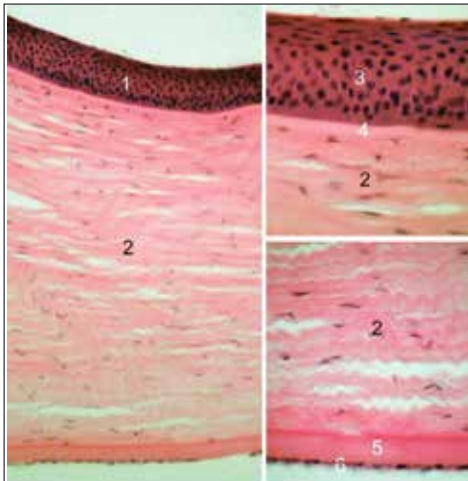
1. szemhólyag, 2. mesenchyma, 3. lencseplakód, 4. ventriculus opticus, 5. felületi ectoderma, 6. lencsegödör, 7. szemserleg, 8. lencsehólyag, 9. szemserlegnyél, 10. szaruhártya (cornea) 11. membrana pupillaris, 12. ínhártya (sclera), 13. látóideg, n. opticus,

Figure 3. Development of the eyeball (modified after Széll)

1. eye vesicle, 2. mesenchyme, 3. lens placod, 4. ventriculus opticus, 5. surface ectoderm, 6. lens pit, 7. cupula optica, 8. lens vesicle, 9. stalk of the cupula, 10. cornea, 11. membrana pupillaris, 12. sclera, 13. optic nerve

4. ábra A cornea rétegei

A cornea hám alsó felszíne nem papillázott, a stroma vastag lemezekből épül fel.

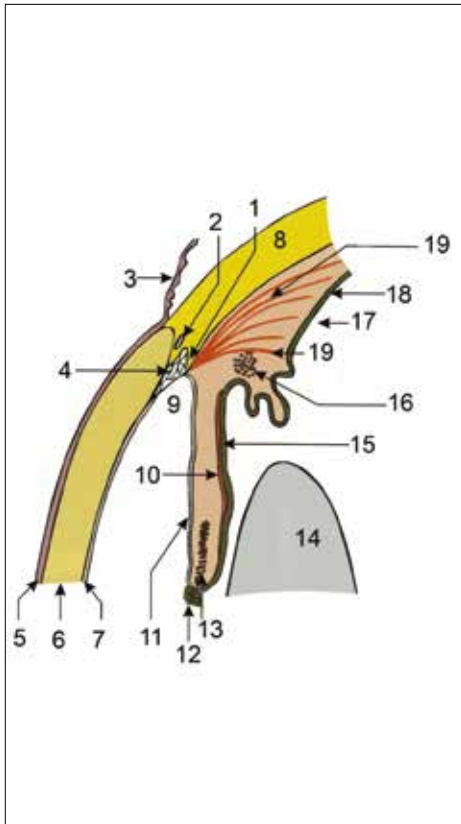


1. A cornea külső felszíne, facies anterior, 2. stroma, substantia propria, 3. A cornea elülső hámja, epithelium anterius corneae, 4. Bowmann-hártya, lamina limitans anterior, 5. Descemet-féle hártya membrana, limitans posterior, 6. cornea belső endothél rétege, endothelium corneae (endothelium camerae anterioris),

Figure 4. Layers of the cornea. Anterior epithelium has a non-papillated base, the stroma is made of thick layers

1. Anterior surface of the cornea, facies anterior, 2. stroma, substantia propria 3. Anterior epithelium of the cornea, epithelium anterius corneae, 4. Bowmann's membrane - lamina limitans anterior, 5. Descemet' membrane - membrana, limitans posterior, 6. posterior surface of the cornea lined by endothelium, endothelium corneae (endothelium camerae anterioris)

5. ábra A corneoscleralis határ képletei és a belső szemizmok (Szél után módosítva)

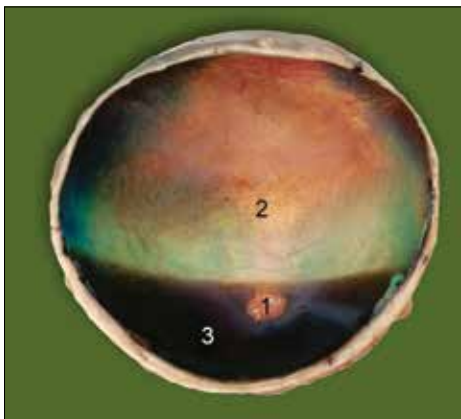


1. torus sclerae, 2. Schlemm-féle plexus, plexus venosus sclerae, 3. conjunctiva hám, 4. spongiosa sclerae, a spatia anguli iridocornealis-szal, 5. cornea hám, epithelium anterius corneae, 6. cornea stroma, substantia cornea, 7. cornea endothel, endothelium camera anterioris , 8. sclera, 9. csarnokzug, angulus iridocornealis, 10. m. dilatator pupillae, 11. iris endothel, endothelium camera anterioris, 12. granulum iridica, 13. m. sphincter pupillae, 14. lens, 15. stratum pigmenti iridis, pars iridica retinae, 16. m. ciliaris, cirkuláris rostok, 17. corpus ciliare, 18. epithelium ciliare, pars ciliaris retinae, 19. m. ciliaris, meridionalis rostok

Figure 5. Structures at the corneo-scleral border and the inner muscles of the eyeball (after Szél)

1. torus sclerae, 2. Schlemm plexus, plexus venosus sclerae, 3. conjunctival epithelium, 4. spongiosa sclerae, 5. corneal epithelium, epithelium anterius corneae, 6. corneal stroma, substantia cornea, 7. corneal endothel, endothelium camera anterioris , 8. sclera, 9. angulus iridocornealis, 10. m. dilatator pupillae, 11. iris endothel, endothelium camera anterioris, 12. granulum iridica, 13. m. sphincter pupillae, 14. lens, 15. stratum pigmenti iridis, pars iridica retinae, 16. m. ciliaris, cirkularis fibers, 17. corpus ciliare, 18. epithelium ciliare, pars ciliaris retinae, 19. m. ciliaris, meridional fibers

6. ábra Fagyasztott bal oldali szem hátulsó, proximális fele, a szem az aequatoriális sík magasságában átvágva. Előlről nézve

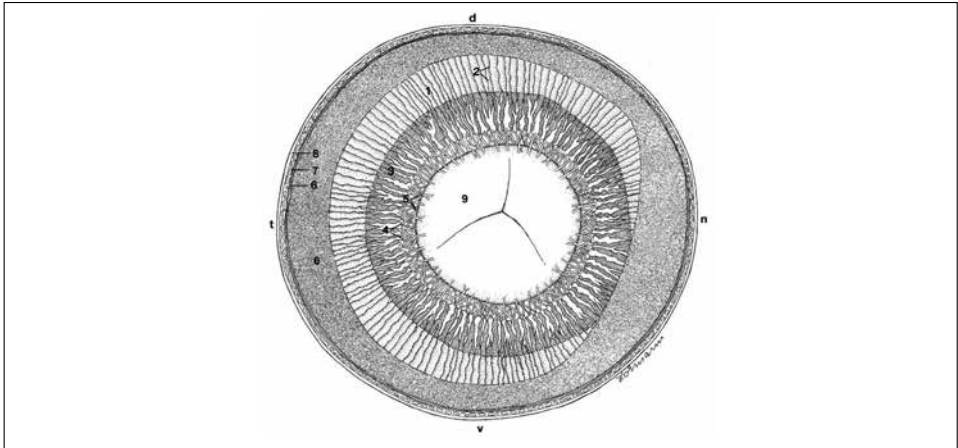


1. discus n. optici, 2. tapetum lucidum, 3. tapetum nigrum.

Figure 6. Posterior, proximal half of a frozen left eyeball (left side). The eyeball has been cut at the equatorial plane

1. discus n. optici, 2. tapetum lucidum, 3. tapetum nigrum.

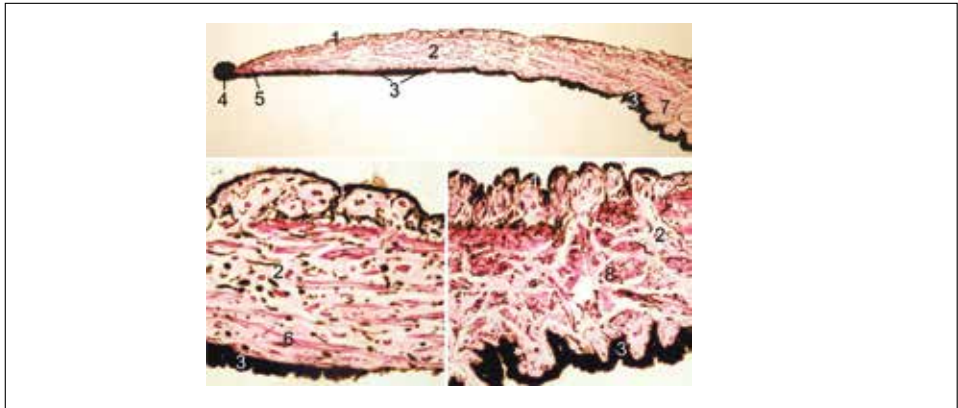
7. ábra Bal szem elülső distalis fele az aequatoriális sík magasságában átvágva. Hátról nézve. (Wissdorf, Otto, Gerhards után módosítva)



n nasal (1), t temporal (2), d dorsal (3), v ventral (4) 1. orbiculus ciliaris, 2. plicae ciliares, 3. corona ciliaris, 4. processus ciliares, 5. fibrae zonulares, 6. pars optica retinae., 7. choroidea, 8. sclera, 9. lens, az áttűnő elülső, fordított „Y” alakú lencse csillaggal, radii lentis

Figure 7. Equatorial dissection plane at the proximal half of the left eyeball. Vieweing from the back (modified after Wissdorf, Otto, Gerhards) n nasal (1), t temporal (2), d dorsal (3), v ventral (4); 1. orbiculus ciliaris, 2. plicae ciliares, 3. corona ciliaris, 4. processus ciliares, 5. fibrae zonulares, 6. pars optica retinae., 7. choroidea, 8. sclera, 9. lens with the transparent, upside-down Y shaped lens star, radii lentis

8. ábra A szivárványhártya, iris szövettani képe

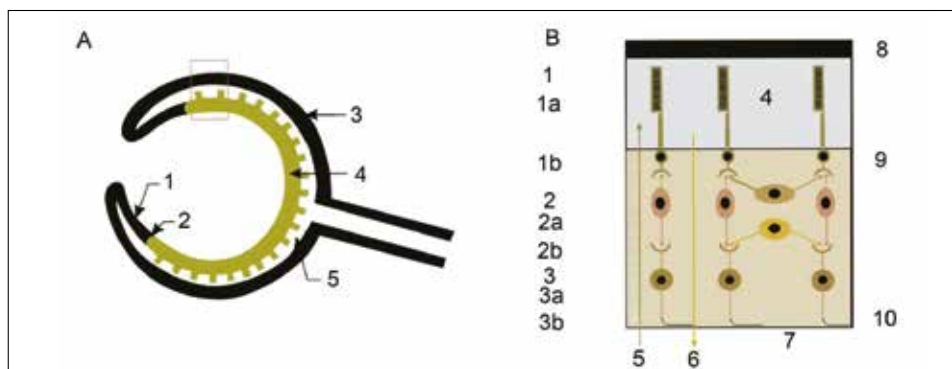


1. elülső felszínt borító hám, endothelium camerae anterioris, 2. iris váza (vascularis réteg), stroma iridis, 3. hátsó felszínt borító pigmenthám, stratum pigmenti iridis (pars iridica retinae), 4. granula iridica, 5. m. sphincter pupillae, 6. m. dilatator pupillae

Figure 8. Histological structure of the Iris

1. Epithelium covering the anterior surface, endothelium camerae anterioris, 2. core of the iris (vascular tunic), stroma iridis, 3. Pigmented epithelium covering the posterior surface of the iris, stratum pigmenti iridis (pars iridica retinae), 4. granula iridica, 5. m. sphincter pupillae, 6. m. dilatator pupillae

9. ábra A retina szerkezete a fejlődésán alapján. (Szél után módosítva)

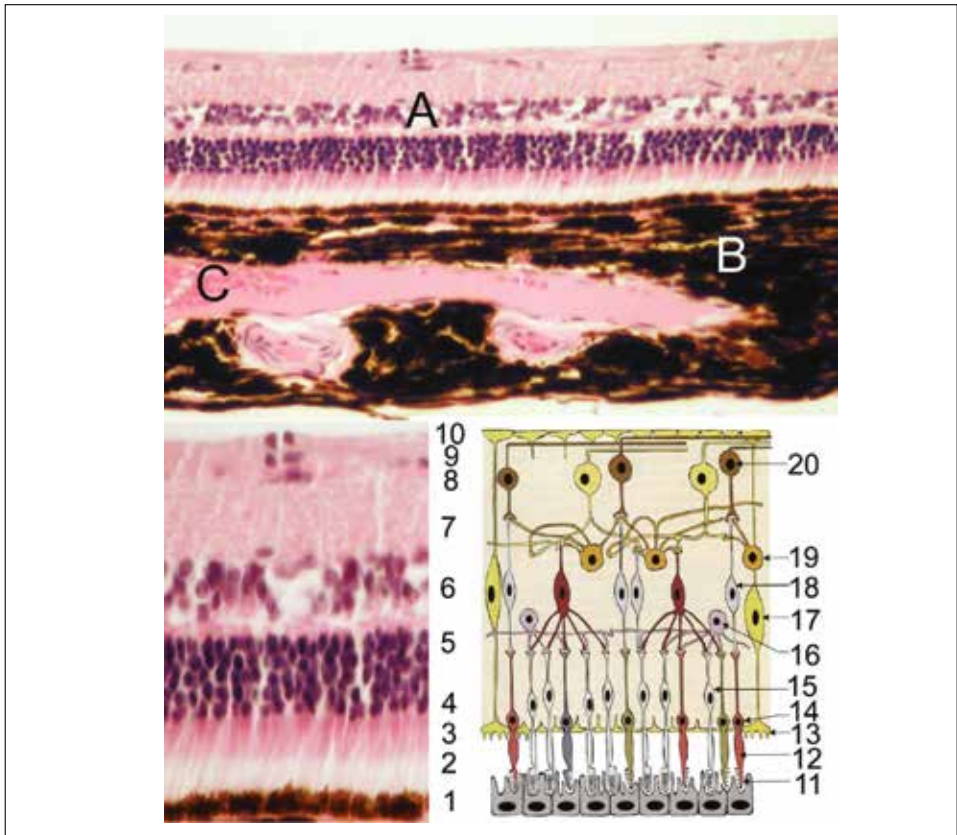


A. A szemserleg belső fala sokrétegűvé válik. A fotoreceptorok az eredeti szemhólyag üregébe nyúlnak, és a szemserleg külső falából fejlődő pigmenthám felé irányulnak. A pigmenthám egyrétegű marad. 1. pars caeca retinae, 2. ora serrata, 3. pigmenthám, 4. pars optica retinae, 5. ventriculus opticus B. ld. 10. ábra

Figure 9. Structure of the retina according to its development

A. The inner wall of the optic vesicle becomes multi-layered. Photoreceptors extend into the original lumen of the optic vesicle, and orienting themselves toward the pigment-epithelium. The latter develops from the outer wall of the optic vesicle and it remains single layered. 1. pars caeca retinae, 2. ora serrata, 3. pigment-epithelium, 4. pars optica retinae, 5. ventriculus opticus. B. see *Figure 10.* for further explanation.

10. ábra A retina felépítése, rétegei és sejtjeinek „kapcsolási rajza”

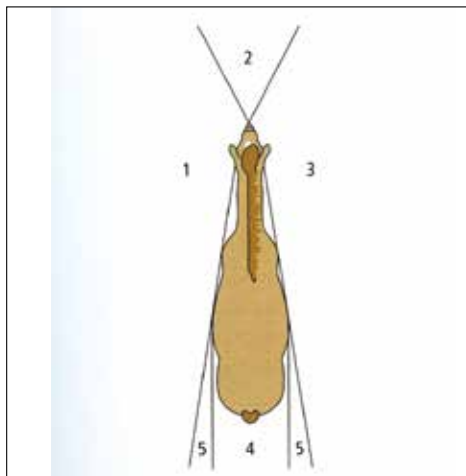


A. retina, B. choroidea, C. capillaris, Retina rétegei: 1. pigmenthám, stratum pigmentosum retinae, 2. csapok és pálcikák rétege, stratum bacillorum et conorum, 3. külső határhártya, membrana limitans externa, 4. külső szemcsés réte, stratum granulosum externum, 5. külső hálózatos (synapticus) réteg, stratum plexiforme externum, 6. belső szemcsés réteg, stratum granulosum internum, 7. belső hálózatos (synapticus) réteg, stratum plexiforme internum, 8. idegsejtek réteg, stratum ganglionare, 9. idegrostok rétege, stratum neurofibrarum, 10. belső határhártya, lamina limitans externa, Retina sejtjei: 11. kültág, 12. beltág, 13. mikrobolyhok, 14. csapsejt perikaryon, 15. pálcikasejt perikaryon, 16. horizontális sejt, 17. Müller sejt, 18. bipoláris sejt, 19. amakrin sejt, 20. ganglion sejt

Figure 10. Structure, layers and connectivity of the cells of the retina

A. retina, B. choroidea, C. capillaris, Layers of the retina: 1. pigment epithelium, stratum pigmentosum retinae, 2. layer of rods and cones, stratum bacillorum et conorum, 3. outer limiting membrane, membrana limitans externa, 4. outer granular layer, stratum granulosum externum, 5. outer plexiform layer, stratum plexiforme externum, 6. inner granular layer, stratum granulosum internum, 7. inner plexiform layer, stratum plexiforme internum, 8. layer of ganglion cells, stratum ganglionare, 9. layer of the optic nerve-fibers, stratum neurofibrarum, 10. outer limiting membrane, lamina limitans externa, Cell types of the retina: 11. outer segment, 12. inner segment, 13. microvilli, 14. cell body of a cone, 15. cell body of a rod, 16. horizontal cell, 17. Müller cell, 18. bipolar cell, 19. amacrin cell, 20. ganglion cell

11. ábra A ló horizontális látótere



1. monokuláris látás bal szemmel, 2. binokuláris látás, 3. monokuláris látás jobb szemmel, 4. vakterület, 5. perifériás látás

Figure 11. Horizontal viewfield of the horse

1. monocular vision with the left eye, 2. binocular vision, 3. monocular vision with the right eye, 4. blind spot, 5. peripheral vision

12. ábra A ló vertikális látótere

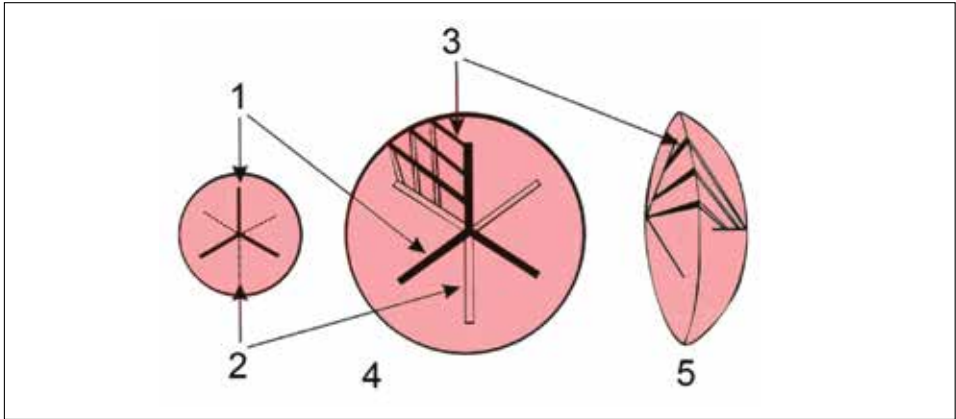


1. monokuláris látás bal szemmel, 2. binokuláris látás, 3. monokuláris látás jobb szemmel, 4. vakterület, 5. perifériás látás

Figure 12. Vertical viewfield of the horse

1. monocular vision with the left eye, 2. binocular vision, 3. monocular vision with the right eye, 4. blind spot, 5. peripheral vision

13. ábra A lencserostok és a lencsecsillag szerkezete vázlatosan

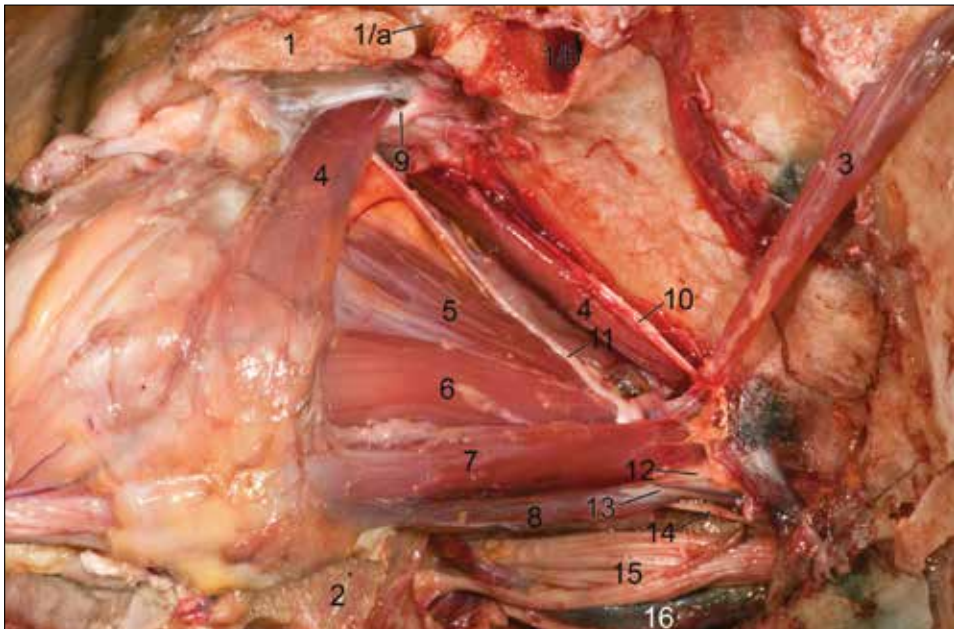


Előlnézetben (4) az előlő lencsecsillag (radii lentis) varratai folyamatos, a hátulsók szaggatott vagy üres vonalakkal vannak jelezve. A lencserostok aequator előtti szakasza folyamatos, a hátulsó része üres vonallal jelölve. (Drawing modified after Szél), 1. előlő lencsecsillag, 2. hátsó lencsecsillag, 3. lencserostok, 4. előlnézet, 5. oldalnézet

Figure 13. Diagram showing the direction and arrangement of the radiating lines and lens fibers

From frontal view (4) the anterior radiating lines (radii lentis) are indicated in solid, the posterior in dashed/empty lines. The lens fibers located frontal to the equator are indicated by solid lines, the posterior fibers are by empty lines. (Drawing modified after Szél), 1. anterior radiating lines, 2. posterior radiating lines, 3. lens fibers, 4. frontal view, 5. lateral view

14. ábra A szemgolyó izmai és idegei, a *m. levator palpebrae superioris* elemelése után. Dorsolaterális nézet.

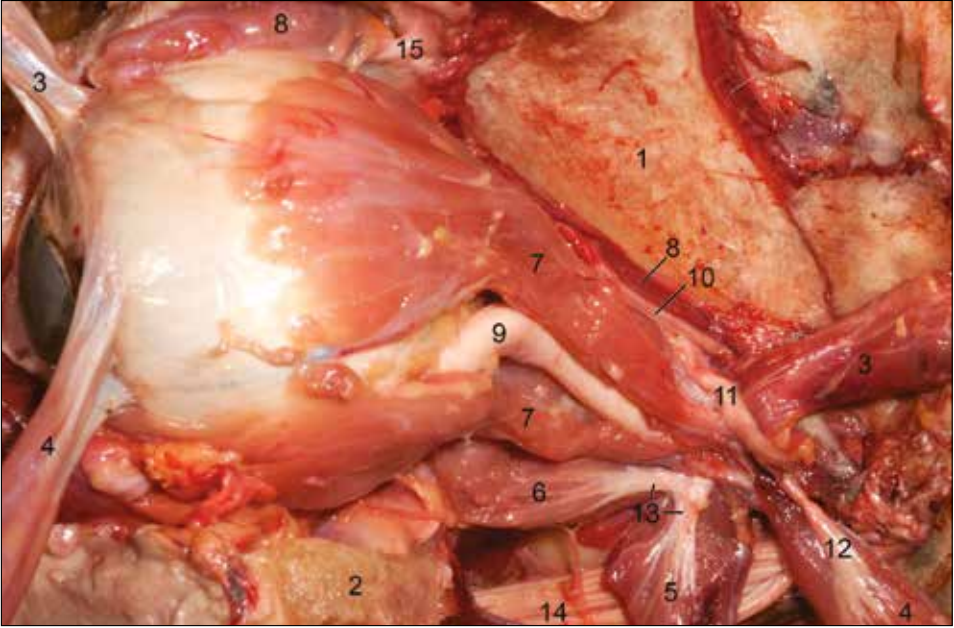


1. proc. zygomaticus ossis temporalis, 1/a. foramen supraorbitale, 1/b. sinus frontalis, 2. os zygomaticum, 3. *m. levator palpebrae superioris* elemelve, 4. *m. obliquus dorsalis*, 5. *m. rectus medialis*, 6. *m. retractor bulbi*, 7. *m. rectus dorsalis*, 8. *m. rectus lateralis*, 9. trochlea, 10. n. trochlearis (IV.), 11. n. infratrochlearis (n. nasociliaris, V/1.), 12. n. oculomotorius (III.), 13. n. abducens (VI.), 14. n. zygomaticofacialis (n. zygomaticus, V/2.), 15. n. maxillaris (V/2.), 16. a. maxillaris.

Figure 14. Dorsolateral view of the muscles and nerves of the eyeball after lifting the m. levator palpebrae

1. proc. zygomaticus ossis temporalis, 1/a. foramen supraorbitale, 1/b. sinus frontalis, 2. os zygomaticum, 3. *m. levator palpebrae superioris* elemelve, 4. *m. obliquus dorsalis*, 5. *m. rectus medialis*, 6. *m. retractor bulbi*, 7. *m. rectus dorsalis*, 8. *m. rectus lateralis*, 9. trochlea, 10. n. trochlearis (IV.), 11. n. infratrochlearis (n. nasociliaris, V/1.), 12. n. oculomotorius (III.), 13. n. abducens (VI.), 14. n. zygomaticofacialis (n. zygomaticus, V/2.), 15. n. maxillaris (V/2.), 16. a. maxillaris.

15. ábra A szemgolyó izmai és idegei, a felső, külső, alsó egyenes szemizmok átvágását és elemelését követően, és a n. opticus feltárását követően. Dorsolateralis nézet



1. lamina orbitalis ossis frontalis, 2. os zygomaticum, 3. m. rectus dorsalis, 4. m. rectus lateralis, 5. m. rectus ventralis, 6. m. rectus medialis, 7. m. retractor bulbi, 8. m. obliquus dorsalis, 9. n. opticus (II.), 10. n. trochlearis (IV.), 11. n. infratrochlearis (n. nasociliaris, V/1.), 12. n. abducens (VI.), 13. n. oculomotorius (III.), 14. n. maxillaris (V/2.), 15. trochlea

Figure 15. Dorsolateral view of the muscles and nerves of the eyeball after removing and lifting the upper, outer and lower muscles and exposing the nervus opticus

1. lamina orbitalis ossis frontalis, 2. os zygomaticum, 3. m. rectus dorsalis, 4. m. rectus lateralis, 5. m. rectus ventralis, 6. m. rectus medialis, 7. m. retractor bulbi, 8. m. obliquus dorsalis, 9. n. opticus (II.), 10. n. trochlearis (IV.), 11. n. infratrochlearis (n. nasociliaris, V/1.), 12. n. abducens (VI.), 13. n. oculomotorius (III.), 14. n. maxillaris (V/2.), 15. trochlea

A FÉNY SZEREPE A NŐIVARÚ ÁLLATOK SZAPORODÁSÁBAN

MÁRTON ALÍZ – PÁL LÁSZLÓ – BARTOS ÁDÁM - HUSVÉTH FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A föld forgástengelye a napkörüli keringés síkjával kb. 66,5 fokos szöget zár be. Ez a mérsékelt égövi zónákban évszakok kialakulását eredményezte, amelyek alkalmával a megvilágított és a sötét napszakok hossza a naptári év folyamán rendszeresen változik. Ezt a változást nevezzük fotoperiódusnak. A fotoperiódus eredményeként legtöbb állatfaj szezonálitást mutat a szaporodásban. Attól függően, hogy az állatok az év melyik szakaszában mutatnak szexuális aktivitást, rövidnappalos és hosszúnappalos tenyésztési időszakokkal rendelkező állatokat szokás megkülönböztetni. Az előzőre a juh, a kecske és a szarvas fajok, az utóbbira pedig a ló a legjobb példa. Az itt közölt publikáció a fotoperiódus hatását mutatja be a nőivarú állatok szaporodására. Először a retina és a hypothalamus közötti tengely élettani funkciója kerül bemutatásra, amelyben a szem által érzékelt fényjelek idegi pályák közvetítésével változásokat eredményeznek a tobozmirigy melatonin szekréciójában. Ezt követően a melatonin szabályozó hatásának átvitelét tárgyalja a hipofízis – gonáda tengelyre, amelyen keresztül a reprodukciós folyamatok regulációja történik. A tanulmány utolsó része a mesterséges fénykiegészítések lehetőségét tárgyalja, annak érdekében, hogy bizonyos háziállat fajok esetében a természetes szezonnak számító időszakon kívül is tenyésztést lehessen folytatni.

SUMMARY

Márton, A. – Pál, L. – Bartos, Á. – Husvéth, F.: EFFECTS OF LIGHT ON THE REPRODUCTION OF FEMALE ANIMALS

The earth's rotation axis makes an angle of about 66.5 degrees with the plane of its orbit around the sun. This results in different seasons on the temperate zones when sun illuminates the earth for different durations. This is called photoperiod. Photoperiod causes that many animal species display a seasonal pattern of reproduction. Depending on the time of year when they are sexually active, species are characterized as short-day breeders, for instance sheep, goat and deer, or long-day breeders, for instance horses. This paper discusses the role of photoperiod in the adaptation of female reproduction. At first the physiological functions of *retinohypothalamic tract* are shown, where the light signals transmitted to neuroendocrine signals resulting changes in melatonin secretion profile changes in pineal gland. Then, the transmission of melatonin regulation to the pituitary – gonad axis is discussed. The last chapter of the paper shows the possibility of artificial light programs in the manipulation of female (mare, ewe) reproduction resulting in an effective *out-of-season* breeding of these animals.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az élőlények esetében az egyed és a faj fenntartása szempontjából fontos szerepet játszik a környezetükhöz való alkalmazkodás. Azoknak az egyedeknek és fajoknak, amelyek ezt a képességet nem, vagy csak kisebb hatékonysággal tudják gyakorolni, nagy esélyük van arra, hogy kipusztulnak a földi életközösségből. Ennek eredményeként, a földi élet megjelenését követően számítandó földtörténet során jelentős számú faj tűnt el. Egy-egy nagyobb környezeti változás a földi életközösség alapvető átrendeződését eredményezte. A környezeti alkalmazkodást tekintve a növény és állatvilágon belül fontos szerepet tölt be a fényhez, vagy másképpen a megvilágított és sötét napszakokhoz történő alkalmazkodás. Egy napon belül a két szakasz szabályosan változik, amely változás az állatok életfolyamataiban jelentős különbségeket eredményez. A megvilágított és sötét napszakok változásából adódó élettani ritmus *cirkadiannak* nevezzük (a szó a latin eredetű *circa*=körülbelül, és a *dies*=nap szavak összevonásából ered). Az ehhez kapcsolódó szabályozó rendszert népi nyelven a szervezet biológiai órájának is szokás nevezni, és fontos szerepet tölt be számos élettani folyamat, mint pl. a táplálkozási séma meghatározásban, a fizikai aktivitás változásában, az alapanyagcsere, ezen keresztül a hőtermelés szabályozásában és az egész neurohormonális rendszer működésében. A szaporodásbiológiai funkciók regulációjában úgy tűnik azonban, hogy nincs különösebb jelentősége. A fényviszonyok éves változása ugyanakkor meghatározó szerepet játszik a reprodukcióban. A *foto periódus*, az-az a világos és a sötét napszakok változása legtöbb állat szaporodásbiológiai funkciójának meghatározó eleme. A reprodukciós folyamatok alkalmazkodását a fotoperiódushoz *cirkannuális* (kb. egyéves; *annualis*=egyévi) ritmusnak nevezzük.

Az évszakonkénti fényviszonyok állandósult változásának oka abban keresendő, hogy a Nap körül keringő Föld tengelye a keringés síkjára $66,5^\circ$ -os szöget zár be. Bolygónk keringése folyamán ezt a szöget nem változtatja, mindig ugyanabba az irányba mutat. Ennek megfelelően a napi megvilágítás időszaka az év folyamán különbözik; hol rövidebb, hol hosszabb. Az északi féltekén leg-rövidebbek (kb. 8 óra) a nappalok a téli napforduló idején, december 22-én, majd a megvilágított időszak fokozatosan növekszik, és március 21-én beáll a tavaszi nap-éj egyenlőség, amikor a megvilágított (L) és a sötét (D) napszak aránya megegyezik. Tovább haladva az év folyamán a megvilágított napszak hossza június 22-ig, a nyári napforduló idejéig tovább növekszik. Az északi féltekén ekkor leghosszabbak a nappalok (kb. 16 óra). Ezt követően a megvilágított napszakok hossza elkezdi rövidülni, szeptember 22-én pedig bekövetkezik az őszi nap-éj egyenlőség, majd a csökkenés tovább tart egészen december 21-ig. Az Egyenlítő tájékán, amiért a nap sugárzása a föld felszínére az év folyamán mindig ugyanolyan szögben történik, a megvilágított és sötét napszakok hossza egyenlő és az egész év folyamán nem változik. Az előzőekben leírtak szerint ugyanakkor a déli féltekén a fényviszonyok éves változása éppen ellentétes irányban következik be, mint az északi féltekén.

Az állatvilág szaporodásbiológiai ciklusa szorosan alkalmazkodik az előzőekben említett fotoperiódushoz. Ennek az élettani jelenségnek a fő oka az, hogy az anyaállatok igyekeznek akkor világra hozni az újszülötteiket, amikor azok túl-

élésére a legnagyobb az esély. A tavaszi hónapokban, a természet gazdagon kínálja a táplálékot, és a hőmérsékleti viszonyok is a legkedvezőbbek a túlélésre. Ennek megfelelően legtöbb állatfaj anyaegyede tavaszra, az északi féltekén általában az áprilisi – májusi időszakra időzíti az újszülöttek világrahozatalát. Ha a vemhességi idő 5-9 hónapos időszakra terjed, akkor ezt úgy érhetik el, hogy a petefészkek működését az őszi időszakra aktiválják (hozzák ciklusba), amikor a megvilágított napszakok hossza csökken. A termékenyülést követően így nagy esély van arra, hogy az újszülöttek világrahozatala a tavaszi időszakra esik. Ezeket az állatokat szaporodásbiológiai szempontból rövidnappalos állatoknak nevezzük. A hosszabb vemhességi idővel rendelkező állatok, pl. a ló esetében ez a stratégia nem működik. A tavaszi ellés időszakát csak úgy tudják fenntartani, ha a termékenyülést is a tavaszi időszakra időzítik. Ennek megfelelően a petefé-

1. ábra Az állatok szezonálisát mutató ivari ciklusok alakulása a vérplazma ösztadiol (E_2) profilja alapján (Senger, 2003)

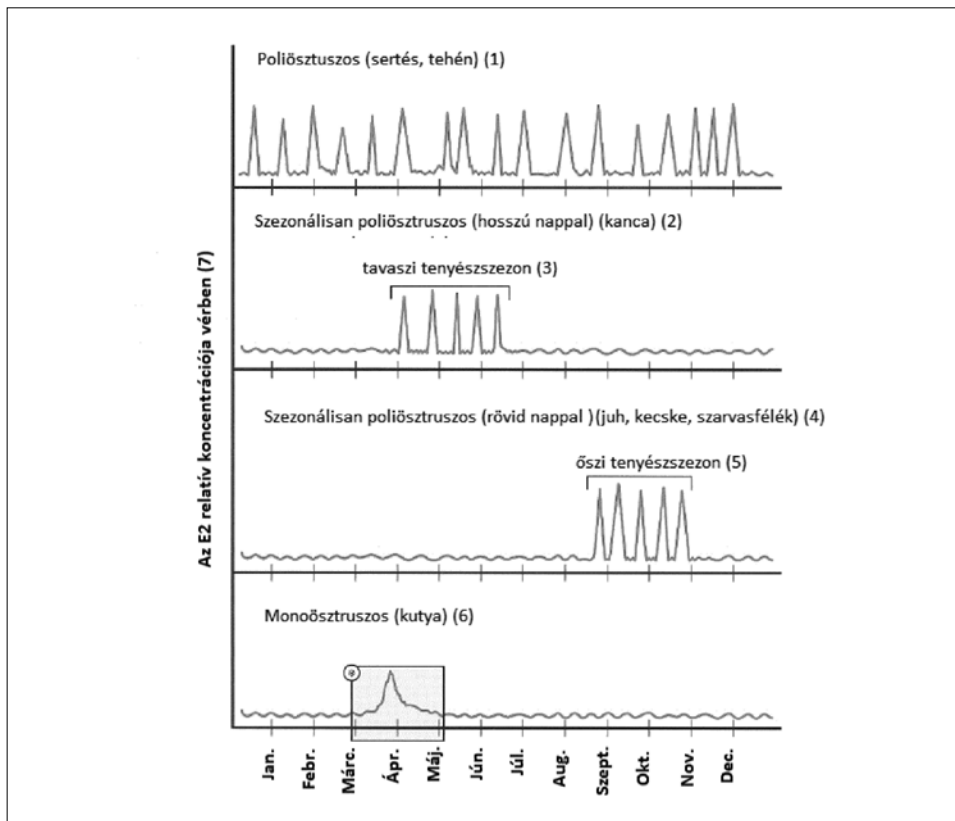


Figure 1. Types of estrous cycles in animals changing by the season as reflected by annual estradiol (E_2) profiles (Senger, 2003)

polyestrus (Pig, cow) (1); seasonal polyestrus (Long Day) (Mare) (2); spring breeding season (3); seasonal polyestrus (Short Day) (Sheep, goat, deer) (4); autumn breeding season (5); Monoestrus (Dog) (6); relative blood concentration of E_2 (7)

szek ciklusba lendülése akkor következik be, amikor a megvilágított napszakok hossza növekszik. Ezért ezeket a fajokat hosszúnappalos állatoknak nevezzük. A fotóperiódushoz való alkalmazkodást így a természethez való alkalmazkodás „csodálatos szinkronjának” is felfoghatjuk. A fotóperiódushoz való alkalmazkodás az állatokban a retina – hypothalamus – hipofízis – gonád tengelyen keresztül egy bonyolult neurohormonális szabályozás segítségével valósul meg.

A fotóperiódus és a reprodukció összefüggései

A szezonálisan szaporodó állatok esetében a fotóperiódushoz igazodva a petefészek működésében két időszakot lehet megkülönböztetni. A szaporodási időszakban a petefészek ciklusba lendül (*ciklusossá válik*). Az ovulációs felületen tüszőérés folyik, amely eredményeként szabályos időközönként érett tüszők fejlődnek ki, amelyet ivarzás (ösztusz) kísér. Ezt követően a petefészek nyugalmi állapotba kerül, *acikliássá válik*. Ezt az időszakot *anösztuszos* időszaknak nevezzük, amikor az állat szaporodási folyamatokra nem képes. A szaporodási időszak kezdetén legtöbb állat esetében egy átmeneti periódus, *tranzíciós* időszak alakul ki, amikor a petefészek felületén megkezdődik a tüszőfejlődés, de még ovulációra és érett petesejt termelésére alkalmas domináns tüsző nem jön létre.

A szaporodás fotóperiódushoz történő alkalmazkodását tekintve négyféle állatcsoportot lehet megkülönböztetni (1. ábra). A szezonálisan poliösztuszos állatok szaporodási időszaka a naptári év bizonyos szakaszára korlátozódik, de ebben az időszakban több ivarzási ciklus alakul ki. Ezek közül a hosszúnappalos állatok (kanca) petefészke tavasz folyamán lendül ciklusba és több ivari ciklust tartalmazva általában júliusig, a nyári napforduló idejéig tart. Ezzel szemben a rövidnappalos állatok (juh, kecske, szarvasfélék) nőivarú egyedeinek petefészke akkor kezd aktiválódni, amikor a megvilágított napszak hossza csökkenő tendenciát mutat, és több ivari ciklus kíséretében általában a téli hónapok kezdetéig tart. A harmadik csoportot a szezonálisan monoösztuszos állatok (kuty, farkas, róka, medve) alkotják. Ezen állatok szaporodási időszaka a tavaszi időszakra korlátozódik. Általában egy ivari ciklus fejlődik ki, a biztonságosabb termékenyülés érdekében azonban az ivari ciklus és az ösztusz hosszabb ideig tart. Az ember tenyésztőmunkája, közöttük a szaporaságra történő szelekció azt eredményezte, hogy bizonyos háziállatfajok (sertés, szarvasmarha) elvesztették a fotóperiódushoz való alkalmazkodás képességét. Ezek a fajok az egész naptári év folyamán tenyészthetők. Nőivarú egyedeinek petefészke az egész évben alkalmas ciklust indítani, ezért ezeket az állatokat szезontól függetlenül ivarzó, poliösztuszos állatoknak tartjuk.

A szezonálisan szaporodó állatok fajtái között jelentős különbségek lehetnek a szaporítási (tenyész-) időszak hosszát tekintve. A rövidnappalos juh faj esetében pl. az angol suffolk és hampshire ivari ciklusai az őszi évszakban rövidebb időszakra korlátozódik (tipikusan szezonálisan ivarzó), ugyanakkor pl. a dorset, a raombuillet, a lacoune fajták esetében az év jóval hosszabb időszakára terjed ki a tenyészszézon.

A fotoperiódushoz való alkalmazkodás élettani alapjai

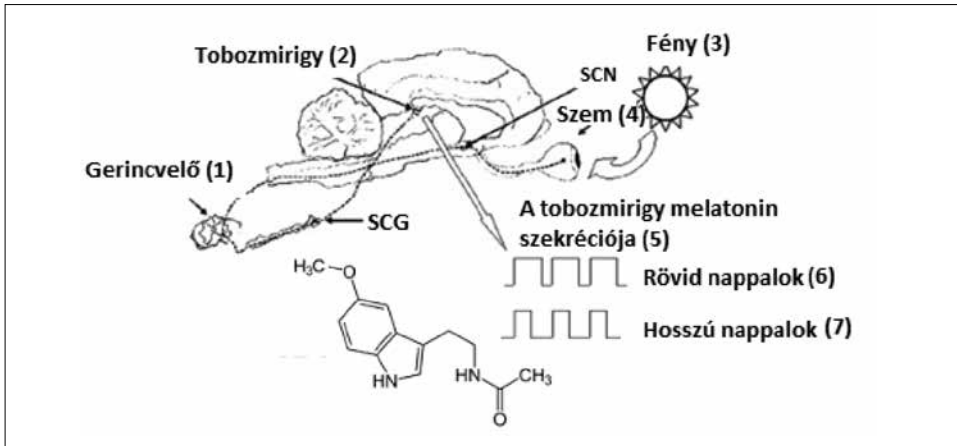
A fotoperiódushoz történő alkalmazkodást bonyolult élettani folyamatok egy-behangolt rendszere képezi. Egyszerűen fogalmazva a szem retinája érzékelve a fényt az idegpályákon keresztül információkat küld az endokrin rendszer bizonyos egységeinek, azok pedig hormonális úton befolyásolják az ivarmirigyek működését. A fotoadaptációnak három fontos élettani funkciója ismert: (i) a fényreflexen keresztül a pupilla szűkítése a retina védelme érdekében (ii) a neuroendokrin funkciók közvetlen modulációja (iii) a cirkadián és cirkannualis ritmus fenntartása (*Naiak és mtsai, 2007*). Az emlősökben a fény, ezen keresztül a fotoperiódus érzékelésében egy retina – tobozmirigy tengely működik, amely a fotoadaptáció meghatározó részét képezi.

Az emlősök szemében lévő retina egy fényérzékeny receptorokban gazdag terület. A látásban szerepet játszó csapok és pálcikák funkcióinak elvesztése (vakság) sem eredményezi azt, hogy a szem elveszítené fotoreceptivitását; a szervezet a cirkadián valamint cirkannualis ritmusa nem szűnik meg. A szemgolyó kétoldali eltávolítása ugyanakkor azok teljes megszűnését eredményezi. Ez arra enged következtetni, hogy a szemben olyan fotoreceptorok is léteznek, amelyek függetlenek a pálcikáktól és a csapoktól. *Hattar és mtsai (2002)* beszámolnak arról, hogy a retina azon ganglionjai, amelyek a szuprakiazmatikus mag(vak) (SCN) felé irányulnak, tartalmaznak egy opszin jellegű fehérjét, amelyet *melanopsin*-nak neveztek el. Az SCN felé irányuló ezen közvetlen összeköttetést *retino-hypothalamo tractus* (RTH) néven említjük, és az valamennyi emlős fajban megtalálható. Előzőeknek megfelelően a melanopszint tartalmazó idegrostok foto (fény) információkat küldenek az SCN-be, ahol a fényviszonyokhoz történő alkalmazkodás vezérlése folyik. Ez a fotoregulációs út azt eredményezi, hogy pálcák és csapok hiányából fakadó vakság esetén is képesek az állatok alkalmazkodni az eltérő fényviszonyokhoz, az-az a fotoperiódushoz (*Sharp, 2011*).

Az SCN-ből a fényvel kapcsolatos információkat olyan idegrostok szállítják tovább, amelyek keresztülhaladnak a hypothalamus *nucleus supraopticus*-án és a középagy kötegein, majd kilépnek az agyból, belépnek a gerincvelőbe és az állkapocs caudalis határánál, a közös fejek (a. *carotis comm.*) magasságában társulnak a felső nyaki ideg (*n. superior cervicalis*) preganglionális rostjaihoz. A felső nyaki ideg postganglionaris rostjai visszakerülnek az agyba, ahol *terminalis axon-ként* a tobozmirigyhez futnak. Amennyiben az előzőekben leírt összeköttetés a retina és a tobozmirigy között megszűnik, az állatok elveszítik alkalmazkodó képességüket a fényviszonyok változásához. Amennyiben pl. a ló esetében a gerincvelő az 1-6. csigolya között megsérül, megszűnik a melatonin szekréció a tobozmirigyben (*Sharp, 2011*), amelyet feltétlenül követ a szezonális szaporodási ritmus elmaradása. Emberekben ugyanakkor az alvási – ébrenléti ritmus károsodása jelentkezik (*Sheer és mtsai, 2006*).

A tobozmirigy (*gl. pinealis*) a harmadik agyvelőkamra tetejének caudalis részén elhelyezkedő belső elválasztású mirigy (2. *ábra*). Súlya felnőtt (9-24 hónapos) anyajuhokban 60-80 mg között változik (*Brunet és mtsai, 2002; Redondo és mtsai, 2003*), hormonja a melatonin. A mirigy parenchymájában a hormont szekretáló *pinealocyták* és gliasejtek találhatóak. A pinealocyták száma és összetérfogata jelentős mértékben meghatározza a szintézis intenzitását, ezen keresztül a vér

2. ábra A fotoperiódus szabályozó hatása a melatonin szekrécióra a tobozmirigyben; a szem és az agy sagittális nézetének vázlatos rajza (Ungerfeld és Bielli, 2015)



SCN = szuprakiasmikus magvak; SCG = az SCN posztganglionális rostjai, az információt a gerincvelő elülső nyaki ideg rostjaihoz szállítják, amely idegi pályákat juttat a tobozmirigyhez
 SCN = suprachiasmatic nuclei; SCG = Postganglionic spinal neurons sending neural paths to pineal gland.

Figure 2. Regulation of pineal gland melatonin secretion by photoperiod: schematic sagittal view of a sheep's eye and brain (Ungerfeld and Bielli, 2015)

spinal cord (1); pineal gland (2); light (3); eye (4); melatonin secretion by Pineal gland (5); short days (6); long days (7)

melatonin koncentrációját (Brunet és mtsai, 2002). Öregebb anyák esetében a pinealocyták száma csökken és a sejtek között kalcium szemcsék jelennek meg, majd idővel az egész mirigy kalcifikálódik (Forcada és mtsai, 2007).

A melatonin termelésének szoros cirkadian ritmusa van. A szintézis triptofánból indul ki, amely szerotoninná alakul. A reakciók eddig a világos napszakokban is folynak, a melatonin szintézis további lépései ugyanakkor csak a sötét napszakokban mehetnek végbe (3. ábra). Ennek megfelelően a hormon vérplazma koncentrációi is cirkadián változásokat mutatnak, plazma szintjük az éjszakai órákban (scotophasis) érthetően magasabb (4. ábra).

Az éjszakai melatonin csúcsok méretét a szintézisnél ütem-meghatározó enzim, a N-acetiltranszferáz (AA-NATZ) aktivitásának mértéke határozza meg, amelyet az SCN-ből érkező oszcilláló hullámok szabályoznak. Ilyen módon a retina ganglion sejtjei és a melanopszin az SCN felé közvetíti a környezet fényviszonyainak változásait. Az SCN a tobozmirigy melatonin szekréciójának változtatásán keresztül az állatok alkalmazkodását teszi lehetővé a fotoperiódushoz. Spesser és mtsai (2006) bizonyították, hogy az AA-NAT és más olyan tobozmirigy működéséhez kapcsolódó gének (Per 1, Per 2 gének), amelyek ciklikus-AMP szintézist indukálnak, memorizálhatják az adott évi, vagy korábbi fotoperiódusokat. Ez azt jelenti, hogy az SCN, mint karmester egység raktározza a fotoperiódus azon információit, amelyek a napi melatonin szekréciós profil változásaiban manifesztálódnak. Ennek eredményeként, a melatonin szekréció ritmikus válto-

3. ábra A pinealocitákban folyó melatonin szintézis vázlatja. A nap és a hold szimbóluma azt a napszakot mutatja, amikor a szintézis adott lépései folyhatnak

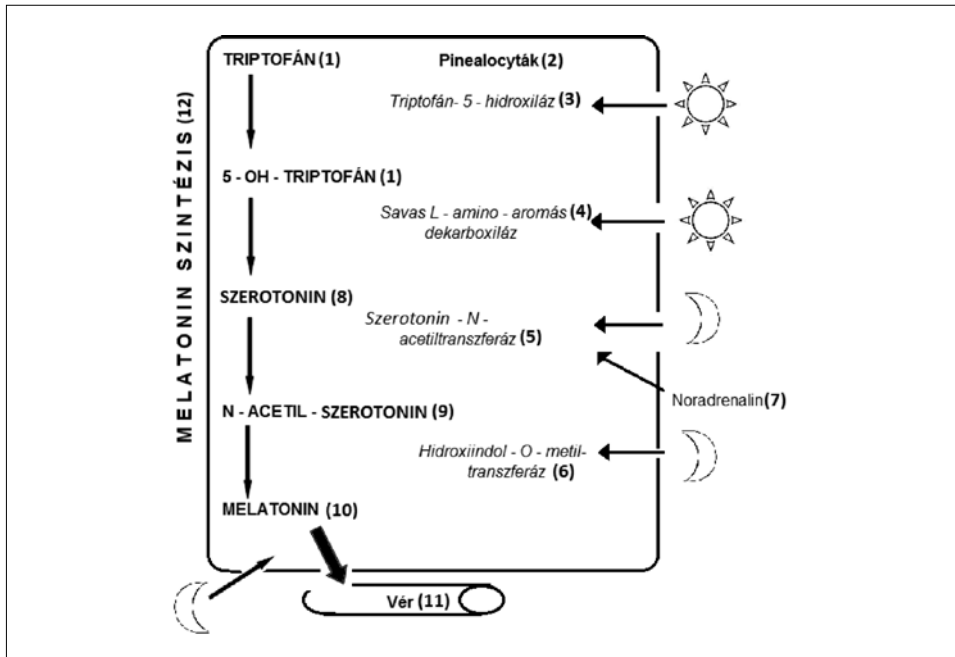


Figure 3. Melatonin biosynthesis pathway in pineal gland. Symbols of sun or moon shows the time of reactions restricted to light or dark periods, respectively

tryptophan (1); pinealocytes (2); tryptophan-5-hydroxylase (3); acid L-amino-aromatic-decarboxylase (4); serotonin-N-acetyltransferase (5); hydroxyindole-O-methyl-transferase (6); Noradrenaline (7); serotonin (8); N-acetyl-serotonin (9); melatonin (10); blood (11); melatonin synthesis (12)

zása akkor is megmarad, ha az állat konstans körülmények közé, pl. állandó sötétperiódusba kerül. *Rollag és Niswender* (1976) kísérleteinek tapasztalatai szerint, ha a juhokat állandó megvilágítási körülmények közé helyezik, a melatonin szintézis ritmikus változásai megszűnnek. Állandó sötétben tartás során ugyanakkor a melatonin szintézis ritmusa megmarad, bár annak mértéke csökken. *Sharp* (2011) olyan vizsgálat eredményeit összegzi, amelyet egy éven keresztül végeztek kancákkal, és havonta egy 24 órás perióduson keresztül mérték a perifériás vér melatonin koncentrációit. A sötét periódusban mért melatonin koncentráció növekedések egybeestek a napnyugta időpontjával, és pozitív összefüggést mutattak az éjszaka hosszával. Téli időszakban ugyanakkor az átlagos éjszakai melatonin koncentráció nagyobb volt, mint a nyári időszak éjszakai átlagos melatonin koncentrációja.

A fentebb bemutatott eredmények azt mutatják, hogy a fotoperiódushoz történő alkalmazkodásban a RTH közvetítésével a tobozmirigy fontos szerepet tölt be. A mirigy által termelt melatonin szekréciója a fotóritmusnak megfelelően változik, azáltal, hogy a szekréció az éjszakai órákra lokalizálódik. Ez a változás a

4. ábra A melatonin koncentrációk alakulása kancában egy 24-órás napi periódus folyamán (Sharp, 2011)

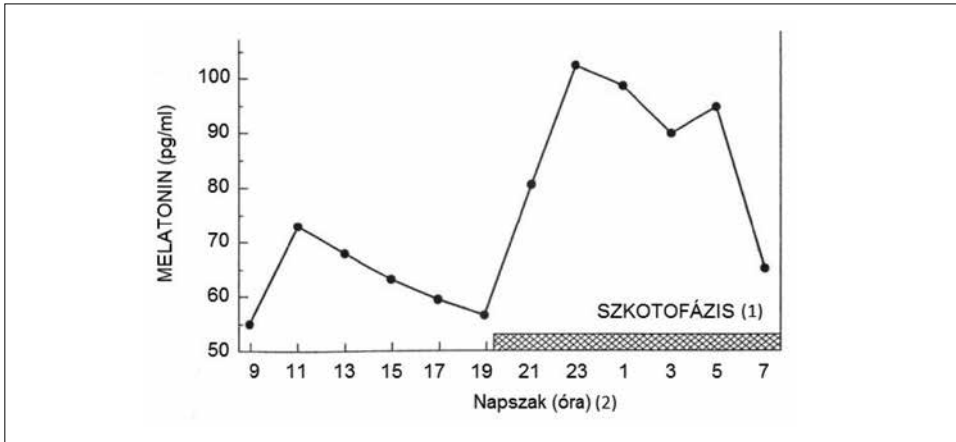


Figure 4. Melatonin concentrations in peripheral plasma throughout a 24-hour period in mare (Sharp, 2011)

scotophase (1); time of day (hour) (2)

nőivarú állatokban nemcsak a cirkadián ritmus változásában, hanem az éves fotoperiódushoz való alkalmazkodásban (cirkannualis ritmus) is megnyilvánul.

A madarakban a tobozmirigy által termelt melatoninnak nincs különösebb hatása a reprodukció koordinálásában, annak érdekében, hogy az utódok a túlélés szempontjából a legkedvezőbb időszakban szülessenek. Ezekben az állatokban a melatonin cirkadián ritmusa a költési folyamat (kötés) megindításában és a vándorlás időszakának szabályozásában játszik szerepet. Ezen túl az immunfunkciók szezonális szabályozásában és az elülső agyban lévő éneklőközpontok befolyásolásában van szerepe (Bentley, 2001). A szezonális szaporodással rendelkező madarak reprodukciójának alkalmazkodását a fotoperiódushoz olyan fotóreceptorok szabályozzák, amelyek mélyen az agyban helyezkednek el. A fényingerek a hypothalamus részét képező szervben a *paraventricularis szervben* (PVNO) egy biológiai órát működtetnek (Sharp, 2006). A PVNO serkenti a hipofízisben a TSH hormon szekrécióját, amely eredményeként fokozódik a pajzsmirigy hormon termelése. A 3. agykamra ventro-medialis falában speciális sejtek, *ependymális* sejtek (*tanocyták*) vannak, amelyekben a hosszú nappalok egy olyan mRNS szintézisét kezdeményezik, amely egy kettes-típusú dehidrogénáz (DIO_2) termelését eredményezi. Ez az enzim a T_4 -ből történő T_3 hormon képződését katalizálja. A T_3 hatására fokozódik a GnRH szekréció a hypothalamusban, amely az FSH és LH hormonok szekréciójának serkentésén keresztül a szaporodási ciklus beindulását eredményezi. A nappalok rövidülésének eredményeként ugyanakkor egy olyan gén expressziója válik uralkodóvá, amely a DIO_3 enzim termelődését váltja ki, amely a T_3 hormont inaktíválja, vagy annak termelődését megakadályozza, így a GnRH szekréció stimulusa elmarad. A fotoperiódus így a szezonálisan szaporodó madarak esetében egy biológiai óra alapján vezényelt DIO_2/DIO_3 aktivitás változásán keresztül megy végbe.

A melatonin szabályozó szerepének közvetítése az ivari mirigyek felé

A nőivarú állatok nemi működése ciklusos. Ez azt jelenti, hogy az anösztroszos időszakot követően a szaporodási folyamatot szabályosan ismétlődő szakaszok, ciklusok kísérik. A petefészek működését az adenohipofízisben szekretálódó gonadotrop hormonok, az FSH (follikulus serkentő hormon) és az LH (luteinizáló hormon) szabályozza. Ha az állat ivaréretté válik, és a fotoperiódussal összehangolt szaporodási időszak megkezdődik, a gonadotrop hormonok hatására a petefészek működése aktivizálódik, az állat ciklusba lendül. A hipofízis gonadotrop hormon termelése a hypothalamusban termelődő gonadotropin releasing hormon (GnRH) szabályozása alatt áll. A melatonin végső hatása nem más, mint a GnRH szekrécio modulálása a központi idegrendszeren belül. A melatonin kezelés a rövidnappalos állatok, pl. anyajuhok, kecske, szarvasfélék esetében fokozza a hypothalamus GnRH termelő sejtjeinek immunoreaktivitását, és növeli a GnRH-tartalmú sejtalkotók számát az *eminentia medialis*-ban (Malpaux és mtsai, 1999). Előbbi összefüggések feltételezése esetében érthető, hogy a fotoperiódust tükröző szezonális hatások a GnRH-n keresztül befolyásolják a hipofízis – gonád tengely működését, ezen keresztül a szaporodásbiológiai ciklust. A megvilágított napszak hosszának csökkenésével a tobozmirigy melatonin hormon leadása növekszik, amely a pulzáló GnRH termelődés által fokozza a szekrécios események (epizodusok) számát és a szekrécios csúcsok amplitúdóját, ennek eredményeként fokozódik a gonadotrop hormonok termelése a hipofízisben. Az FSH hatására a petefészekben tüszőérés indul; az állat ciklusba lendül.

A melatonin-hatás helyének lokalizálása bonyolult kérdés, mivel a melatonin számos élettani funkcióval rendelkezik. Áttörőnek számítanak azok a kísérletek, amelyeket az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején radioaktív jóddal (^{125}I) jelölt melatoninnal végeztek anyajuhokkal (de Reviers és mtsai, 1989; Vanecek és mtsai, 1987; Gauer és mtsai, 1993). Ezek a kísérletek azt igazolták, hogy a hipofízis *pars tuberalis*-ában (a hypothalamust a hipofízissel összekötő portalis rendszerben) jelentős számú melatonin receptor található (5. ábra),

5. ábra A juh hypothalamusának szövettani metszete, a melatonin receptorok megoszlásának bemutatására. A sötét mezők és pontok a melatonin receptorok sűrű jelenlétét jelzik (Malpaux, 1999)

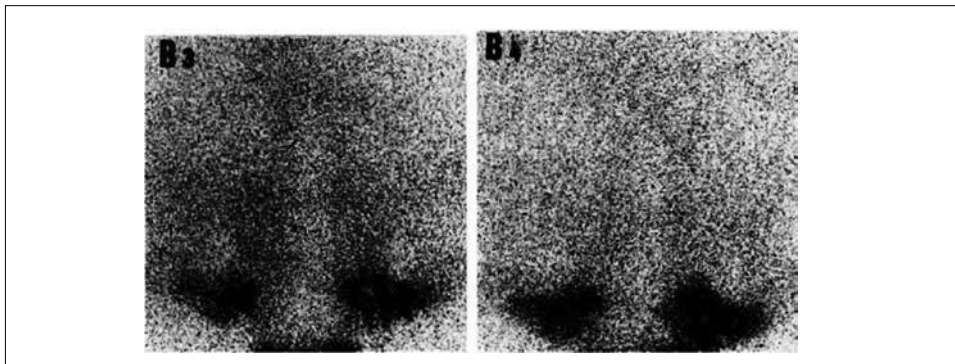


Figure 5. Coronal sections of sheep hypothalamus illustrating distribution of melatonin binding sites (Malpaux et al., 1999)

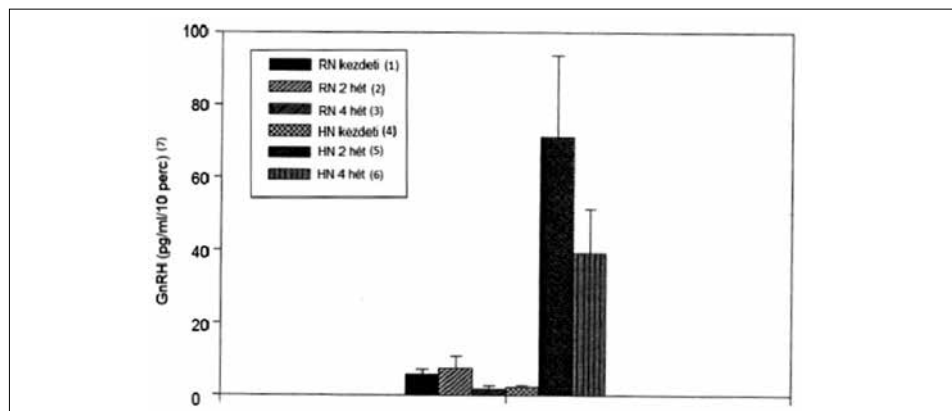
amelyek száma a fotoperiódus eltérő szakaszaiban jelentősen változik (*Rutten és mtsai*, 1988; *Gauer és mtsai*, 1993).

Meglepőnek számítottak ezt követően *Malpoux és mtsai* (1994, 1995) kutatási eredményei, amelyekben anyajuhok hipofízisének elülső felületére, vagy közvetlenül a hipofízisbe melatonin mikroimplantátumokat helyeztek. A kísérletek azt igazolták, hogy a hipofízisbe juttatott melatonin nincs hatással a gonadotrop hormonok termelésének intenzitására. Eredményeikből arra a következtetésre jutottak, hogy a hipofízis pars tuberalis-a nem közvetíti a melatonin hatását a neuroendokrin reprodukciós tengely felé. Ezzel szemben, ha az említett kutatók a melatonin mikroimplantációt a hypothalamus részeként számító emlős testbe (*corpus mamillare*) helyezték, a hipofízis LH szekrécija jelentősen növekedett, amely azt bizonyítja, hogy a melatoninnak a reprodukció szabályozásában szerepet játszó neuroendokrin tengelyre gyakorolt hatását a hypothalamus közvetíti. A fotoperiódus hatása rövidnappalos, ivarérett nőivarú állatokban tehát úgy összegeezhető, hogy a csökkenő napi megvilágítás a retina – tobozmirigy tengelyen keresztül fokozódó melatonin szekréciónak eseményeket indukál. A melatonin növeli a hypothalamusban a pulzáló GnRH szekréciónak frekvencia sűrűségét és amplitudóját, amely eredményeként fokozódik a hipofízisben az FSH és LH szekréciónak. Ennek következményeként a rövidnappalos állatok a nyugalmi fázist követően ciklusba lendülnek.

A hosszúnappalos állatok, pl. ló esetében az előzőekben említett szabályozó tengely másképpen működik. Elfogadott az a tény, hogy a melatonin a kancák ivari ciklusának szabályozásában is jelentős szerepet játszik a fotoperiódushoz való alkalmazkodás során (*Berglund és mtsai*, 1981). Ellentétben a rövidnappalos állatokban tapasztaltakkal, éppen a megvilágított napszakok eredményeként bekövetkező melatonin profilok csökkenése okozza a GnRH szekréciónak növekedését és a kanca ciklusba lendülését. Ezzel szemben a melatonin tenyész-szezonban történő adagolása a kancák hypothalamus-ában csökkenti a GnRH szekréciónak (*Strauss és mtsai*, 1978). Előző szabályozó összefüggést Sharp és mtsai (1988) kísérlete jól igazolja. Nevezett szerzők anösztruszos póni kancák rövid nappalos megvilágítását (L8:D16) hosszú nappalos megvilágításra cserélték. A hosszú nappalos megvilágítás alkalmazását követő két hét múlva jelentős növekedést tapasztaltak a GnRH és az FSH szekréciónak. Érdekesnek számít azon megfigyelésük, miszerint a napszakváltást követő 1 hét múlva ez a növekedés még nem volt megfigyelhető, és hogy a hosszú megvilágított napszak alkalmazásának 3. hetében bár a GnRH szekréciónak szignifikánsan nagyobb volt, mint a rövid nappalok idején, de elmaradt a 2. héten mért értékektől (6. ábra).

Számos más megfigyelés bizonyítja azt, hogy a reprodukciót illetően a megvilágított napszak hosszának növekedése (hosszú nappalok) ugyanúgy a GnRH modulációján keresztül tevődik át a hipofízis – gonád tengelyre, mint a rövidnappalos állatok esetében. Feltételezhető ugyanakkor az, hogy ezekben az állatokban a csökkenő melatonin impulzusok gyakorolnak stimuláló hatást a GnRH szekréciónak és a nőivarú egyedek ciklusba lendülésére. Ezen összefüggéseket azt bizonyítják, hogy fényprogramok alkalmazásával háziállataink reprodukciós folyamatait megfelelő módon befolyásolhatjuk.

6. ábra A GnRH szekréció intenzitása kancában hosszúnappalos (L16:D8) és rövidnappalos (L8:D16) megvilágítási körülmények között (Sharp, 2011)



RN= rövid nappal, HN=hosszú nappal; RN= short day (SD), HN=long day (LD)

Figure 6. GnRH secretion in mares exposed to either long day (L16:D8) or short day (L8:D16); (Sharp, 2011).

SD initial (1); SD 2 weeks (2); SD 4 weeks (3); LD initial (4); LD 2 weeks (5); LD 4 weeks (6)

A SZAPORODÁS BEFOLYÁSOLÁSA HÁZIÁLLATOKBAN MESTERSÉGES VILÁGÍTÁSI PROGRAMMAL

Lótenyésztés

Mint hosszúnappalos szaporodási ciklussal rendelkező állat, a ló a rövidnappalos időszakokban (ősz, tél, tavasz eleje) anösztuszos állapotban van, a kancákban nincs petefészek-működés. A megvilágított napszakok hosszának növekedésével a petefészek ciklusba lendül. A nyugalmi állapot és a tenyésztési időszak között egy átmeneti (*tranzíciós*) időszak van, amikor a petefészek aktiválódik, de ovulációs felületén domináns, fertilis petesejtet érlelő tüsző még nem jelenik meg. Legtöbb fajtában a tavaszi időszakban bekövetkező fotoperiodus változás petefészkekre gyakorolt stimulációja, amíg az ciklusba lendül, 25-60 napot, azaz néhány hetet vesz igénybe. Ennek megfelelően az északi féltekén a tenyésztési időszak általában áprilisban, május elején kezdődik. A megvilágított napszak hosszának növelésével, mesterséges megvilágítással a tranzíciós időszak nem rövidíthető, de a szaporodási időszak kezdete előbbre hozható (Sharp, 2011). Mi teszi szükségessé azt, hogy a természetes körülmények között tartott kanca ellése, a csikó megszületése, a naptári év korai szakaszára essen? Erre a kérdésre a választ főképpen a lótenyésztésben használatos speciális kormeghatározás alkalmazása adja meg a választ. Egy csikó akkor számít egy évesnek, ha betöltötte a születés évének december 31-i napját. Ha egy csikó az év folyamán késő tavasszal –nyár elején születik a következő év január 1-én egyévesnek számít, de valójában csak 6 hónapos. Ha a csikó ugyan ezen év elején, pl. januárban születik a következő év január elsején válik egyévéssé, de kb. 6 hónappal idősebb, mint az előzőekben említett társa. Ez a korkülönbség

a fiatal angol telivérek (2-3 évesek) versenyében jelentős hátrányt jelent a fiatalabb csikók esetében, a telivérek versenyében. (Ne felejtjük, hogy a lovak versenyéletében a legjelentősebbnek számító verseny a *Derby*, amely valamennyi országban kizárólag 3 éves lovak számára rendezhető.)

Előző okokból kifolyólag a tenyésztők a tenyésztési szezon korábbra hozatala érdekében mesterséges megvilágítási programokat alkalmaznak. A fotostimulus akkor a legeredményesebb, ha igazodva a természetes megvilágítás hosszához a világos napszak hossza legalább 14,5 óra. A fénykiegészítés hosszának meghatározásakor, a természetes módon megvilágított napszak hosszát figyelembe véve, ebből a tényből kell kiindulni. A kancák termékenyítésének időszaka február

7. ábra (a) A naphossz ábrázolása az év legrövidebb napján (december 22-én), és az év leghosszabb napján (június 22-én). (b) Egy kancákkal végzett kísérlet eredményei, amelyek azt mutatják, hogy a napnyugtakor alkalmazott fénykiegészítés hatékonyabb, mint a napkeltekor alkalmazott. A szaggatott vonalak a mesterséges fénykiegészítés időszakát mutatják. A csillag azt jelöli, hogy a napnyugtakor alkalmazott fénykiegészítés szignifikáns mértékben előbbre hozta az ovulációt (Sharp, 2011)

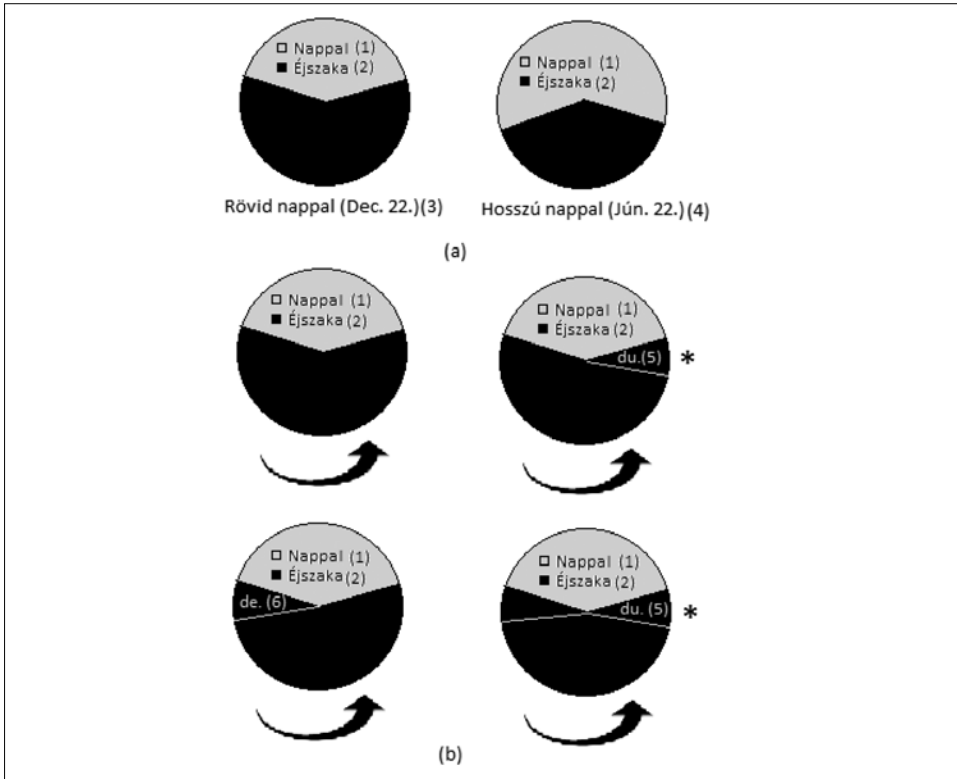


Figure 7. (a) Representation of day-length for the shortest day of the year (December 22) and the longest day of the year (June 22). (b) Experiment design of an experiment to determine whether light at sunrise or sunset is more effective. The dotted lines represent the timing of artificial light added. Asterisks denote groups in which date of first ovulation was significantly advanced (Sharp, 2011)

day (1); night (2); short day (22 Dec) (3); long day (22 Jun) (4); pm (5); am (6)

közepén tűnik legoptimálisabbnak, annak érdekében, hogy a csikó minél közelebbi időpontban szülessen január 1-hez. Ennél korábbi pároztatás kockázatos lehet, mert ha az átlagosan 334 napos vemhességi idő valamilyen okból kifolyólag rövidebb, a csikó január 1. előtt fog megszületni. Igazodva ehhez a szükségyszerűséghez, a megvilágítási programok kezdete nem lehet később, mint december 1. Hazánkban úttörőnek számít ilyen vonatkozásban *Huszenicza és mtsai* (1989) munkája, akiknek angol telivér és ügető fajtájú kancákban sikerült fénykiegészítési programmal anösztuszos kancákban korai ivari ciklust indukálni, ha a fénykiegészítést 16L és 8D arány fenntartásával december 14-e és április 14-e között a természetes megvilágítás hosszához igazították. *Sharp és Seamans* (1980) anösztuszos kancák számára biztosított fénykiegészítő programot viszonylag korán, októbertől kezdte, először 2,5 óra fénykiegészítés alkalmazásával. A fénykiegészítés időtartalmának hosszát a napkelte és a napnyugta időpontját figyelembe véve, a naplók hosszának csökkenéséhez igazítva 5 óra időszakra növelte. Kísérletiben azt tapasztalta, hogy csak azok a kancák váltak fotóstimulálttá és lendültek korábban ciklusba, amelyek fénykiegészítése az esti órákban, naplementekor kezdődött (7. ábra). Ez azt jelenti, hogy a fény memoralizálása a cirkadián vezérlést jelentő központokban más a reggeli, mint az esti órákban. Ezt a jelenséget erősítik meg *Murphy és mtsai* (2007) későbbi felfedezései, miszerint a cirkadián ritmust (biológiai órát) meghatározó két gén közül a *Per 1* a fény periódus kezdetén és a sötét periódus végén expresszálódik, a *Per 2* „robosztus” expressziója ugyanakkor a sötét periódus kezdetére időzít.

A fotostimulus alkalmazásakor a fény minősége és intenzitása is meghatározó tényező. *Burkhardt* (1947) kísérletében 3,6 m x 3,6 m alapterületű boxokban 100W-os fehér fényt adó villanykörte alkalmazásával sikerült anösztuszos kancák ivari ciklusát korábbra hozni. Ez a megvilágítás kb. 100 lux fényerősségnek számít, amelyet a tenyésztők ma is elfogadható fényintenzitásnak tartanak. A körülmények, pl. az istálló falának színe, az istállóban elhelyezett biztonsági fény forrásának közelsége, stb. az előző értéket befolyásolhatja. A mai tenyésztési szokások szerint, ha az égőket a ló felett 1,5-2,0 m magasságban helyezik el, akkor a boks megvilágításának optimális értéke 100-200 lux között változhat. Ha a fényforrás a kanca szemmagasságában van elhelyezve, annak kedvező értéke 20-100 lux közé esik.

Palmer és mtsai (1982) azt is bizonyították, hogy az előzőekben vázolt világítási programhoz hatékony lehet a korai tenyésztési periódus elérése érdekében az is, ha a sötét szakaszt megfelelő időpontban, a sötét szakasznak megkezdődését követő 9,5-10,5 óra között, egyórás megvilágítással megszakítjuk. Ez a technika automatizált fénykapcsoló berendezés alkalmazásával költséghatékony módszer lehet a korai tenyésztési időszak elérése érdekében.

Juh- és kecsketenyésztés

Juhokban és kecskében, mint rövidnappalos állatokban, a szaporodási periódust a megvilágított napszakok rövidülése váltja ki. Ennek megfelelően az északi féltekén, közöttük hazánkban is a juhok általános tenyésztési időszaka általában a nyár végétől a téli napforduló időszakáig tart. Jelentős különbség adódik azonban az eltérő juhajták között, a rövidebb, kb. 150 napos tenyésztési időszakkal rendelkező, valamint a szinte egész éven át tenyészthető fajták szaporítási

időszakának hossza között (*Cheminaeu és mtsai, 1992*). Az egyenlítő környékén tenyésztett juhok szaporodásában, abból eredően, hogy ott a megvilágított és a sötét napszakok aránya egész éven át egyenlő, szezonális alig van. Még ezekben a fajtákban is mutatkozik azonban egy rövid refraktor (fényre nem reagáló) szakasz, amely feltételezhetően az újabb reprodukciós ciklusra való felkészülést jelenti. Érdekes biológiai jelenség az, hogy ha a fotoperiódussal ellentétes megvilágítást alkalmazunk, juhok esetében a szaporodási ciklus fennmarad, és ehhez az új világítási periódushoz fog alkalmazkodni (*Thimonnier, 1981*). A hosszú nappalok hatására kialakuló nyugalmi (refraktor) szakasz megszüntethető fényprogramok alkalmazásával. Ha a hosszú nappalokat (pl. nyári napfordulót) követően az anyajuhokat fokozatos megvilágítás csökkentéssel, vagy hirtelen, 30-60 napos időszakra rövidnappalos körülmények közé tesszük, ismételt ciklusba lendülnek. *Malpau és mtsai (1994)* suffolk anyajuhokkal végzett kísérletében a téli napfordulót után alkalmazott L4:D14 arányú megvilágításban részesített kontroll csoporthoz viszonyítva, a kísérleti csoport anyáinak megvilágítását napi 6 perces csökkentéssel L4:D20 arányra változtatta. Azt tapasztalta, hogy a csökkenő fényperiódus alkalmazásával az anyaállatok szaporodási ciklusa fennmaradt. A kísérletekben alkalmazott hormon (melatonin és LH) vérprofilok (8. ábra) ugyanakkor azt bizonyították, hogy a refraktor szakasz bekövetkezését nem a rövid nappalok, hanem a fénycsökkenés hiánya eredményezi.

A tenyésztési időszak meghosszabbítására, április-júliusig terjedő időszakban alkalmazható eredményes pároztatásra azért lehet szükség, mert a bárány piac

8. ábra Sufflok anyajuhok perifériás vérének összehasonlító melatonin koncentrációi nyílt körülmények között természetes megvilágítással és zárt helyiségben csökkentő világítási program alkalmazásával tartott állatok esetében. (A két csoport közötti különbséget a sátrózott terület jelöli.) A zero időpont zárt tartás esetében a világítás lekapcsolásának időpontját, nyílt körülmények között tartott juhok esetében a napnyugtától számított 25. percet jelöli (*Malpau és mtsai, 1988*)

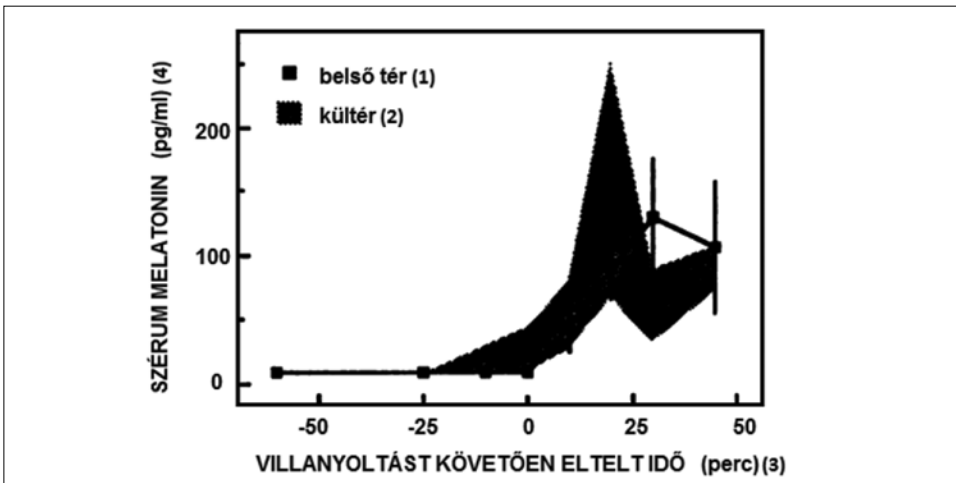


Figure 8. Comparison of the increase in serum melatonin concentration in Suffolk ewes following lights-off in artificial photoperiod (indoor) or natural sunset (outdoor); shaded area shows the differences. Time zero is lights-off in the indoor group and 25 minutes after sunset in outdoor group (*Malpau, 1988*). indoors (1); outdoors (2); time after lights-off (min) (3); serum melatonin (4)

szезonalitása tompítható (pl. a karácsonyi időszakra is bárányt tudunk a piacra teríteni), másrészt segítségével az évenként kétszeri vemhesítés is elérhető. A megoldás lényegét nem az adja, hogy évszaktól függetlenül ivarzó (négyévszakos) fajtákat, populációt alakítunk ki, hanem az, hogy olyan szabályozási lehetőségeket találjunk, amelyek segítségével a tenyésztési időszakot arra az időre ütemezhetjük, amelyet a piaci körülmények követelnek. Ezt kétféle módon lehet elérni. (i) Helyezzük az anyajuhokat hosszúnappallos körülmények közé, majd váltsunk rövid nappalokra. A hosszú és rövid nappalok változtatása feltételezhetően a tenyészidőszak beindulását fogja eredményezni. Ha a tenyészidőszakon kívüli időszak az év leghosszabb napja (június 21.) köré esik, a váltakozó fényperiódusok hossza 8-12 hét között mutatkozik leghatékonyabbnak. A világos és sötét periódusokban alkalmazott világítás között markáns különbségnek kell lenni. A világos szakaszban legalább 100 lux, a sötét szakaszban ugyanakkor legfeljebb 10 lux fényerőt kell biztosítani. Ilyen körülmények létrehozása a jelenlegi gyakorlati körülmények között nagyon nehéz. Ebből kifolyólag a természetes szaporodási időszakon kívüli alkalmazott (ii) melatonin kiegészítés ugyanazt a biológiai reakciót váltja ki a szaporodásban, mint a hosszú és rövid nappalok alternáló változása (Thimonier, 1981). A melatonin adagolását, a hatékony szaporodási folyamatok fenntartása (bárányszám növelése) érdekében, a fejlett juhtenyésztéssel rendelkező országokban (Ausztrália és Új-Zéland) kiterjedten alkalmazzák.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bentley, G.E. (2001): Unravelling the enigma: The role of melatonin in seasonal process in birds. *Micros. Res. Tech.*, 53. 63-71.
- Berglund, L.A. – Shartp, D.C. – Grubaugh, W. (1981): Effects of constant darkness on melatonin rhythms in pony mares. *Biol. Reprod.* (Suppl. 1.), 24. 71.
- Brunet, A.G. – Malpoux, B. – Daveau, A. – Taragnat, C. – Chemineau, P. (2002): Genetic variability in melatonin secretion originates in the number of pinealocytes in sheep. *J. Endocrinol.*, 172. 397-404.
- Burkhardt, J. (1947): Transition from anoestrous in the mare and the effects of artificial lighting. *J. Agric. Sci.*, 37. 64-68.
- Chemineau, P. – Malpoux, B. – Delgadillo, J.A. – Guérin, Y. – Ravault, J.P. Thimonier J. – Pelletier J. (1992): Control of sheep and goat reproduction: use light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.*, 30. 157-184.
- de Revis, M.M. – Ravault, J.P. – Tillet, Y. – Pelleiter, J. (1989): Melatonin binding sites in sheep pars tuberalis. *Neurosci. Lett.*, 100. 89-93.
- Forcada, F. – Abecia, J.A. – Casao, A. – Cabrian-Perez, J.A. – Muino-Blanco, T. – Palacín, I. (2007): *Theriogenology*, 67. 855-862.
- Gauer, F. – Masson-Pevet, M. – Saboureau, M. – Georger, D. – Pevet P. (1993): Differential seasonal regulation of melatonin receptor density in pars tuberalis and the suprachiasmatic nuclei: a study with the hedgehog. *Neuroendocrinol.*, 5. 685-690.
- Hattar, S. – Liao, H.W. – Takao, M. – Berson, D.M. – Yau, K.W. (2002): Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 5557. 955-957.
- Huszenicza Gy: - Szollár I. – Kulcsár Margit – Haraszti J. – Kézi Gy. - Soós I. – Antal T. – Juhász – Cs. MÁL., 44. 211-216.
- Malpoux, B. – Daveau, A. – Maurice, F. – Locatelli, A. – Zhiéry, J.C. (1994): Evidence that melatonin binding sites in the pars tuberalis do not mediate the photoperiodic actions of melatonin on LH and prolactin secretion in ewes. *J. Reprod. Fert.*, 101. 652-632.

- Malpoux, B. – Skinner, D.C. – Maurice, F.* (1995): The ovine pars tuberalis does not appear to be targeted by melatonin to modulate LH secretion, but may be important for prolactin release. *J. Neuroendocrinol.*, 7. 199-206.
- Malpoux, B. – Thyéry, J.C. – Chemineau, P.* (1999): Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.*, 39. 355-366.
- Malpoux, B. – Wayne, N.L. – Karsch, F.* (1988): Termination of the breeding season in Suffolk ewes: Involvement of an endogenous rhythm of reproduction. *Biol. Reprod.*, 39. 254-263.
- Murphy, B.A. – Lear, T.L. – Adelson, D.L. – Fitzgerald, B.P.* (2007): Chromosomal assignment and sequences for the equine core circadian genes. *Anim. Genet.*, 38. 54-85.
- Naiak, S.K. – Jegla, T. – Panda, S.* (2007): Role of a novel photopigment, melanopsin, in behavioral adaptation to light. *Cell Mol. Life Sci.*, 64. 144-155.
- Palmer, E. – Driancourt, M.A. – Ortavant, R.* (1982): Photoperiodic stimulation of the mare during winter anoestrus. *J. Reprod. Fertil.*, (Suppl 1.), 32. 275-282.
- Redondo, E. – Redondo, S. – Masot, J. – Gázquez, A. – Franco, A.* (2003): Postnatal development of female sheep pineal gland under natural inhibitory photoperiods: an immunocytochemical and physiological (melatonin concentration) study. *Histol. Histopathol.*, 18. 7-17.
- Rollag, M.D. – Niswender, G.D.* (1976): Radioimmunoassay of serum concentrations of melatonin in sheep exposed to different lighting regimens. *Endocrinology*, 98. 482-509.
- Rutten, A. – Hewing, M. – Wittkowski, W.* (1988): Seasonal ultrastructural changes of the hypophyseal pars tuberalis in the hedgehog. *Acta Anat. (Basel)*, 133. 217-223.
- Scheer, F.A.J.L. – Zeitzer, J.M. – Ayas, N.T. – Brown, R. – Czeisler, C.A. – Shea, S.A.* (2006): Reduced sleep efficiency in cervical spinal cord injury: association with abolished night time melatonin secretion. *Spinal Cord*, 44. 78-81.
- Senger, P.L.* (2003): Pathways to pregnancy and parturition. 2nd Edition, Chapter 7: Reproductive cyclicity - Terminology and basic concepts, 144-163. Current Conceptions, Inc., Washington State University Research and Technology Park, Pullman, W. USA
- Sharp, D.C. – Seamans, K.W.* (1980): Effect of time of day on photostimulation of the breeding season in mares. In: *Proc. of the 72nd Ann. Meeting Amer. Soc. Anim. Sci.*
- Sharp, D.C.* (2011): Melatonin, in: *Equine reproduction (second edition)*, eds. McKinnon A.O. – Squires E.L. – Vaalan W.E. – Varner D.D., Wiley – Blackwell, Ames Iowa, Vol. 2. 1671-1678.
- Sharp, P.J.* (2006): Photoperiodic regulation of seasonal breeding in birds. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1040. 189-199.
- Straus, S.S. – Chem, C.L. – Karla, S.P. – Sharp, D.C.* (1978): Determination of hypothalamic GnRH in ovariectomized mares following melatonin implants. Annual meeting of the Federation of American Societies for experimental biology, Atlantic City, NJ. USA
- Thimonier, T.* (1981): Control of seasonal reproduction in sheep and goats by light and hormones. *J. Reprod. Fertil. (Suppl.)*, 30. 33-45.
- Ungerfeld, R. – Bielli, A.* (2015): Seasonal and social factors affecting reproduction. <http://www.eolss.net/Eolss-samplAllChapter.aspx>
- Vanecek, J. – Pavlík, A. – Illnerova, H.* (1987): Hypothalamic melatonin receptor sites revealed by autoradiography. *Brain Res.*, 435. 359-362.

Érkezett: 2015. október

Szerzők címe: Márton A. – Pál L. – Bartos Á. – Husveth F.
Pannon Egyetem Georgikon Kar, Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék

Author's address: University of Pannonia, Georgikon Faculty, Department of Animal Sciences and Animal Husbandry
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
husveth@georgikon.hu

TENYÉSZ-SZEZONON KÍVÜL ALKALMAZOTT MELATONIN KEZELÉS HATÁSA AWASSI ÉS ÓSHONOS FEKETE RACKA KOSOK HERÉJÉNEK ENDOKRIN ÉS EXOKRIN MŰKÖDÉSÉRE

FAIGL VERA - CSEH SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszertermelő háziállat fajok közül a juh faj egyik jellegzetessége, hogy reprodukciós aktivitása erősen kötődik az évszakhoz. Ez a jelenség elsősorban a fotoperiódustól és a nappalok hosszúságának változásaitól függ, de egyéb tényezők is befolyásolják (pl. hőmérséklet, takarmányozás, bárányozás ideje, stb.). Az évszak megváltozása a tobozmirigy melatonin (M) termelésének módosítása révén befolyással van a hipotalamusz-hipofízis-gonádok tengely működésére. A rövidülő nappalokkal megnő a sötét időszakok hossza, ami megnyújtja az éjszakai M termelés időtartamát. Kiskérődzőkben az egyre hosszabb M leadás serkenti a GnRH termelést és ezen keresztül a gonadotrop hormonok szekrécióját. A nappalok hosszúsága változásának a szaporodási folyamatokra gyakorolt hatása a hímivar esetében is megfigyelhető. Kosoknál azonban, szemben az anyajuhoknál tapasztaltakkal a reprodukciós szervek működésében bekövetkező változások kevésbé jelentősek és a domesztikáció fokával (intenzív fajták) erősen csökkennek is. Kosoknál ugyanis a szexuális aktivitás folyamatosan jelen van és a spermiumok termelése is egy állandó folyamat. Munkacsoportunk 2005 óta végez M kezeléssel és fényprogramokkal kapcsolatos vizsgálatokat kiskérődzőkben. Az alábbiakban az őshonos fekete racka kosokkal (Sarlós és mtsai. 2013, Egerszegi és mtsai. 2014), illetve az intenzív tartási rendszerben tartott Awassi kosokkal (Faigl és mtsai. 2009) végzett kutatási eredményeinket foglaljuk össze.

SUMMARY

Faigl, V. - Cseh, S.: THE EFFECT OF MELATONIN TREATMENT TO THE REPRODUCTIVE FUNCTIONS OF AWASSI AND NATIVE BLACK RACKA RAMS APPLIED OUT OF BREEDING SEASON

Among the farm animal species the sheep is very strongly seasonal breeder. The seasonality is very much depends on the photoperiod and the day length, however other factors may have influence on it. Based on the changes in the day length, the melatonin (M) production changes in the pineal gland too. However, the M production (serum concentration) has influence on the hypothalamus-hypophysis-gonad axis. In the small ruminants the increasing number of dark hours induces the elevation of the M level in the blood which supports the GnRH and gonadotrop hormone production in the hypothalamus and hypophysis. The seasonality is not so obvious in the male animals compared to females. The semen is continuously produced and the signs of libido are detectable year round in the rams. We have been carrying out experiments with M treatment and light program in small ruminants since 2005. The objective of this short report is to introduce our results obtained with M in Hungarian native breed of Racka and the intensive breed of Awassi (Sarlós et al., 2013, Egerszegi et al., 2014, Faigl et al., 2009).

BEVEZETÉS

Az élelmiszertermelő háziállat fajok közül a juh faj egyik jellegzetessége, hogy reprodukciós aktivitása erősen kötődik az évszakhoz. Ez a jelenség elsősorban a fotoperiódustól és a nappalok hosszúságának változásaitól függ, de egyéb tényezők is befolyásolják, mint például hőmérséklet, takarmányozás, az ellenkező nemmel való találkozás, nőivar esetében a bárányozás ideje és laktáció hosszúsága. Az állat az évszakok változásáról elsősorban a nappalok hosszúságának módosulása révén (hosszabbodik vagy rövidül) kap információt, ami a tobozmirigy melatonin (M) termelésének megváltozásán keresztül hat a hipotalamusz-hipofízis-gonádok tengelyre. A rövidülő nappalokkal megnő a sötét időszakok hossza, ami megnyújtja az éjszakai M termelés időtartamát. Kiskérődzőkben az egyre hosszabb M leadás serkenti a GnRH termelést és ezen keresztül a gonadotrop hormonok szekrécióját (Vanecek, 1998). A nappalok hosszúsága változásának a szaporodási folyamatokra gyakorolt hatása a hímivar esetében is megfigyelhető. Kosoknál azonban, szemben az anyajuhoknál tapasztaltakkal, a fényviszonyok megváltozása által indukált, szezonálisan jelentkező, a reprodukciós szervek működésében bekövetkező változások kevésbé jelentősek és a domesztikáció fokával (intenzív fajták) erősen csökkennek is (Lincoln és mtsai., 1990). Kosoknál ugyanis a szexuális aktivitás folyamatosan jelen van és a spermiumok termelése is egy állandó folyamat.

A rövidnappalok hatását M kezeléssel is előidézhetjük, a lassú kiáramlást biztosító M implantátumokat közel 30 éve alkalmazzák a kiskérődzők reprodukciójának befolyásolására. Az exogen hormonkezelés ugyanakkor csak akkor hatásos, ha hosszú nappalos (természetes vagy mesterséges) előkezelést kapnak az állatok, azaz megtörjük a fotorefrakter fázist. Tavasszal elkezdett M kezelés önmagában nincs hatással a kosok nemi működésére, a spermio genesisre (ejakulátum térfogata, spermium koncentráció). Fiatal kosokban hosszú nappalos időszakban M alkalmazásakor megemelkedett a gonadotrop és a tesztoszteron (T) hormonok szintje és csökkent a prolaktin szint a vérben, de szemben a jéréknél tapasztaltakkal nem befolyásolta az ivarérettséget (Kennaway és Gilmore, 1985). Ugyanakkor más vizsgálatokban a 3 hónapos rövid nappalos kezelés vagy a havonta alteráló melatonin-hosszú nappal-melatonin kezelés segítségével elérhető volt, hogy a kosokat előbb, akár 1 éves koruk előtt lehessen tenyésztésbe venni (Chemineau és mtsai., 1996). Ivarérett kosokban a M kezelés támogatta a herék növekedését és megemelte a T szinteket, továbbá a sperma minősége is javult (Casao és mtsai., 2010, Kaya és mtsai., 2000). Ugyanakkor az utóbbival kapcsolatban olyan adatok is találhatóak az irodalomban, amelyek ezt nem erősítik meg (Faigl és mtsai., 2007). A M javította, az un. koshatást, aminek köszönhetően sokkal kifejezettebb ivarzások jelentkeztek, és feltételezhetően ezek együttesen javították a szaporodási mutatókat (Rosa és mtsai., 2000; Palacin és mtsai., 2008). Tenyész szezonon kívüli időszakban Casao és mtsai (2010) a M-nak a spermiumok mozgására gyakorolt javító hatását tudták kimutatni, ami az apoptózis szerű jelenségek csökkenésével párhuzamosan jelentkezett. Ugyanakkor, azt is megfigyelték, ha a M kezelés előtt nem alkalmaztak hosszú napos előkezelést a M nem befolyásolta a herék méretét és a sperma paramétereit (Rosa és mtsai., 2012).

A hosszú nappalos előkezelést, azaz a fotorefrakter fázis megtörését megfelelően használva olyan technológiai elrendezések is ismertek, ahol több éven

keresztül, folyamatosan fenntartható a kosok fokozott nemi aktivitása. Ennek érdekében olyan rendszereket kell létrehozni, ahol a rövid- és hosszúnappalos időszakok éles váltásokkal, kellő gyakorisággal követi egymást. Mivel kosok és bakok esetében az állatok egyedi tenyésztéke igen nagy lehet, olyan technológiák alkalmazása is rentábilissá válhat, ahol zárt, teljesen elsötétíthető (de ugyanakkor megfelelő szellőzésű) épületekre vagy kiegészítő fénykezelésre van szükség. Felváltva alkalmazott 1-2 hónap hosszúnappalos, majd 1-2 hónap rövidnappalos időszakot (vagy kiegészítő megvilágítást, majd M kiegészítést) használva éveken át fenntartható a magas szintű spermatermelés (*Delgadoillo és mtsai.*, 1992; *Chemineau és mtsai.*, 1996). Mesterséges termékenyítő állomásokon ennek a módszernek a segítségével a kontroll állatokéhoz viszonyítva sikerült megduplázni az évente nyert termékenyítő dózisok számát (*Delgadoillo és mtsai.*, 1992; *Malpoux és mtsai.*, 1993).

A melatonin- illetve fénykiegészítés-alapú szaporodásbiológiai technikák élet-tani vonatkozásaival és gyakorlati alkalmazásával kapcsolatban magyar nyelvű irodalmi összefoglaló is elérhető (*Faigl és mtsai.*, 2007).

SAJÁT VIZSGÁLATAINK

Munkacsoportunk 2005 óta végez M kezeléssel és fényprogramokkal kapcsolatos vizsgálatokat kiskérődzőkben. Az alábbiakban az őshonos fekete racka kosokkal (*Sarlós és mtsai.* 2013, *Egerszegi és mtsai.* 2014), illetve az intenzív tartási rendszerben tartott Awassi kosokkal (*Faigl és mtsai.* 2009) végzett kutatási eredményeinket foglaljuk össze. A rackával végzett vizsgálatokban a NAIK Állattenyésztési Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézetével (Herceghalom) dolgoztunk együtt, az Awassin végzett vizsgálatok Bakonszegen folytak, az időközben megszűnt Awassi Rt-vel együttműködésben.

Fekete racka

A fekete racka juh egy magyarországi őshonos juh fajta, amit szigorúan szezonhoz kötöten tenyésztene, szaporítanak (augusztustól decemberig). A fekete rackát meglehetősen extenzív körülmények között tartják, amit azonban nagyon jól tolerál. A racka kos reprodukciós aktivitása szorosan követi a racka anyajuh ciklikus nemi működését (*Sarlós és mtsai.*, 2013). Általánosságban elmondható, hogy a kosok spermájának a fagyaszthatósága a szezontól függ, de bizonyos mértékben fajták közötti különbségeket is találtak (*D'Alessandro és Martemucci*, 2003; *Joshi és mtsai.*, 2005). Napjainkban megnőtt az érdeklődés a tenyész-szezonon kívül gyűjtött sperma tartós tárolása formájában történő un. ex situ génmegőrzés iránt. Ezért vizsgálataink arra irányultak, hogy tanulmányozzuk, hogy a M kezelés mennyiben befolyásolja előnyösen a fekete racka kosok heréinek exokrin (spermatermelés) és endokrin (tesztoszterontermelés) működését a tenyész-szezonon kívüli időszakban.

A vizsgálatban 12 fekete racka kos vett részt (életkor: 38-48 hónap, súly: 55-70 kg). A M kezelést (Melovine^R, Ceva, Liborne, Franciaország; 18 mg M-t tartalmazó implantátum) 6 állaton végeztük. A gyártó ajánlása szerint a Melovin^R implantátum a M lassú, elnyújtott felszívódását teszi lehetővé. Mindegyik kos 30 nap különb-

séggel 1-1 implantátumot kapott, amit a comb belső felületén helyeztünk a bőr alá (0. nap: a kezelés megkezdése; 30. nap: a kezelés megkezdése utáni 30. nap). A kontroll csoport nem kapott M-t. A GnRH tesztet a 0., a 30. és a 60. napokon végeztük el. A teszt során 0,008 mg buserelin-t (Receptál^R inj., Intervet, Angers, Franciaország) adtunk mindegyik állatnak. A tesztoszteron és a M meghatározására a vért a következő időpontokban vettük a kosoktól: GnRH beadásakor, majd a 30., 60., 90., és 120. percben. A GnRH kezelés előtt spermát gyűjtöttünk műhüvely segítségével és ellenőriztük a spermiumok motilitását (CASA SpermVision 3,0, Minitüb, Tiefenbach, Németország), koncentrációját és a morfológiáját. A mozgás bírálatánál a következő szempontokat vettük figyelembe: összes mozgó spermium arány /TM%/ és előrehaladó mozgást végző spermiumok aránya /PM%/). Hetente, üllőhelyzetben megmértük a herezacskó körméretét is.

A herezacskó körméretének alakulásával kapcsolatos eredmények

Az átlagos herezacskó körméretben folyamatos növekedést állapítottunk meg a mérési időpontok között (0. naptól a 60. napig) mindkét csoportban (M = 31,08±1,12 vs. K = 30,5±0,84 és M = 35,0±0,21 vs. K = 32,85±0,22). A két csoport között azonban csak a 30. és 60. nap között mért értékekben találtunk szignifikáns különbséget, nevezetesen a M csoportban magasabb értékeket mértünk. Megállapítottuk, hogy a herék növekedése a M behelyezése utáni 2-3 hét elteltével vált kimutathatóvá és a maximumát kb. 5 héttel később érte el. A K csoportban a kosok heréjének mérete nem változott szignifikánsan (1. táblázat).

1. táblázat

A sperma paraméterek és a here körméret alakulása a melatoninnal kezelt és a kontroll csoportban (mean±SEM)

Paraméterek	M0-30	C0-30	M30-60	C30-60
Ejakulátum térfogata (ml)	0.55±0.04 ^a	0.49±0.05 ^a	0.67±0.06 ^{b,A}	0.46±0.03 ^{b,B}
Koncentráció (x 10 ⁹ / ml)	4.91±0.21 ^A	4.23±0.23 ^{a,B}	4.89±0.16	4.69±0.24 ^a
Összes spermium száma (x 10 ⁹ / ml)	2.68±0.22 ^a	2.20±0.31 ^a	3.40±0.33 ^{a,A}	2.13±0.37 ^{a,B}
Tömegmozgás (értékelés: 1-5)	4.58±0.16	4.67±0.14	4.17±0.23 ^A	4.78±0.13 ^B
A here körmérete (cm)	32.19±0.53 ^a	31.23±0.48 ^a	35.00±0.21 ^{b,A}	32.31±0.57 ^B
Abnormális spermiumok összes száma (%)	7.5±1.19	9.19±1.28	8.83±1.09	6.5±0.50

M0-30 = melatonin, 0-30. nap között; C0-30 = kontroll, 0-30. nap között; M30-60 = melatonin, 30-60. nap között; C30-60 = Kontroll, 30-60. nap között

A különböző felső indexes jelölések a:b a mintavételi időszakban és A:B a csoportok között, azonos mintavételi időszakban szignifikáns különbséget jelölnek (P<0.05).

Table 1. Changes in the semen parameters and the total circumference of the testis in the M treated and control group

M0-30 = melatonin, Between Days 0-30.; C0-30 = control, Between Days 0-30.; M30-60 = melatonin, Between Days 30-60.; C30-60 = Control, Between Days 30-60.

Data with different superscripts indicate significant differences: a:b during the time of sample taking and A:B between the groups in the same sample taking period (P<0.05).

Nem kezelt állatokkal egy éven keresztül folytatott ellenőrző vizsgálataink szerint a herezacskó körmérete a téli időszaktól kezdődően ($22,64 \pm 0,18$ cm) folyamatosan nőtt és a maximumot ősszel érte el ($31,55 \pm 0,14$ cm). Januárban mértük a legkisebb értéket ($22,08 \pm 0,18$ cm) és szeptemberben a legnagyobbat ($31,92 \pm 0,21$ cm). Ez a növekedés 44,7%-nak felelt meg (Sarlós és mtsai, 2013), továbbá megállapítható volt, hogy a herék körméretét nagymértékben befolyásolja a szezon, a fotoperiódus.

Az ejakulátum térfogatának és a spermiumok koncentrációjának alakulása

Az ejakulátum térfogata a M-os és a K csoportban egyaránt emelkedett a 0. és a 60. nap között ($0,52 \pm 0,08$ ml vs. $0,44 \pm 0,06$ ml; $0,82 \pm 0,07$ ml vs. $0,73 \pm 0,05$ ml). A M-os csoport kosai a 30-60. napokon szignifikánsan nagyobb térfogatú ejakulátumot adtak le a műhüvelybe, mint a K csoport egyedei. Hasonlóan alakult az ejakulátumban található spermiumok koncentrációja is. Az abnormális spermiumok aránya azonban a kísérlet egész ideje alatt, a csoportoktól függetlenül nagyon alacsony volt ($< 10\%$) (1. táblázat).

Sarlós és mtsai (2013) egy éven keresztül kísérték figyelemmel, hogy hogyan alakul az ejakulátum térfogata és a spermiumok koncentrációja természetes körülmények között tartott racka kosoknál. Azt tapasztalták, hogy mindkét paraméter folyamatosan emelkedett. A legkisebb mennyiséget februárban gyűjtötték ($0,44 \pm 0,03$ mL), a legnagyobbat október/november-ben ($0,91 \pm 0,05$ mL). A koncentrációval kapcsolatban azt tapasztalták, hogy az egy évig tartó mintavételezés során a legalacsonyabb koncentrációt télen mérték ($4,92 \pm 0,13 \times 10^9$ /ml) és a legnagyobbat nyáron ($6,56 \pm 0,21 \times 10^9$ /ml). Az ejakulátumonként talált összes spermiumszám tavasszal volt a legalacsonyabb ($3,15 \pm 0,23 \times 10^9$ /ml) és ősszel a legnagyobb ($5,22 \pm 0,45 \times 10^9$ /ml).

A spermiumok mozgásának változása

A statisztikai analízis nem mutatott ki különbséget a csoportok között a TM% és a PM% értékekben az első és az utolsó mintavételkor. Ugyanakkor az M csoportban a 2. implantátum behelyezése jótékonyan hatott a TM%-re és a PM%-re, összehasonlítva a K csoport adataival. Az egyes mintavételi időpontokban nem találtunk különbséget a CASA által értékelt további motilitási paraméterekben.

A tesztoszteron szint alakulása

Az implantátum behelyezésekor mért alap T szintben nem volt különbség a két csoport között. Ugyancsak nem volt különbség az alap T értékben a 30. napon. A 60. napon azonban szignifikánsan nagyobb alap T szintet találtunk az M csoportban, mint a K-ban. A GnRH teszt során az első két vérvételkor nem tapasztaltunk különbséget a csoportok között a provokált T értékben. Azonban a 60. napi mintavételkor megemelkedett indukált T szintet találtunk (30. és 60. perces mintavételkor) az M csoportban. Eredményeink azt tükrözik, hogy az M kezelés elősegíti egyrészt az alap T érték megemelkedését, másrészt a provokált T szint növekedését a GnRH teszt során.

Kezeletlen racka kosok bevonásával, folyamatosan vett vérminták felhasználásával egy éven keresztül tanulmányozták a T szint alakulását (Sarlós és mtsai., 2013). Télen mérték az alacsonyabb szinteket ($2,31 \pm 0,14$ ng/ml), míg a magasabbakat ősszel ($17,81 \pm 1,07$ ng/ml). A legalacsonyabb értéket januárban találták ($1,79 \pm 0,16$ ng/ml), míg novemberben ennek 14-szeresét mérték ($25,14 \pm 2,41$ ng/ml). Szoros korrelációt találtak a T szint és a herekörméret, valamint T érték és szezon között (Sarlós és mtsai., 2013). Elvégezve a GnRH tesztet azt figyelték meg, hogy télen és tavasszal az indukált T szint nem különbözött egymástól ($16,08 \pm 0,57$ ng/ml vs. $16,66 \pm 0,55$ ng/ml). A nyári értékek magasabbak voltak, de a legmagasabb szinteket ősszel, tenyészszezonban mérték ($54,02 \pm 3,78$ ng/ml).

Metabolikus paraméterek alakulása

A metabolikus paraméterek alakulásában nem volt különbség a csoportok között.

A melatonin szint változása a kísérlet ideje alatt

A plazma M szintje az első implantátum behelyezését követően folyamatosan emelkedett, majd további növekedést tapasztaltunk a 2. implantátum felhasználása után. A M-os csoport egyedeiben kb. 2,5 – 4,0-szer magasabb M szintet mutattunk ki, összehasonlítva a K csoporttal (1. ábra).

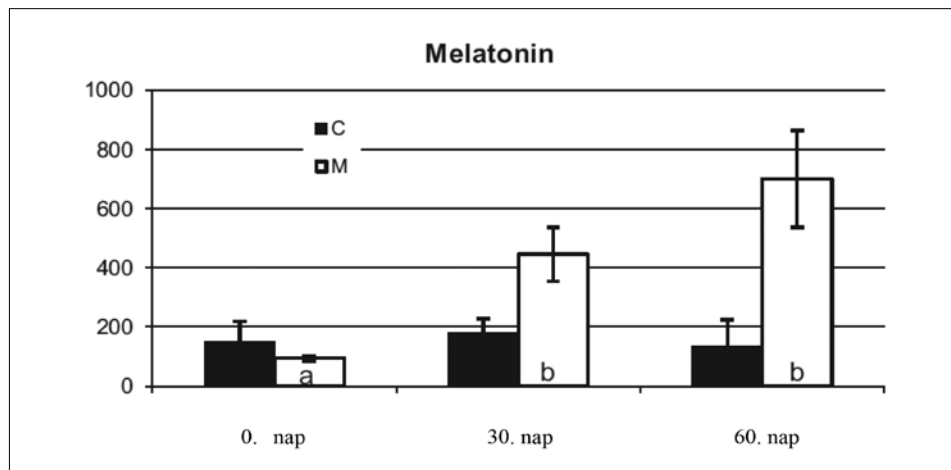
Awassi

Tizenhat, 4-8 éves, mesterséges termékenyítésben, sperma donorként használt Awassi kos vett részt a kísérletben. A kosokat betanították arra, hogy ivarzó anyára ugratva műhüvelybe leadják a spermát. A kísérletbe vont kosokat két csoportra osztottuk (Melatoninnal kezelt csoport /M csoport/ $n=8$; kezeletlen, Kontroll csoport /K csoport/ $n=8$). A kísérleti csoport egyedeinél februárban kezdtük a M kezelést (egyedenként 54 mg, azaz 3 db Melovin^R implantátum, CEVA Libourne, France beültetése a comb belső felületének bőre alá). A M kezelés napján (0. nap), majd az azt követő 49. és 71. napon értékeltük a here exokrin és endokrin funkcióját. A kontroll csoport egyedei semmilyen kezelést nem kaptak.

A kísérleti állatok közül csoportonként csak 4 (összesen 8 állat) ejakulált spontán az ugratás során. A fennmaradó 8 állat elektroejakulációval nyert mintája a kísérlet szempontjából nem volt értékelhető. Ezért a sperma minőségi és mennyiségi mutatóinak meghatározásánál csak a spontán módon nyert ejakulátumokat értékeltük. A mintavételi napokon gyűjtött ejakulátumokban meghatároztuk: a spermiumok koncentrációja, a mozgó sejtek- és ezen belül a gyors és lassú előrehaladó mozgást végző spermiumok arányát, valamint a nem mozgó sejtek számát, és ellenőriztük a spermiumok morfológiáját.

A herek endokrin működésének nyomon követése céljából a racka kosoknál leírt módszerhez hasonlóan, a mintavételi napokon a spermavételt követően gyűjtött vérmintákban mind a 16 állat esetében meghatároztuk a tesztoszteron alapszintet, IGF-I szintet, és a GnRH-indukált tesztoszteron választ.

1.ábra A melatonin átlagos koncentrációja a szérumban a melatoninnal kezelt és a kontroll csoportokban a 0., a 30. és a 60. napon vett vérmintákban fekete racka kosokban



C = Kontroll csoport; M = melatoninnal kezelt csoport
Az a és b betűvel jelölt adatok szignifikánsan különböznek egymástól.

Figure 1. The average serum concentration of the melatonin measured on Day 0., 30., and 60 in the treated and control groups of Black Racka rams

C = control group; M = melatonin treated. Superscripts a and b indicate significant differences.

Spermatológiai vizsgálatok eredményei

A K és az M csoport egyedei között nem találtunk különbséget a gyűjtött ejakulátum térfogatában (0,5 – 1,2 ml), az összes mozgó spermium, és ezen belül a gyors és lassú előrehaladó mozgást mutató spermiumok számában/arányában. Nem találtunk különbséget a két csoport között a spermiumok koncentrációjának alakulásában. A kezelés alatt az M és a K csoport egyedeinek mintájában egyaránt folyamatosan emelkedett a spermiumok száma (1500 X 10⁶/ml vs. 4500 X 10⁶/ml; p < 0,01). Nem tapasztaltunk különbséget az M és a K csoport között a normális és a rendellenes morfológiájú spermiumok számában/arányában sem.

Hormonvizsgálatok eredményei

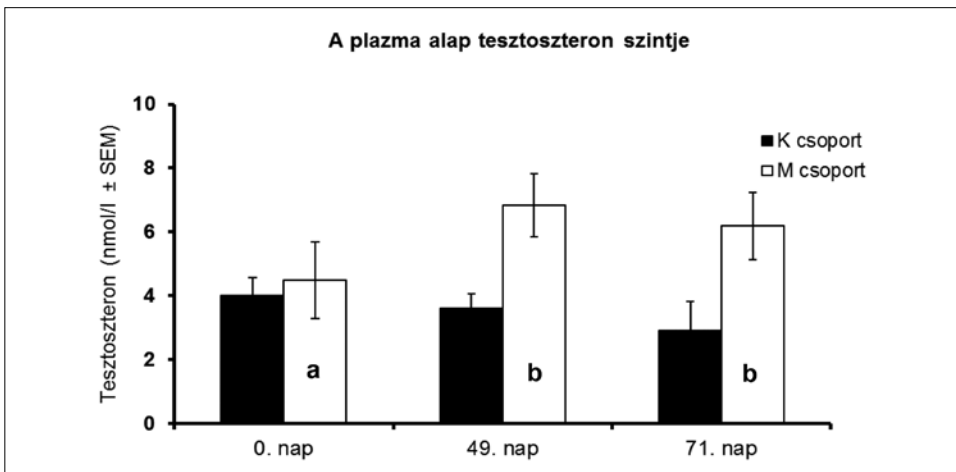
A kísérlet kezdetekor, a 0. napon a tesztoszteron szint megegyezett mindkét csoportban (M csoport: 4,48 ± 1,20 nmol/L; K csoport: 3,99 ± 1,04 nmol/L). Ugyanakkor, az alap tesztoszteron szint folyamatosan emelkedett az M csoport egyedeiben (49. nap: M csoport: 8,83 ± 1,86 nmol/L; K csoport: 3,61 ± 0,50 nmol/L; p = 0,023; 71. nap: M csoport: 6,18 ± 1,06 nmol/L; K csoport: 2,92 ± 0,67 nmol/L; p = 0,021). Szemben a kontroll kosokkal, ahol ugyanakkor nem emelkedett az alap tesztoszteron szint (2. ábra). A GnRH indukált tesztoszteronválasz mértékében a kísérlet ideje alatt nem tapasztaltunk a melatonin kezeléssel összefüggésbe hozható változásokat. Várakozásunkkal ellentétben a plazma IGF-I szintje sem változott a kezelés ideje alatt és az IGF-I értékben nem találtunk különbséget a csoportok között (2. ábra).

MEGBESZÉLÉS

Megállapítható, hogy rackában a legtöbb minőségi paraméter a tenyész-szezonon kívüli időszakban alkalmazott M-os kezelés 30. és 60. napja körül különbözött a két csoport között. Meglepő eredmény, hogy a spermiumok kinetikai paramétereiben nem találtunk különbséget a csoportok között, bár a 2. implantátum behelyezésekor a TM%-ban és a PM%-ben emelkedést tapasztaltunk. Az irodalmi adatok is meglehetősen színes képet mutatnak a M-nak a sperma minőségére gyakorolt hatását tanulmányozó kísérletek eredményei terén. Fajtától függően megfigyeltek pozitív (Ile-de-France) és semleges (Awassi, Charollais, Texel, stb.) hatást egyaránt. A feltételezések szerint az ellentmondásos eredmények hátterében az húzódhat meg, hogy bár a M szintek nagyjából hasonlóan alakulnak a különböző fajtákban, azonban a szövetek M iránt mutatott érzékenységében (pl. a M receptorok számában vagy az egyes M receptor variációk jelátadásában) (Trecherel és mtsai., 2010)) különbségek lehetnek. Ugyanakkor a tenyész-szezonon kívül alkalmazva a M megnövelte a fekete racka kosok heréinek körméretét és javította a spermatermelő képességét. Mindkét tulajdonság esetében a legjobb eredményeket a kezelés 30. és 60. napja között figyeltük meg.

A mesterséges termékenyítésben használt sperma donor Awassi kosokban a tartós hatást biztosító M implantátumnak pozitív hatása volt a here endokrin működésére tenyész-szezonon kívül. A M kezelés elősegíti egyrészt az alap T érték megemelkedését, másrészt a GnRH-provokált T szint növekedését. Ugyanakkor nem sikerült kimutatni ezt a pozitív hatást a here exokrin működésével

2. ábra. A plazma alap tesztoszteron szintjének alakulása a melatonin kezelés kezdetén (0. nap), valamint annak 49. és 71. napján Awassi kosokban



Az „a” illetve „b” jelzésű oszlopok értékei egymástól szignifikánsan különböznek ($P < 0,05$)

Figure 2. Changes of the basic plasma testosterone levels at the beginning of the melatonin treatment (Day 0.) and on Day 49. and Day 71. in Awassi rams

The values of columns indicated with a and b letters are significantly different

kapcsolatban, amelynek eredményeként a sperma minőségében nem találtunk különbséget az M és a K csoport között.

Vizsgálatainkat összegezve: a lassú kioldódású melatonin implantátumok alkalmazása hatékony tenyésztéstechnikai eszköz, és kiemelt jelentősége lehet a szezonális ivari működésű őshonos juhajtáink génmegőrzésében. Ugyanakkor az elérhető eredmények jelentősen szórhatnak az egyes fajták vagy állományok között. A kevésbé szigorú szezonális fajtáknál például relatív kisebb hatás várható, illetve a szezonális mértékét, valamint az ejakulátum minőségét egyéb környezeti tényezők (tartás, takarmányozás) is jelentősen befolyásolják. A módszer általános bevezetése előtt ezért javasolt a hatékonyságának felmérése adott fajta, adott állományában.

IRODALOMJEGYZÉK

- Casao, A. - Cebrian, I. - Asumpcao, M.E. - Perez, P. - Abecia, J.A. - Forcada, F. - Cebrian-Pérez, J.A. (2010). Melatonin prevents capacitation and apoptotic-like changes of ram spermatozoa and increases fertility rate. *J. Pin. Res.*, 48. 39-46.
- Chemineau, P. - Malpoux, B. - Pelletier, J. - Leboeuf, B. - Delgadillo, J.A. - Deletang, F. - Pobel, T. - Brice, G. (1996): Emploi des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnière chez les ovins et les caprins. *INRA Prod. Anim.*, 9. 45-60.
- D'Alessandro, A.G. - Martemucci, C. (2003): Evaluation of acrosomal variations of semen freezability in Leccese rams. *Anim. Reprod. Sci.*, 79. 90-102.
- Delgadillo, J.A. - Leboeuf, B. - Chemineau, P. (1992): Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by short photoperiodic cycles in he-goats. *Small Rumin. Res.*, 9. 47-59.
- Egerszegi I. - Sarlós P. - Rátky J. - Solti L. - Faigl V. - Kulcsár M. - Cseh S. (2014): Effect of melatonin treatment on semen parameters and endocrine function in Black Racka rams out of the breeding season. *Small Rumin. Res.*, 116. 192-198.
- Faigl V. - Keresztes M. - Kulcsár M. - Nagy S. - Keresztes Zs. - Amiridis, S. - Solti L. - Huszenicza Gy. - Cseh S. (2009): Testicular function and semen characteristics of Awassi rams treated with melatonin out of the breeding season. *Acta Vet. Hung.*, 57. 531-540.
- Faigl V. - Keresztes M. - Márton A. - Schneider Z. - Korvin L. - Sándor S. - Novotniné D. G. - Árnysai M. - Jávora A. - Cseh S. - Huszenicza Gy. (2007): Melatonin-, ill. fénykiegészítés alapú ciklusindukációs technikák kiskérődzőkben. Élettani vonatkozások és gyakorlati alkalmazás. Irodalmi áttekintés. *MÁL.*, 129. 219-230.
- Joshi, A. - Bag, S. - Naqvi, S.M.K. - Sharma, R.C. - Mittal, J.P. (2005): Effect of post-thawing incubation on sperm motility and acrosomal integrity of cryopreserved Garoic ram semen. *Small Rumin. Res.*, 56. 231-238.
- Kaya, A. - Baspinar, N. - Yildiz, C. - Kurtoglu, F. - Ataman, M.B. - Haliloglu, S. (2000): Influence of melatonin implantation on sperm quality, biochemical composition of the seminal plasma and plasma testosterone levels in rams. *Revue Med. Vet.*, 151. 1143-1146.
- Kennaway, D.L. - Gilmore, T.A. (1985): Effects of melatonin implants in ram lambs. *J. Reprod. Fertil.*, 73. 85-91.
- Lincoln, G.A. - Lincoln, C.E. - McNeilly, A.S. (1990): Seasonal cycles in the blood plasma concentration of FSH, inhibin and testosterone and testicular size in rams of wild and domesticated breeds of sheep. *J. Reprod. Fertil.*, 88. 623-633.

- Malpoux, B. - Chemineau, P. - Pelletier, J.* (1993): Melatonin and reproduction in sheep and goats. In Melatonin, biosynthesis, physiological effects and clinical applications. H.S. Yu and R.J. Reiter eds. CRC Press Boca Raton Publishers, 253-287.
- Palacin, I. - Abecia, J.A. - Forcada, F. - Casao, A. - Cebrian, J.A. - Muino, T. - Palacios, C. - Pontes, J.M.* (2008). Effects of exogenous melatonin treatment on out of season fertility. *Ital. J. Anim. Sci.*, 7. 199-206.
- Rosa, H.J.D. - Juniper, D.T. - Bryant, M.J.* (2000): Effects of recent sexual experience and melatonin treatment of rams on plasma testosterone concentration, sexual behaviour and ability to induce ovulation in seasonally anoestrous ewes. *J. Reprod. Fert.*, 120. 169–176
- Rosa, H.J.D. - Silva, C.C. - Bryant, M.J.* (2012): The effect of melatonin treatment in ram on seasonal variation of testicular size and semen production parameters. *Small Rumin. Res.*, 102. 197-201.
- Sarlós P. - Egerszegi I. - Balogh O. - Cseh S. - Rátky J.* (2013): Seasonal changes of scrotal circumference, blood plasma testosterone concentration and semen characteristics in Racka rams. *Small Rumin. Res.*, 111(1-3). 90-95.
- Trecherel, E. - Batailler, M. - Chesneau, D. - Delagrangé, P. - Malpoux, B. - Chemineau, P. - Migaud, M.* (2010): Functional characterization of polymorphic variants for ovine MT1 melatonin receptors: possible implication for seasonal reproduction in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 122. 328-34.
- Vanecek, J.* (1998): Cellular mechanisms of melatonin action. *Physiol. Rev.*, 78. 3.

Érkezett: 2015. október

Szerzők címe: Faigl V. - Cseh S.
Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Szülészeti és Szaporodásbiológiai Tanszék és Klinika

Author's address: Faculty of Veterinary Science
H-1078 Budapest, István u. 2.
faigl.vera@gmail.com

A FÉNY SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A BAROMFITENYÉSZTÉSBEN A BAROMFI VILÁGNAPJÁTÓL A FÉNY NEMZETKÖZI ÉVÉIG

HORN PÉTER – SÜTŐ ZOLTÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A házityúk ősei a dzsungelytyúk a sűrű délkelet ázsiai őserdők lakói. Nagyon félnékek, kerülik az erősen megvilágított területeket. A mesterséges világítási programok során alkalmazott, viszonylag alacsony fényintenzitás összhangban van a vad ősök életmódjával, környezeti viszonyaival. Mesterséges világítási programok nélkül a folyamatos, évszaktól független étkezési- és tenyésztójás termelés, pecsenyecsirke előállítás nem lenne lehetséges. Ablaktalan, zárt tartási rendszerekben megfelelő világítási programokkal szabályozni tudjuk az ivarérés ütemét, maximalizálni tudjuk az állományok tojástermelését, a brojlerek növekedését, és befolyásolhatunk számos viselkedéssel és más értékmérőkkel összefüggő tulajdonságot is. A világítási programokban kihasználjuk a sötét-világos periódusok arányának, a fény intenzitásának, sőt színének – hullámhosszúságának – hatását, és ezek kölcsönhatásait is figyelembe véve a típust, a genotípust és a hasznosítás irányát. A LED fényforrások újabb lehetőségeket is teremtenek energiakímélő és monokromatikus jellegük miatt.

SUMMARY

*Horn, P – Sütő, Z.: THE ROLE OF LIGHT IN POULTRY PRODUCTION
From the idea of the World Poultry Day until International Year of Light*

The sensitivity of the domestic fowl regarding their reaction to light and its characteristics can be explained by the lifestyle of their ancestors, the jungle fowl. The basic features of the bird's vision are presented, the differences outlined in comparison to humans. Various lighting programs are discussed concerning the control and timing of sexual maturity of pullets, accelerating and retarding systems. The role of light duration, light intensity and colour of light are summarized as they affect egg production. A method of programming several layer houses to optimise egg collecting and grading facilities operating 24 hours continuously by rotating the dark and light periods is demonstrated. Lighting programs are presented for broiler chickens influencing performance based on experiments and practice using traditional types of lamps. All examples discussed and presented are relevant for windowless, closed housing systems. More recent light results obtained by using light emitting diodes (LED) are summarized regarding the effects of light colours on various traits of layers and broilers.

BEVEZETÉS

A Földön napjainkban a mintegy 10000 fajt magába foglaló változatos madárvilág leggyakoribb és legnagyobb jelentőséggel bíró faja a domesztikált tyúk, melynek hús- és tojástermelése együttesen az emberiség legfontosabb állati fehérjeforrását jelenti. A nemzetközi statisztikák szerint 2013-ban a világ baromfihús termelése 108 millió tonna volt, míg a világ tyúktojástermelése 68,3 millió tonna termékkel járult hozzá a glóbusz népességének ellátásához. A FAO (2010) előrejelzése szerint 2010 és 2020 között a világ hústermelésében a legnagyobb növekedést az akvakultúra után (3,5%/év) a baromfiágazat fogja elérni, átlagosan évi 2%-kal növelve a termékibocsátás összes mennyiségét. A baromfihús termelés kiemelkedő hatékonysága, valamint az emberiség fogyasztói igényének előbbiek szerinti alakulása egyértelműen a baromfihús termelés meghatározó szerepét vetíti előre a világban.

Fenti változással párhuzamosan a FAO 1,1%-os éves növekedési ütemet prognosztizál a világ tojástermelésében, melynek köszönhetően a várható termelés meg fogja haladni a 70 millió tonnát, ami több mint a világ jelenlegi teljes szarvasmarhahús termelése. Az adatok jól tükrözik, hogy az emberiség egy főre jutó napi állati fehérje ellátásában a baromfihús már ma is az állattenyésztési ágazatok közül vezető szerepet tölt be, melynek fölénye 2020-ig jelentősen tovább nő, az összes többi gazdasági állatfajt e tekintetben messze megelőzve (1. táblázat).

1. táblázat

**Az egy főre eső állati fehérje ellátás (g/fő/nap)
(1985-2020)**

Fehérjeforrás ⁽¹⁾	Év ⁽²⁾			
	1985*	1995*	2005*	2020**
Baromfihús ⁽³⁾	2,3	3,3	4,3	6,3
Tojás ⁽⁴⁾	1,8	2,2	2,5	2,7
Tej ⁽⁵⁾	4,1	4,2	4,4	4,5
Sertéshús ⁽⁶⁾	3,4	4,0	4,4	5,1
Marhahús ⁽⁷⁾	3,9	3,7	3,6	3,7

(*Magdalain, P. 2011 nyomán)

**OECD FAO 2012, USDA 2013 termelési előre jelzései alapján 1% évi népességnövekedés figyelembe vételével a 2005 évi adatsor alapján (Horn P., 2014)

Table 1. Animal protein supply quantity (g/capita/day) (1985-2020)
protein source (1); year (2); poultry meat (3); eggs (4); milk, whole (5); pork (6); beef (7)

Előbbi fejleményt joggal üdvözölhetjük, hiszen a baromfihús és tojástermelés esetében azoknak az ágazatoknak a prioritásáról van szó, amelyek a növényi termékeket a legnagyobb hatékonysággal alakítják át a legmagasabb biológiai értékű állati termékekké, mindezt úgy, hogy egységnyi termék előállításával a környezetre a legkisebb lábnyomot hagyják (Horn és Sütő, 2014).

A fény nagy fontosságú környezeti tényező és egyben eszköz is a baromfityénységben. A fény és annak jellemzői (pl. a világos és a sötét periódus tartama,

a fényerősség, a fény színe, illetve hullámhosszúsága) jelentősen befolyásolják a tyúkfélék viselkedését, anyagcsere folyamatait, és ezeken keresztül szinte minden olyan tulajdonságot, értékmérőt, amelyek a tenyésztő számára fontosak (Wineland, 2002).

A baromfitenyésztés különböző ágazataiban, elsősorban azonban a tyúkfajban, napjaink hatékony árutójás és hústermelése elképzelhetetlen világítási programok alkalmazása nélkül. A mesterséges világítási programok elterjedésének alapfeltétele volt az, hogy megérje a termelőnek a mesterséges fényforrások alkalmazása programozott világítási technológiák bevezetése érdekében. A 2. táblázat mutatja, hogy milyen mértékben csökkent a mesterséges fény „megvásárolhatósága” munkaidő ráfordításban kifejezve a különböző korszakokban (Ridley, 2012). A LED és a legújabb grafén LED tovább csökkentik a mesterséges fény „árát”. A mesterséges fényforrások alkalmazásán alapuló világítási programok a vázolt folyamatok nélkül szóba sem jöhetnek.

2. táblázat

Különböző korszakokban mennyi időt kellett dolgozni egyórai esti olvasáshoz elegendő fényért

(Ridley, 2012. adatai alapján összeállítva)

Időszak ⁽¹⁾	Fényforrás ⁽⁴⁾	Munkaidő (perc) ⁽¹⁰⁾
i.e. 1750 ⁽²⁾	szezámolajlámpa ⁽⁵⁾	3220
i.u. 1800 ⁽³⁾	faggyúgyertya ⁽⁶⁾	360
1880	kerozinlámpa ⁽⁷⁾	15
1950	izzólámpa ⁽⁸⁾	8
2010	kompakt fénycső (18W) ⁽⁹⁾	0,1

Table 2. Working time necessary for 1 hour light needed for reading in different periods period (1); before Christ (2); after Christ (3); source of light (4); sesame oil lamp (5); lard lamp (6); kerosene lamp (7); incandescent lamp (8); compact fluorescent tube (9); working time minutes (10)

A tyúktenyésztésben széles körben elterjedt világítási programok hatékonyságának megértését és részben állatjóléti szempontból történő elfogadásának elősegítése érdekében szükséges röviden a házityúk őseinek, a dzsungeltyúkoknak jellemző sajátosságaira utalni. Az ősök közül a háziasítás során legnagyobb szerepet a vörös dzsungeltyúk (*Gallus gallus*) játszotta, de a szürke (*G. sonneratii*), a ceyloni (*G. lafayetii*) és a zöld vagy villás farkú (*G. varius*) is a domesztikációs folyamatok részesei lehettek (Crawford, 1990). A dzsungeltyúkok Délkelet-Ázsia őserdeinek lakói. Alfred Brehm (1891) klasszikus munkájában a következőket írja: „A különböző dzsungeltyúk fajok életmódjáról feltűnően kevés beszámolót ismerünk. Valószínűleg azért, mert nagyon nehéz a megfigyelésük, az általuk lakott sűrű erdők a megfigyelőnek, vagy a vadásznak szinte leküzdhetetlen akadályt jelentenek. Rendkívül félénkek, szabad területen szinte nem kerülnek szemünk elé. Ez leginkább akkor sikerülhet, amikor kora hajnalban, napfelkelte előtt elhagyják az erdő sötétjét, az erdőszéli, nyílt területre is kimerészkedve táplálékot gyűjtenek. A legkisebb gyanús neszre vagy mozgásra az erdő nyújtotta védelmet keresik.”

A házityúk vad őseinek életmódját ismerve, aligha csodálkozhatunk azon, hogy a kései utódok már – számunkra rendkívül alacsonynak tűnő – gyenge erősségű megvilágításra is érzékenyen reagálnak. A következőkben kizárólag az ablaktalan, zárt istállórendszerben alkalmazott világítási programokat tárgyaljuk, a tyúkfajra súlyozottan. A mesterséges világítási programok alkalmazása tette lehetővé azt, hogy az évszakoktól függetlenül folyamatosan lehetett és lehet napjainkban friss tojással, valamint pecsenyecsirkével ellátni a fogyasztókat.

A FÉNY MINT KÖRNYEZETI INGER A MADARAKNÁL

A gerincesek (*Vertebrata*) törzsén belül a madarak (*Aves*) osztálya az egyik legfényérzékenyebb taxonómiai egység az állatvilágban. A rendszertanilag ide tartozó fajok életében a fény hatással van szinte minden életfolyamatukra, és meghatározza napi ritmusukat. A legtöbb madár nappali életmódú. Esetükben a látás megkülönböztetett élettani fontosságát bizonyítja, hogy a madarak szemé, valamint az agy látólebenye szokatlanul és feltűnően nagy, mindkettő relatív térfogata lényegesen nagyobb, mint az emlősöknél. A szem tömege ugyanakkor szoros összefüggést mutat a madár testtömegével.

Morfológiáját tekintve a madárszemnek is van alsó és felső szemhéja – ami csak alvás közben záródik – éppen ezért a madarak nem ezt használják pislogásra, hanem az ún. pislogóhártya tartja nedvesen a szemet, amely gyakorlatilag egy vízszintesen mozgó harmadik szemhéjnak felel meg. A házityúkon a pislogóhártya mozgása és a bóbiskoló madáron az alsó szemhéj felfelé záródása különösen jól megfigyelhető.

Anatómiailag a szem legbelső rétege az ideghártya (*retina*), ami a központi idegrendszer kitüremkedésének tekinthető, és ami a fény által kiváltott inger felvételére alkalmas idegsejteket (csapokat, pálcikákat), azaz receptorokat tartalmazza. Ezek rostjai alkotják a látóideget. A fény a *hypothalamo-hypophysealis* rendszer működésére szabályozólag hat (Fehér, 2004). A *hypothalamus* magvai ugyanis a *tractus opticohypothalamicus* útján összeköttetésben állnak a retinával, és a fény által kiváltott hatás ezúton is fokozza az ivari (*gonadotrop*) hormon termelését és kibocsátását a vérbe. Mindez serkenti a nemi mirigyek működését és fokozza a tojásrakást (Fehér, 1980).

A madarak szemének a fény hullámhossza (színtartománya) iránti érzékenysége általában az emlősökéhez hasonlónak mondható, bár egyesek a látható tartományt a vörös felé eltolódottnak tartják (Lencsés, 2005), ugyanakkor mások fontos jellemzőként azt emelik ki, hogy az emberrel ellentétben a madarak érzékenyebbek az ultraibolya (UV) fénytartományban (Alphin, 2014). Ha úgy tetszik, a madarak esetében logikusnak tűnik, hogy a különböző hullámhosszúságú fény más és más életfolyamatokra intenzívebb hatást gyakorol. Jelenlegi ismereteink szerint a baromfi a különböző hullámhosszúságú, azaz eltérő színű fényben különböző érzékenységet mutat. Tény, hogy a baromfi a fény színeit másképpen érzékeli, mint az ember, és ezért van az, hogy bizonyos izzók fényét erősebben, míg más izzók fényét intenzívebben érzékeli, mint az ember.

A madarak látása tehát nem azonos ugyanabban a vizuális spektrumban az emberével, továbbá a látható elektromágneses spektrum is eltér az emberi szem

és a baromfié között. Ennek végül is az az oka, hogy amíg az emberi szemre az ún. tri-kromatikus látás a jellemző, addig a tyúkra tetra-kromatikus látás. Ez azt jelenti, hogy az ember leginkább a vörös, a zöld és a kék hullámhosszú fényre érzékeny, míg a baromfi esetében az érzékenység egy negyedik spektrum komponensre, az ultraibolya tartományra is kiterjed.

A baromfinak két alapvető okból is fényre van szüksége. Az egyik, hogy természetes módon lásson, a másik, hogy a belső – neuro-endokrin – szabályozó mechanizmusokon keresztül kifejtse hatását a baromfi szervezetében a legkülönbözőbb anyagcsere folyamatokra, különösképpen a szaporodásra, azaz a tojástermelésre.

A VILÁGÍTÁSI PROGRAMOK HATÁSA AZ IVARÉRÉSRE

A tyúk (és a többi baromfifaj) ivarérésének idejére a kor, a genotípus, a testtömeg és testösszetétel, valamint a világítás együttesen hat. A megvilágítás tartamának erős hatását az ivarérés idejére már régen bizonyították exact kísérletekben (*Morris és Fox, 1958*). Télen keltetett jércék (nappalhossz 8 óra) tojástermelése 6 héttel korábban kezdődött, mint a nyáron keltéké (nappalhossz 16 óra). Az ivarérés idejét az határozza meg, hogy a nappalok hossza keléstől a nevelés végéig milyen mértékben növekszik, vagy csökken.

A potenciális ivarérés ideje genotípustól is függ. Kifejezetten jó tojástermelő típusok hamarabb, hústípusú állományok későbbben ivarérők. Tojó típusú jércék ivarérése (első tojás) maximálisan 13-14 hetes korra hozható előre akkor, ha 9 hetes kortól a 8 órás megvilágítást ivarérésig 13 órára növelik (*Lewis és mtsai, 1992*).

Az ivarérés idejének világítási programokkal történő szabályozása és optimalizálása céljából számos program ismert, melyek technikai kivitelezése függ a tojók típusától (tojó, vegyeshasznú vagy hústípus), a genotípustól (pl. leghorn vagy barna tojást termelő tojóhibrid), a felnevelés, valamint a tartás módjától (zárt intenzív vagy alternatív kifutós rendszerek). Az ivarérés idejét szabályozó sokféle, zárt istállóban alkalmazható világítási program közül példaként egyet mutatunk be az *1. ábrán*, szemléltetve egy ivarérést gyorsító és késleltető hatású megoldást Tetra SL tojóhibridre vonatkozóan.

A FOTOPERIÓDUS, A VILÁGOS ÓRÁK HOSSZA ÉS A TOJÁSTERMELÉS

A mérsékelt égövön késő ősszel, télen jellemző rövid nappalok idején mesterséges világítás kiegészítéssel már a XIX. század végén sikerült növelni a tojók tojástermelését. Természetes megvilágítás és mesterséges világítási program alkalmazása esetén a tojástermelésben mutatkozó különbségeket mutatja a *2. ábra Card és Nesheim (1972)* nyomán. A leghorn tojókat azonos körülmények között nevelték rövidülő nappalhossz mellett.

A *2. ábra* jól érzékelteti a világítási program alkalmazásában rejlő előnyöket, a rövidülő nappalhossz hatására bekövetkező gyors termelési visszaesés kiküszöbölését. A kezdeti időszakban a tojóidőszakra vonatkozóan konstans 13-14 órás

1. ábra Tojáshibridek világítási programjai attól függően, hogy az ivarérest siettetni vagy késleltetni kívánják

(Bábolna TETRA Kft., 2012)

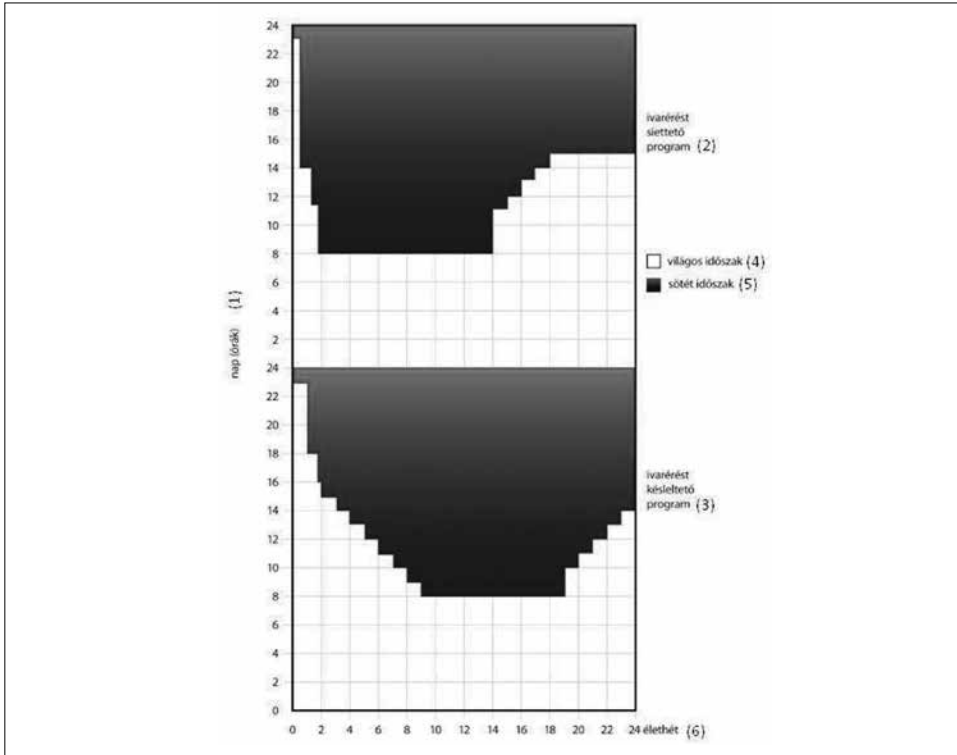


Figure 1. Lighting program for layers accelerating and retarding maturity day, hours (1); accelerating program (2); retarding program (3); light hours (4); dark hours (5)

megvilágítást ajánlottak. Különböző típusú tojótyúkokkal (pl.: leghorn és barnahéjú tojást tojó hibridek) végzett számos kísérlet alapján megállapítható, hogy a tojástermelési periódusban, a tojástermelés fenntartásában nagyobb hatása van a megvilágítási időtartam változásának, mint a megvilágított idő hosszának. A tojástermelés időszakában a megvilágított órák száma nem csökkenhet, melynek esetleges előfordulása semmiképpen nem marad következmény nélkül. A programok során döntő fontosságú, hogy a világos időszak hossza biztosítsa a tojók számára azt, hogy optimális időben képesek legyenek a kellő mennyiségű tápanyagot (és vizet) felvenni. Ez teszi lehetővé, hogy genetikai képességeiknek megfelelő számú, súlyú és héjszilárdságú tojást termeljenek. A különösen nagy tojástermelő képességű és viszonylag kis testtömegű tojók esetében tendenciájában hosszabb megvilágítási időszak ajánlott, mint a gyengébb tojóknál. Nem véletlen, hogy a tojóidőszakra vonatkozóan elég széles határok között változtak a különböző kísérletes vizsgálatok eredményei (összefoglalás: Lewis és Perry, 1995). Egy napjainkra jellemző, nagy tojástermelő képességű tojóhibrid számára ajánlott világítási programot (nevelés és tojóidőszak) mutatunk be a 3. táblázatban.

2. ábra Két azonos tyúkállomány százalékos tojástermelésének alakulása természetes megvilágítás és mesterséges világítási program alkalmazása mellett (Card, L.E. és Nesheim, M.C., 1972)

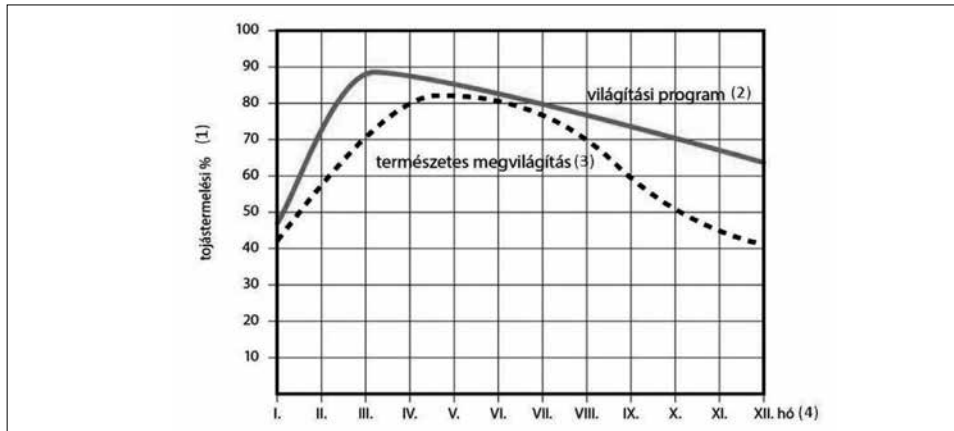


Figure 2. Laying curve (%) in natural daylight and lighting program egg production (1); lighting program (2); natural light (3); months (4)

A nagy tojástermelő képességű tojók (320-350 tojás 76 hetes korig) napi takarmányfogyasztása – alkalmazkodva a tojásképzés élettani folyamatához – az egész megvilágított időszakban viszonylag nagy. Két csúcstot ér el: az elsőt a világos időszak 5-6 órájában, a másodikat a sötét periódus előtti 2-3 órában. A vízfogyasztás intenzitása is hasonló. A tojőhibridekre jellemző, hogy az állományok tojástermelési ritmusa is alkalmazkodik a világítási programokhoz. A barnahéjú tojást termelő hibridek 10 %-a már megtojt a világítás kezdetére, és az állomány szinte 100 %-a befejezi a tojásrakást a megvilágított időszak 8. órájában. A leghorn típusú tojók mintegy 3 órával később kezdik a termelést, a befejezés ideje közelíti az előzőkét (Joly, 2001, idézi Galea, 2014).

A vázolt jelenséget – a tojótyúk állományok tojásrakásának szabályszerű igazodását a világítási programok által szabályozott, sötét-világos periódusokhoz zárt, ablaktalan istállóknban – jól fel lehet használni nagy telepeken arra, hogy 24 órás folyamatos üzem mellett optimalizálják a tojásosztályozó és csomagoló egység kapacitását, több tojóház összekötésével. Az egyes istállók világítási programjainak megfelelő időbeli eltolásával ez könnyen megoldható, amint ezt már az USA-ban, az 1970-es években is láthattuk többszázszáz tojótelepeken. Az eljárás elvét a 3. ábrán mutatjuk be.

A FÉNY INTENZITÁSÁNAK ÉS A FÉNY SZÍNÉNEK SZEREPE A VILÁGÍTÁSI PROGRAMOKBAN

A fény erőssége azért lényeges, mert meghatározza, hogy az adott hullámhosszúságú fény kellően átlépi-e a tyúk extra-retinális receptorainak ingerküszöbét. A fényintenzitás fokozatainak érzékeltesére néhány példa: erős napfény kb. 80000 lux, felhős ég 5000 lux, irodavilágítás 500 lux, holdfény 0,2 lux.

3. táblázat

A tojástermelés beindulását és fenntartását szolgáló világítási program, intenzíven termelő közepnehéz tojóhibridek számára

(Bábolna TETRA Kft., 2012)

Életkor ⁽¹⁾	Megvilágított órák száma ⁽²⁾	Intenzitás ⁽³⁾ (lux)
1-3 nap ⁽⁴⁾	23-24 β	20-30
4-7 nap	18	10-20
2. hét ⁽⁵⁾	14	5-10
3. hét	12	5-10
4-17. hét	8	5-10
18	9 Ý	10-20
19	10	10-20
20	11	20-30
21	12	20-30
22	12,5	20-30
23	13	20-30
24	13,5	20-30
25	14	20-30
26-50. hét	14	20-30
51	14,5	20-30
52	15	20-30
53	15,5	20-30
54	16 Ű	20-30
55. héttől	16	20-30

Table 3. Lighting program for brown egg type layers
age (1); light hours (2); light intensity (lux) (3); days (4); weeks (5)

Napjainkig releváns exakt kísérletek alapján már tisztázták az 1960-as 70-es években, hogy tojó típusú tyúkok ivarérésének szabályozására, vagy a tojástermelési időszakban alkalmazott világítási programokban tág határok között (1-70 lux) változhat a fény intenzitása, negatív hatások nélkül. A nevelés során már 1-2 lux hatékony tojó típusú jércéknél (Morris, 1966).

A tojóidőszakban Francis és mtsai (1972) leghorn tojóknál 3 lux és 30 lux közötti tartományban nem találtak különbséget a termelésben, delaware tojóknál 3-30 lux között folyamatos termelésnövekedést mértek, ha emelték a fényerőt. Tucker és Charles (1993) szerint a nagy termelőképességű tyúkok magas szinten képesek a tojástermelésre, viszonylag széles fényintenzitás tartományban (0,75-12,4 lux), ami feltehetőleg a szelekciónak is köszönhető. Az alacsony fényintenzitások a biológiai határokat jelentik, összefüggenek a házityúk őseinek életmódjával is. Az ember ezt sötétnek érzi, az EU is a minimális fényintenzitást jóval magasabban határozza meg. Vitathatatlan, hogy az EU által előírt minimális fényerősség megkönnyíti a dolgozók munkáját, az állatok megfigyelését, és nem árt a tyúkoknak.

3. ábra Az étkezési tojástermelés programozása istállónként eltérő fényprogrammal

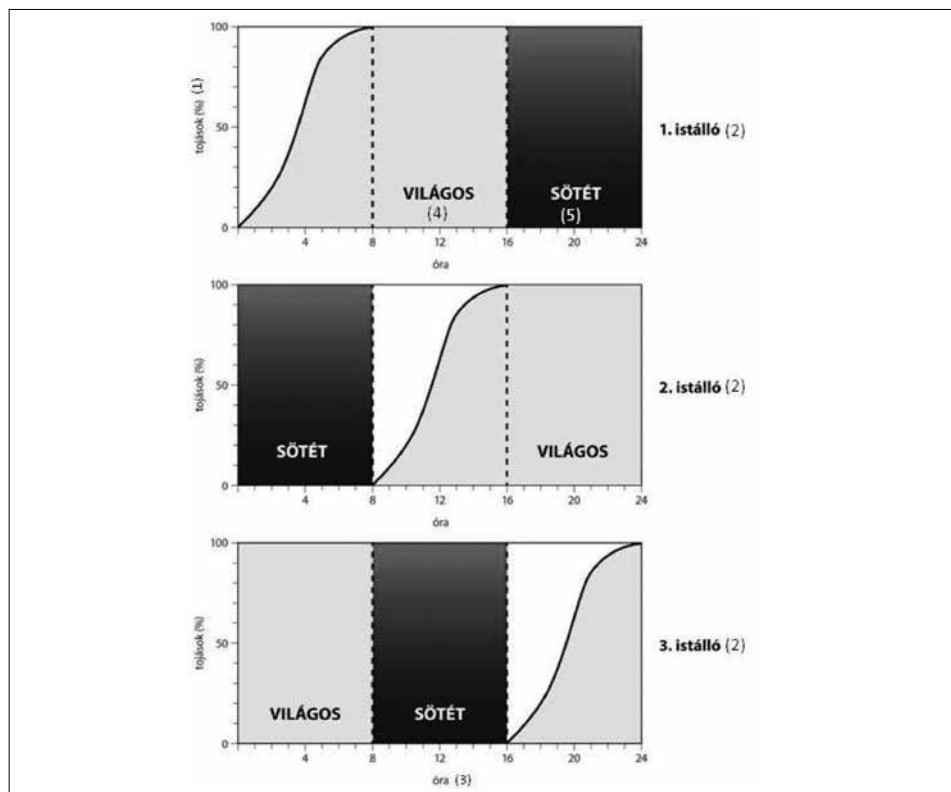


Figure 3. Programming houses to optimize egg collecting and grading facilities

24 hours continuously rotating the dark and light periods
 egg produced (%) (1); 1, 2, 3 poultry houses (2); hours (3); light (4); dark (5)

A fényerősség elsődleges szerepe mellett, a fény színének (hullámhosszának) is hatása van a tyúk viselkedésére, sőt befolyásolja kisebb-nagyobb mértékben az egyes értékmérő tulajdonságok kifejeződésének mértékét a genetikai képességek határain belül. A viselkedési és az egyes termeléssel összefüggő tulajdonságokra elsősorban a nagyobb hullámhosszúságú színek hatnak, mint a vörös, a narancs, a sárga, a zöld és a kék.

A 4. táblázat összefoglaló áttekintést ad a fény színének hatásairól néhány viselkedéssel és termeléssel összefüggő tulajdonságra. A táblázatban még nem szerepelnek az elmúlt évtizedben mind szélesebb körben elterjedő, színes LED fényforrásokkal elért eredmények, ezeket később tárgyaljuk.

BROJLEREK VILÁGÍTÁSI PROGRAMJAI

A pecsényecsirke nevelése során a fénynek alapvetően kettős szerepe van: segítse elő, hogy a madarak az eleséget és a vizet megtalálják, és tegyék lehetővé

A fény színének hatása a tyúk egyes értékmérőire

(Rodenboog, 2001, nyomán)

Értékmérő tulajdonságok ⁽¹⁾	A fény színe ⁽¹⁰⁾
Növeli a tömeggyarapodást ⁽²⁾	zöld, kék ⁽¹¹⁾
Késlelteti az ivarérést ⁽³⁾	zöld, kék ⁽¹¹⁾
Siettetni az ivarérést ⁽⁴⁾	piros, narancs, sárga ⁽¹²⁾
Idegességet mérséklő ⁽⁵⁾	piros ⁽¹³⁾
Kannibalizmust csökkenti ⁽⁶⁾	piros, kék ⁽¹⁴⁾
Növeli a tojástermelést ⁽⁷⁾	piros, narancs ⁽¹⁵⁾
Növeli a tojások tömegét ⁽⁸⁾	sárga ⁽¹⁶⁾
Javítja a kakasok termékenységet ⁽⁹⁾	zöld, kék ⁽¹¹⁾

Table 4. The relationship between light color and production characteristics

subject (1); improves growth (2); slows down maturity (3); speeds up maturity (4); decreases nervousness (5); decrease cannibalism (6); increases egg production (7); increases egg size (8); increases male fertility (9); light color (10); green, blue (11); red, orange, yellow (12); red (13); red, blue (14); red, orange (15); yellow (16)

azt, hogy a gondozó jól megfigyelhesse az állományt az istálló minden részében. Ablaktalan brojler nevelőkben a világítási programok célja elősegíteni a maximális tömeggyarapodást, a jó takarmányértékesítést, minimális elhullás és alacsony energiaköltség mellett.

Az első életnapokban (1-7 nap) viszonylag nagy fényintenzitás szükséges (30-40 lux) azért, hogy a csirkék jól lássák a vizet és takarmányt, később, élettanilag a hizlalás végéig 3 lux is elegendő lenne a madaraknak a maximális teljesítményük eléréséhez (Wilson és mtsai, 1984). A gondozók viszont általában minimálisan 5 lux fényintenzitásnál látnak elég jól ahhoz, hogy az állományokat ellenőrizhessék. Ezért sok országban (pl. USA) a 7. nevelési naptól a hizlalás végéig 5 lux a technológiai ajánlás (Lacy, 2002). Az EU – „állatjóléti” okokra hivatkozva – 2012-től minimum 20 luxban határozta meg az intenzitást a hizlalási periódus végéig (Bárány, 2013).

EU elvárások szerint a brojler hizlalásban szimulálni kell a naplementét és a napfelkeltét. Az első napokban 23-24 óra megvilágítási idő betartása a szokásos, majd a csirkék épületben való elhelyezésétől számított 7 napon belül olyan 24 órás ritmust követő megvilágítást kell alkalmazni, amely összesen legalább napi 6 órányi sötét időszakot foglal magában. A sötét időszakok közül egynek megszakítás nélkül legalább 4 órán át kell tartania, melyben nincsenek félhomályos időszakok. A vágás várható időpontja előtt 3 nappal ezen megvilágítási mód alkalmazásával fel lehet hagyni (32/1999. (III.31.) FVM r.).

A LED SZEREPE VILÁGÍTÁSI PROGRAMOKBAN

A LED (*light emitting diode*) viszonylag új, hatékony mesterséges fényforrás, amely növekvő szerepet játszik a tyúktenyésztésben, különösen mióta több szí-

nű, monochromatikus fényt kibocsátó változatban is hozzáférhető. A különböző színű LED megvilágítás hatását vizsgálva tojó típusú tyúkok viselkedésére megállapították, hogy az evésre fordított idő nőtt vörös és fehér világítás hatására a zöldhöz képest. Ugyanakkor nőtt az agresszivitás a vörös LED hatására, csökkent a zöld és tovább mérséklődött a fehér LED világítás esetében (*Huber-Eicher és mtsai, 2013*).

Több szerző tanulmányát összegezve *Parvin és mtsai (2014a)* megállapították, hogy a LED alkalmazása során a tojástermelés nőtt, de a takarmányértékesítés nem változott. Zöld LED növelte a tojások súlyát. Kék, zöld és fehér LED világításhoz képest a vörös LED csökkentőleg hatott a megtermelt tojások súlyára.

LED-del világított bojleristállóban az állatok nyugodtabbak voltak, tömeggyarapodásuk meghaladta, és a kiesések mértéke 0,5 %-kal alacsonyabb volt, mint a hagyományosan megvilágított istállóban nevelt kontrolloké (*Hunt, 2009*). Kompakt fénycsővel világított és fehér LED-del megvilágított brojlerek esetében az utóbbiak több takarmányt fogyasztottak 21, 28 és 35 napos korban (*Mendes és mtsai, 2013*).

Brojlerek növekedésére stimulálólag hatott a zöld-kék LED kombináció, amit a hízalás folyamán a nagyobb hullámhosszúságú vörös LED kiegészítéssel tovább lehetett fokozni (*Olanrevaju és mtsai, 2006*).

A sárga LED világítás növekedést javító hatását mutatták ki *Kim és mtsai (2013)*. Brojlerek növekedését kedvezően befolyásolta a zöld LED a nevelés elején, majd kék LED megvilágítás, konstans 15 lux intenzitással, a hízalás végéig (*Cao és mtsai, 2008*). A különböző színű LED világítótestek alkalmazása a brojler hízalásban hatással van a brojlerek testösszetételére, vágóértékére, sőt befolyásolhat élettani jellemzőket (pl. immunitást) is (összefoglalás: *Parvin és mtsai, 2014b*).

Aligha kétséges, hogy a LED világítási technológiák jelentős szerepet játszanak már a jelen és még inkább a jövő baromfitenyésztésében. A különböző színű monochromatikus LED fényforrások további lehetőséget teremtenek, hogy a kutatások további részleteit tárhassák fel annak, hogy a fény színe hogyan hat a baromfi legkülönbözőbb élettani, termelésbiológiai, viselkedési és más sajátosságaira, és ezek között milyen kölcsönhatások érvényesülnek. Ezek a kutatások tovább fogják árnyalni a fény, mint környezeti tényező különleges szerepét a baromfitenyésztés és termék előállítás gyakorlatában.

IRODALOMJEGYZÉK

32/1999. (III. 31.) FVM rendelet a mezőgazdasági haszonállatok tartásának állatvédelmi szabályiról.

(http://www.mvh.gov.hu/portal/MVHPortal/default/egyebek/joganyagok/321999_iii_31_fvm_rendelet_201110405_1021197)

Alphin, B. (2014): Impact of Light on Poultry. Lighting Conference March 11, 2014, Department of Animal & Food Sciences, Newark, Delaware, USA. (<http://extension.umd.edu/poultry/commercial-poultry-production/previous-conferencemeeting-notes>)

- Bárány P. (2013): A brojlerhizlalás főbb technológiai kérdései. In: Versenyképes brojlerhizlalás (Szerk.: Bárány L., Pupos T., Szöllősi L.) 81-168. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (Profmax sorozat), Budapest
- Brehm, A. L. (1891): Brehms Tierleben. Vögel. Bd. 2. Leipzig und Wien. Bibliographisches Institut
- Bábolna TETRA Kft. (2012): Bábolna Tetra Hybrids Management Guide. 1-28. Bábolna TETRA Kft. Bábolna/Uraiújfalu. (<http://www.babolnatetra.com>)
- Cao, J. – Liu, W. – Wang, Z. – Xie, D. – Jia, L. – Chen, Y. (2008): Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *J. Appl. Poultry Res.*, 17. 211-218.
- Card, L. E. – Nesheim, M. C. (1972): *Poultry Production*, 11th ed. Lea & Fabiger, Philadelphia, USA.
- Crawford, R. D. (1990): Origin and history of poultry species. In: Crawford, R. D. Ed. *Poultry Breeding and Genetics*. Elsevier, Amsterdam
- Fehér Gy. (1980): A háziállatok funkcionális anatómiája I-III. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Fehér Gy. (2004): A háziállatok funkcionális anatómiája. Készült az OM támogatásával a Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított Felsőoktatási Tankönyv- és Szakkönyv-támogatási Pályázat keretében. Mezőgazda Kiadó, Budapest (<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/haziállatok/index.html>)
- Francis, D. W. – Reid, B.L. – Wilson, W. O. (1972): Effects of atmospheric stresses on the performance of poultry. *Agr. Exp. Stat. Bull.* 601. New Mexico State Univ.
- Galea, F. (2014): Split feeding – the concept and benefit for laying hens. *Int. Poultry Prod.*, 23. 21-23.
- Horn P. (2014): Termelés és versenyképesség. *Baromfiágazat*, 14. 4-9.
- Horn P. – Sütő Z. (2014): A világ baromfihús-termelése és az előállítás versenyképessége. *Acta Agr. Kaposváriensis*, 18. 14-29.
- Huber-Eicher, B. – Suter, A. – Spring-Stahli, P. (2013): Effects of coloured light emitting diode illumination of behaviour and performance of laying hens. *Poultry. Sci.*, 92. 869-873.
- Hunt, J. (2009): Shedding some light on lifting bird welfare. *Wld Poultry*, 163. 34.
- Kim, M. J. – Parvin, R. – Mustaq, M. M. H. – Hwangbo, J. – Kim, J.H. – Kim, D. W. – Kang, H. K. – Kim, C. D. – Yang, C. B. – Choi, H. C. (2013): Growth performance and haematological traits of broiler chickens reared under monochromatic light sources. *Poultry Sci.*, 92. 1461-1466.
- Lacy, M. P. (2002): Broiler management. In: *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. Eds. Bell, D. D. – Weaver, W. D. Jr. Kluwer Academic Publishers
- Lencsés Gy. (2005): A fény szerepe a madarak életében. *A baromfi*, 8. 22-28.
- Lewis, P. D. – Perry, G. C. – Morris, T. R. (1992): Effect of timing and size of light increase on sexual maturity in two breeds of domestic hen. *World's Poultry Sci.*, Congress Amsterdam, 1. 689-692.
- Lewis, P. D. – Perry, G. C. (1995): Effects of lighting on reproduction in Poultry. In: *Poultry Production*. Ed.: Hunton, P., Poultry Production, Elsevier
- Magdalaine, P. (2011): Egg and egg product production and consumption in Europe and rest of the World. Improving quality of eggs and egg products Woodhead Publishing Ltd. 1. 4-16.
- Mendes, A. S. – Paixao, S. J. – Restelatto, R. – Morello, G. M. – Jorge de Moura, D. – Possenti, J. C. (2013): Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *J. Appl. Poultry Res.*, 22. 62-70.
- Morris, T. R. (1966): Light and sexual maturity in the fowl. Ph.D thesis .Univ. Reading, UK
- Morris, T. R. – Fox, S. (1958): Light and sexual maturity in the domestic fowl. *Nature*, 181. 1453-1454.
- Olanrewaju, H. A. – Thaxton, J. P. – Dozier, W.A. – Purswell, J. L. – Roush, W. B. – Branton, S. L. (2006): A review of lighting programs for broiler chickens. *Int. J. Poultry Sci.*, 4. 301-308.
- OECD-FAO (2012): OECD-FAO Agricultural outlook 2012-2021.
- Parvin, R. – Mushtaq, M. M. H. – Kim, M. J. – Choi, H. C. (2014^a): Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. *Word's Poultry Sci. J.*, 70. 543-556.

- Parvin, R. – Mushtaq, M. M. H. – Kim, M. J. – Choi, H. C.* (2014^b): Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for immunity and meat quality of poultry. *World's Poultry Sci. J.*, 70. 557-562.
- Ridley, M.* (2012): A józan optimista. A jólét evolúciója. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Rodenboog, H.* (2001): Sodium, green, blue, cool or warm-white light? *World Poultry*. 17. 22-23.
- Tucker, S. – Charles, D. M.* (1993): Light intensity, intermittent lighting, and feeding regime during rearing as affecting egg production and egg quality. *Br. Poultry Sci.*, 34. 255-256.
- USDA (2013): USDA Agricultural Projections to 2022. Washington: United States Department of Agriculture, USA. (<http://www.ers.usda.gov/publications/>)
- Wilson, J. L. – Weaver, Jr. W. D. – Beane, W. L. – Cherry, J. A.* (1984): Effects of light and feeding space on leg abnormalities in broilers. *Poultry Sci.*, 63. 565-567.
- Wineland, M. J.* (2002): Fundamentals of managing light for poultry. In. *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. 5th Ed. Eds: Bell, D. D. – Weaver, W. D. Kluwer Academic Publishers.

Érkezett: 2015. október

Szerzők címe: Horn P. – Sütő Z.
Kaposvári Egyetem

Author's address: Kaposvár University
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
horn.peter@ke.hu

A KIEGÉSZÍTŐ VILÁGÍTÁSI RENDSZEREK TERJEDÉSE A KÉRŐDZŐK TARTÁSTECHNOLÓGIÁJÁBAN

GÁSPÁRDY ANDRÁS – BÉRI BÉLA

ÖSSZEFOGLALÁS

Gazdasági haszonállataink élete, szaporodási ciklusa és termelési környezete egyre inkább elválik a hagyományos, szezonális és természet közeli állapottól. A megnövekedett egyedi termelés igényeinek kielégítése és ellenőrzése mára a kérődzők esetében az ún. precíziós állattartás eszközrendszerében valósul meg. Ennek egyik eleme a szezonálisan változó napfényes órák számának kiegészítése mesterséges megvilágítással, illetve csökkentése sötétítéssel. A szerzők a kérődző háziállat fajok (szarvasmarha, kecske és juh) különböző hasznosítású típusaiban (tej- és húshasznosítás) eddig megjelent kutatásokról számolnak be. A tapasztalatok szerint a világos időszakok hatása igazoltan kedvezőnek tekinthető nemcsak a termelés, hanem a fejlődés, a szaporodás, az állati jóllét, az állatok egyedi megfigyelése, valamint az üzemi dolgozók munkakörülményeinek tekintetében is. A szerzők egyúttal felhívják a figyelmet a kiegészítő megvilágításban rejlő lehetőségek hazai kihasználására is.

SUMMARY

Gáspárdy, A. – Béri, B.: SPREADING OF SUPPLEMENTAL LIGHTING IN THE HOUSING SYSTEM OF RUMINANTS

The life, the reproductive cycle and the production environment of our economic farm animals are increasingly divorced from the traditional, seasonal and natural state. The satisfaction of needs on increased individual performances and its control are realised in the tool system of a precise animal husbandry. One element of this is supplementing the natural daylight of seasonal alteration by artificial lighting or even limiting it by darkening. The authors report on researches carried out in ruminants (cattle, goat and sheep) used for different purposes (dairy and beef). According to the experiences, the effect of lighting hours is considered to be favourable not only on the production, but on the development, reproduction, well-being, individual control of the animals and on the working conditions of the job holders as well. The authors also draw attention to the potential being inherent in utilization of the supplemental lighting system in Hungary.

BEVEZETÉS

A világos órák száma az egyenlítő környékén naponta 12 óra. Az egyenlítőől távolodva nyáron a nappalok hosszabbak, télen rövidebbek. Magyarországon a nappalok hossza 16 és 8 óra között változik az év során; a napfordulók idején kissé több, mint 12 óra. A szarvasmarha háziasításának helyén a nappalok nyáron kis mértékben rövidebbek (15 óra), télen hosszabbak (9 óra); tehát a természetes fényperiódus kiegyenlítettebb. Az utóbbi évezredekben a szarvasmarha Anatóliából a Föld távoli, eltérő éghajlati adottságú területeire is eljutott, és ott is megállja a helyét mint intenzíven termelő gazdasági haszonállat. Európában hagyományosan, a tél végén ellett tehének tejtermelésének a laktáció eleji felfutását a tavasszal hosszabbodó nappalok természetes úton támogatták.

Háziállataink – a vad ősohöz hasonlóan – sokáig megőrizték szezonálisukat, vagyis az életük (és szaporodásuk) az évszakoktól függően változott, illetve évenként ismétlődött. A mai teljesítményközpontú állattenyésztésünkben az állatok élete egyre jobban elválik a természetes környezettől, így az évszakok hatásától is. A szakemberek előtt jól ismert a növekedő népesség állati eredetű fehérjével való ellátása érdekében szükségszerűen kialakított iparszerű termelés rendszer, amelyet sok esetben a teljesen zárt tartás, vályúból való monodiétás takarmányozás, egész éven át történő szaporítás és termeltetés (egyenletes élelmiszer-alapanyag előállítás) és teljesen mesterséges környezet jellemez, folyamatos emberi, illetve on-line műszeres/gépi felügyelet és kiszolgálás (precíziós állattartás) mellett.

Az új termelési környezetben az ember szinte teljes mértékben szabályozni tudja az állati szervezetre ható külső és belső környezeti tényezőket. A fény a termelő állatot érő környezeti hatások egyike. A szakosítást (specializált fajták kitenyésztését) követően fokozott figyelem terelődött a világítási rendszerek célzott állattenyésztési felhasználására. A fény erőssége, eloszlása, színösszetétele és a megvilágítás tartama mind befolyással van az állatok közérzetére és viselkedésére. Noha mesterséges világítással az állatok napi (cirkadián) és évszakhoz kötött (szezonális) ciklusát jelentősen megváltoztatjuk, és ezek szakszerű megválasztásával jó irányba tudunk hatni állatainkra. A megfelelő megvilágítás – sok más mellett - segít megőrizni az egészséget és javítani a termelést.

A zárt tartás, vagy a nyitottan tartott állatok időleges bezárása lehetőséget biztosít a fényviszonyok mesterséges szabályozására. A baromfitenyésztésben a tyúkok tojástermelésének irányítása, a ludak ciklikus termelésének megszüntetése régóta eredményesen alkalmazott módszer. A fény segítségével a lovak termékenyítését is befolyásolhatjuk, ciklusuk és ivarzásuk a tenyésztő igénye szerint módosítható. A takarmányfelvétel módosítása a fényviszonyok változtatásával szintén elterjedten alkalmazott és kutatási eredményekkel igazolt tartástechnológiai lehetőség.

Tanulmányunk célja a kérődző háziállat fajok (szarvasmarha, kecske és juh) különböző hasznosítású típusaiban (tej- és húshasznosítás) az eddig megjelent – főként észak-amerikai – kutatási eredményeket összefoglalni, s egyúttal felhívni a figyelmet a kiegészítő megvilágításban rejlő lehetőségekre a hazai alkalmazás érdekében.

A FÉNY HATÁSA A SZERVEZETRE

Az élettani folyamatok befolyásolása fénnel meghatározóan a melatonin termelés befolyásolásával történhet. A melatonint a hipotalamusz által vezérelve az epitalamuszokban lévő tobozmirigy választja ki. A hipotalamusz számára az információt a retinában található fotopigmentek érzékelik eltérő erősséggel. A melanopszin nevű fotopigment működését az A-vitamin is szabályozza. A melatonin kiválasztást a megvilágítás időtartamán kívül befolyásolja a fény erőssége (általában 1000 lux), a hullámhossza (420-440, vagy mások szerint 470-475 nm kékfény) és a megvilágítás iránya (a fény beesésének szöge). A melatonin képződés leptinen keresztül hat az energiaháztartásra és az emésztőrendszerre. A kiválasztott melatonin a vérrel jut el az emésztőrendszerhez, a retinához, a bőrhöz, vagy akár a csontvelőhöz. A melatonin receptorok közül meg kell említenünk a hipofízist, ami elsősorban a reprodukcióra van hatással és a hipotalamuszt, ami a napi biológiai órát szabályozza. A szakirodalom ez utóbbit nevezi cirkadián ritmusnak. Egy cirkadián ritmus nagyjából 24 órás ritmus, ami az élőlények biokémiai folyamataiban és viselkedésében jelentkezik. A ritmusokat az ember és az állat saját időmérő rendszere vezérli, de ezeket külső szinkronizáló hatások segítenek beállítani. Ezek közül legfontosabb a fény. A fény teszi lehetővé, hogy az élőlények számítsanak a külső környezet időszakos változásaira és erre fel tudjanak készülni. Lehetséges 24 órásnál rövidebb idejű ciklus, amit ultradiánnak, valamint hosszabb idejű ciklus, amit infradiánnak nevezünk. Humán kutatások igazolták, hogy a napközbeni alvás stresszoldó hatású, a téli fényhiány pedig depresszióhoz vezethet. A cirkadián ritmus felborulása veseelégtelenséget okoz, vagy hosszabb éjszakai műszakban dolgozóknál a ritmuszavar rákot eredményezhet. A hosszabb repülőúton más időzónába kerülő embereknél a *jetlag* (időeltolódás) közismert probléma. Melatonin receptornak tekinthető (MT2) az emlősök retinája is. A biológiai óra működését és ennek genetikai szabályozását (period gén) már 1971-ben az *Drosophila melanogaster*-ben (ecetmuslica) megtalálták. A genetikai kutatások 2000-ben ugyanezt a gént azonosították és összefüggésbe hozták az alvászavarral. A melatonin kibocsátás periodikus és a fényviszonyoktól függően változik. Gyakorlatilag a fotopigmentek érzékelik a fényt, az információt továbbítják az agy felé, az epitalamuszban képződik a hormon és ez befolyásolja akár az alvást, akár a táplálék-, vagy ivóvíz-felvételt.

A tejhasznosítású szarvasmarhánál az elmúlt évtizedekben általánossá vált a kötetlen, nyitott tartásmód, így a fényviszonyok a mindenkori évszakhoz és napszakhoz igazodtak. 1970 óta foglalkoznak kutatók a megvilágítás természetes ciklusának módosításával. A mesterséges fény felhasználásával leggyakrabban az intenzíven termelő teheneknél értek el biztató eredményeket.

A KIEGÉSZÍTŐ VILÁGÍTÁS HATÁSAI

Szarvasmarha

A napi 16 órás megvilágításra a tehének szérum prolaktin szintje emelkedik, míg melatonin szintje csökken (Lawson és Kennedy, 2001, Auchtung és mtsai, 2005). A laktáló tehének napi 12 órás (vagy ez alatti) nappali megvilágításának

folyamatos 16 (18) órás megvilágításra történő emelésével a tejtermelés 8-10%-kal nő, és 6%-kal fokozódik a takarmány- valamint a szárazanyag fölvtétel (*Peters és mtsai*, 1978, 1981). Hazánkban a nyári napfordulón éri el a természetes fotoperiódus a napi 16 óra világost, tehát az év jelentős részében nálunk is alkalmazni lehetne a kiegészítő megvilágítást. *Buyserie és mtsai* (2001) legalább 160 (de inkább 200) luxban határozták meg annak a fénynek az erősségét, ami képes a melatonin termelődését gátolni, más szóval e felettinek kell lennie ahhoz, hogy a mesterséges megvilágításnak haszna legyen. Ettől függetlenül 110 luxtól tekinthető a fényerő „igazi világosságnak”, amiben biztonságosan lát a tehén, jól érzékeli környezetét, valamint aktivitást mutat. A mesterséges világítás esetén 446-447 nm hullámhosszú kék, vagy 530-550 nm hullámhosszú fehér színt alkalmaznak. A tej beltartalmának a megvilágítástól függő változásáról nem születtek egyértelmű eredmények; bár az ismert összefüggés alapján a tejmenyiség növekedésével valószínűleg hígul a tej (de a zsír+fehérje összes mennyisége nőhet; *Dahl és mtsai*, 2000).

A teheneknek kettő-négy hét szükséges ahhoz, hogy a szervezetük átálljon az új világításra (*Tucker*, 1992; *Dahl és mtsai*, 1997). Az erős fény ingerli a tehén szemét, és a szervezete csökkenti a melatonin termelését. Megállapították, hogy ha a fény erőssége eléri az 1000 luxot, akkor már nem fokozódik tovább a tejtermelés, hanem gátlódik. A természetes fotoperiódushoz képest a folyamatos 24 órás megvilágítás sem eredményez többlet tejtermelést (*Marcek és Swanson*, 1984), állatjóléti oldalról pedig nem is engedhető meg. A vakító fény a szem kifáradásához, a látás romlásához és kellemetlen érzéshez, diszkomforthoz vezet.

González-Barragán és Calzada (2014) eredményei szerint a kiegészítő megvilágításnak csak a laktáció csúcspontját követően (kb. a 75. tejelési naptól kezdődően) van pozitív befolyása a tejtermelésre. Amennyiben ez igaz, akkor a laktációs szakasz szerint kialakított termelési csoportoknak még nagyobb a jelentősége, illetőleg még nagyobb figyelmet kell a térbeli elkülönítésükre fordítani, nem beszélve a szárazon álló tehenekről.

Felvetődik a mesterséges és kiegészítő megvilágítás más módszerekkel történő együttes alkalmazása. Ilyen a hosszú nappalok időszakában a napi legalább háromszori fejés. Fejőrobot megléte esetén a napi fejés/fejődés száma mindenképpen több mint három.

Az USA-ban vizsgálatokat folytattak a hosszú nappali világítás és a növekedési hormonnal (bST - *bovine somatotropin*) való kezelés hatásairól (*Miller és mtsai*, 1999; *Dahl*, 2005). Megállapították, hogy mindkét faktor egymástól függetlenül is növeli a prolactin (PRL) és az IGF-I (*insulin-like growth factor-I*) szintjét, és arra következtetésre jutottak, hogy a párhuzamos alkalmazásuk esetén a tejtermelés még jobban, összesen kb. 6,8 kg-mal növelhető. A mesterséges hormonok alkalmazását, azonban a fogyasztók ellenérzése miatt, a legtöbb országban – így hazánkban is – tiltják.

Lényeges, hogy a nem megvilágított időszak alatt folyamatos 6-8 órás sötét legyen. Halvány vörös izzók (7,5 wattos égők 6-10 méterenként) elégségesek a tehenek sötétben való mozgásához és megfigyeléséhez. A tehenek számára ugyanis az 55 lux alatti fényerősség már sötétségnek számít. A tehenek egyébként sötétben is megtartják tájékozódó-képességüket. A szarvasmarha a vörös színt (az 560 nm fölötti hullámhosszat) nem érzékeli.

Piva és mtsai (1992) megfigyelései szerint a kiegészítő megvilágításban részesített tehének szaporodási folyamatai is rendezettebbek szemben azokkal, amelyek 13,5 órás, vagy rövidebb megvilágítást kaptak. Ugyanakkor, az egész éven át szabályozott kiegészítő megvilágítás mellett is kimutatható évszaki hatás az újravemhesülés sikerében – valószínűleg a hőmérséklet hatása miatt – mivel télen késik a ciklusba lendülés (*Dahl és mtsai*, 1998).

Érdekes fejtegetésbe fogtak *Barash és mtsai* (2001) a kiegészítő megvilágítás téli alkalmazását illetően, hiszen nincsenek egyértelmű ismereteink arról, hogy mennyiben változik meg a tehének téli való felkészülése. Amennyiben ugyanis elmarad a téli szőrköntös növesztése, akkor féltő, hogy a hideg ellen nem tudnak védekezni az állatok.

Gazdaságossági számítások szerint kifizetődő a tejhasznú állományok kiegészítő világitása, mert a többlet tej miatt egy év alatt megtérülnek a világitási rendszer kialakításával és üzemeltetésével járó kiadások (*Dahl és mtsai*, 1997), valamint a megnövekedett takarmány költsége (*Chastain és Hiatt*, 1998). Tehenként naponta 0,25 dollár nyereség érhető el, 0,35 dollárral nagyobb kiadással és 0,60 dollár többletbevétellel kalkulálva (*Tucker*, 1997).

A szárazon álló tehének számára nem javasolt a mesterséges fény használata. A szárazon állás során 16 órás sötétet tartanak kívánatosnak, amiről az istállók sötétítésével gondoskodhatunk. Amennyiben nyitott tartásról vagy legelésről beszélünk, akkor a tehének a kifutóban és a legelőn nappal csak 8 órát töltsenek. *Dahl és mtsai* (1998) megfigyelték, hogy 8 óránál hosszabb megvilágítás esetén a következő laktációban a tehének nem reagálnak a kiegészítő megvilágításra. *Miller és mtsai* (2000) a szárazonállás időszakában alkalmazott rövid és hosszú megvilágítást vizsgálta holstein teheneknél. Megállapították, hogy a rövidebb megvilágítást kapó szárazonálló teheneekben alacsonyabb a prolaktin koncentráció az ellés előtt 24-12 órával. Az ellést követően azonban ezeknél az egyedeknél kevesebb tőgyproblémát tapasztaltak és az energia-mennyiségre korrigált tejtermelésük (ECM - *energy-corrected milk*) is több volt.

Mindezeket összegezve, a szakma két szabályozott megvilágítást alakított ki: a, napi 16-18 órás világos (6-8 órás sötét; LDPP – *long-day photoperiod*), valamint b, 8 órás világosság (SDPP – *short-day photoperiod*).

Buyserie és mtsai (2001) és *Dahl és mtsai* (2012) megfigyelése szerint a tenyésztés felnevelésében alkalmazott fénykiegészítés gyorsítja a növekedést, siettetni az ivaréretet és a tőgyzövet fejlődését. Tehát az üszőknek a laktáló teheneknél használt kiegészítő megvilágítással azonos „fénykúrában” részesítése szintén gazdasági előnyökkel jár.

Hansen és mtsai (1983) a megvilágításnak az üszők súlygyarapodására gyakorolt hatását vizsgálták. Az első ivarzás időpontja a természetes megvilágításhoz képest (367 nap) a 18 órás megvilágítás hatására korábban és kisebb testtömegnél következett be (312 nap). Ugyanakkor az első termékenyítésre fogamzott egyedek aránya a hosszabb megvilágítású csoportnál 64 %, a természetes megvilágítás esetén 91 % volt. *Newbold és mtsai* (1991) vemhes üszőket vizsgáltak. Kísérletükben a rövid- és hosszúnappalos megvilágításban tartott üszőket 35 nappal az ellés

előtt levágták. Megállapították, hogy a fotoperiódus változása nem befolyásolta a tőgymirigyek mennyiségét és zsírtartalmát. Ugyanakkor, a szérum prolaktin koncentráció a rövid megvilágításkor alacsonyabb (közel fele), a melatonin szint magasabb (kétszerese) volt a hosszúnappalos csoporthoz képest.

A szarvasmarha hizlalási eredményét az örökletes képességek mellett a környezet is befolyásolja. *Cernik és mtsai* (1980) foglalkoztak a hízó marhák teljesítményének a mesterséges megvilágítással történő befolyásolásával. A kufutóban 9 méter magasan elhelyezett 400 wattos nagynyomású nátrium égők gondoskodtak a részleges (az évszaknak megfelelő világos időszakot 16 órára növelve) és a folyamatos (24 órás) kiegészítő megvilágításról, Új-Mexikóban. Egyik megvilágítás sem hozott változást a napi gyarapodásban és a takarmányértékesítésben, a mesterséges világítás nélküli kontrollhoz képest. Más vidéken (Michigan, *Tucker*, 1979; California, *Lofgreen és Parsons*, 1973; Texas, *Nerwich*, 1979) hasonló tapasztalatokat szereztek. Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a hizlalásba fogott egyedek számára a kiegészítő megvilágítás hatástalan, sőt felesleges többletkiadással jár, és elképzelhető, hogy inkább zavarólag hat az állatra (*typus digestivus*, renyhe anyagcsere). Valószínűleg a napi megvilágítási órák számának csökkentése jobb eredményre vezetne.

Kiskérődzők

A kiskérődzők a „rövid nappalos” állatfajok közé sorolandók, hiszen ivari aktivitásuk a sötét órák számának növekedésével élénkül. Sötétben több melatonin képződik. Ez az „alvási hormon” jelentős hatással van a növekedési hormon és az inzulin termelődésére. A hosszabb nyári napok során (kb. 16 órás természetes fény), valamint a kiegészítő megvilágítás alkalmazása esetén a melatonin-szintézis csökken, a növekedési hormon termelődése - egyúttal napi tejtermelése is - viszont nő. Az ős végére a világos órák száma 8 órára csökken, emiatt az anyakecske tejtermelése apad (a tej zsírtartalma nő) és a szezonálisan ivarzóknak fogékonyává válnak a párosodásra.

Az *Agrilight B.V.* cég megfigyelte, hogy az intenzíven, istállózottan tartott tejhasznú kecske állományban a tej mennyisége, valamint a laktáció hossza is növelhető 16 órás folyamatos megvilágítással. A napi 8 órás sötét itt is előfeltétel. A világitási programmal az anyakecskének folyamatos - akár több éven keresztül - tejtermelése (elnyújtott laktáció) a gidázások elhagyásával is megvalósítható. Ennek pozitív következménye az ellés körüli feladatok csökkenése, a tejláz megszűnése, illetve a gidák nagyszámú születésének elmaradása. Miután egész éven át tart a tejtermelés, kevesebb anyára van szükség. A 16 órás megvilágítás a kecskének vemhessége alatt is fenntartható. Csak a szárazon állás idejére kell átmenetileg 8 órára korlátozni a megvilágítást. Az ellést követően a megvilágított órák számát a laktációs csúcs elérés folyamatosan emelni szükséges a (természetesen a tejtermeléshez igazítva a napi takarmányt).

A kecske faj eredendően ősszel ivarzik, szezonálisan poliösztroszos állat. Az anyák a rövidülő nappalok időszakában ivarzanak, de erre hatással van a hőmérséklet csökkenése és a hím jelenléte is. Az aszezonálisra hajlamos egyedek ivarzását fényprogram alkalmazásával időnyen kívül is kiválthatjuk: a korábbi 16

órák, 200 lux fényerejű napi megvilágítást 8 órára csökkentjük. Hasonló eredmény érhető el melatonon kezeléssel (*Whitley és Jackson, 2004*). A nőtények számára használt fényprogram az apaállatok fedeztetésre történő előkészítésekor (jobb minőségű és több termékenyítőanyag) is hasznos.

A megvilágítási program mellett számos biotechnikai eljárást (ivarzás indukció, ivarzás szinkronizálás, mesterséges termékenyítés, stb.) alkalmaznak a szaporaság javítása céljából. Az ellések szezonon kívülre kerülése a téli friss tej előállítását, a folyamatosabb tejtermelést segíti, ami egyúttal a szakosított üzem folyamatos és kiegyenlített munkaerő- és géphasználatát is elősegíti. *Agrilight B.V.* cég megállapításai között szerepel még az egészségi állapot javulása, ami a hosszabb napi megvilágítás eredményeként kialakult jobb látási viszonyokra, és ebből adódóan a problémák korai felismerésére vezethető vissza.

A juhban, a tejhasznú szarvasmarhában tapasztalhatóval ellentétben, az ellés utáni metabolikus változások és az első tüszőrepedés időpontja között nincs kapcsolat; a petefészek-működés ciklikussá válását elsősorban a nappalok hosszúságának (éjszakához viszonyított arányának) csökkenése szabályozza. *Huszenicza és mtsai (2008)*, valamint *Cseh és mtsai (2009)* leírták, hogy az ellést követő néhány hétben alkalmazott kiegészítő megvilágítás hatására nagyobb arányban (83%) maradtak laktáló anyák az állományban, mint a kontrol csoportban (52%), ugyanakkor az első tüszőrepedés is később következett be. Fejt juh állomány esetében, az éves folyamatos termelést szem előtt tartva, az őszi ellését követően érdemes a kiegészítő megvilágítást alkalmazni.

Tejelő juhoknál (awassi) a melatonin implantátum a szaporodást eredményesen befolyásolta, de csak akkor, ha a természetes szezonhoz viszonylag közel alkalmazták. Míg a februári implantátum nem eredményezett ivarzást, addig a júniusi alkalmazással indukálni lehetett az állatok ivarzását (*Faigl és mtsai, 2008*).

A MEGVILÁGÍTÁSSAL KAPCSOLATOS ELVÁRÁSOK

A tehenészeti telepen alkalmazott mesterséges fénynek az alábbiakban összefoglalt jellemzőit tarjuk fontosnak: a fényerősség, a megvilágítás időtartama, a fény színe és a megvilágítás kiegyenlítetttsége.

A *fényerősség* a fény mérhető tulajdonsága, amit a Mértékegységek Nemzetközi Rendszere (SI - *Système International d'Unités*) alapján luxban adunk meg (az USA-ban a láb-kandela (fc - *foot-candles*), vagyis az egy négyzetlábra eső fény mennyiség használatos; 1 láb-kandela 10,76 luxszal egyenlő). A fényerősség több tényezőtől függ; elsősorban a fényforrás és a megvilágított terület közötti távolságtól és a megvilágított terület felszíni adottságaitól. Az ajánlott fényerősségről az *1. táblázat* ad tájékoztatást.

A megvilágítás tartama folyamatos kell, hogy legyen, naponként 16 (vagy 18) órán keresztül, amit 8 (vagy 6) órák – szintén folyamatos sötét időszak kövessen. A teljes 24 órás megvilágítás nem vált ki további termelésnövekedést (*Dahl és mtsai, 1998*), inkább ellenkezőleg, zavarja a teheneket a pihenésben. A rövidebb (6 órák) sötét időszak a háromszor fejt tehenek esetében jelenthet kihívást. A sötétség fokát nem szokás meghatározni; ám nagyjából 20-30 lux alatt sötétségről

beszélünk. Az állatok által érezhető világosság (derengés) nagyjából 107-131 lux (10-12 fc; *Tucker*, 1992) felett kezdődik.

A megvilágítás hosszát időkapcsolóval (esetenként fotocellával kiegészítve - ez utóbbi gazdaságosabb) szabályozhatjuk (*Chastain és Hiatt*, 1998). Az időkapcsoló indítja el reggel és állítja le este a világítást, ugyanakkor a fotocella vezérli az időkapcsolót is a természetes fény (napfény) mértéke szerint, és annak kielégítő szintje alatt szünetelteti a mesterséges világítást. Az északi féldezen a fotocellát az istálló észak-nyugati sarkán lévő eresz alá, a belső és a külső fényforrásoktól takartan tanácsos felszerelni (*Chastain és Hiatt*, 1998).

A munkavégzés helyszínén az igényeknek megfelelően kézzel kapcsoljuk be- és ki a világítást. Mozgásérzékelő ezt önműködően végzi el, pl. az irodában, a gépteremben, takarékoskodva az energiával (*Kevin*, 2000).

1. táblázat

A tehenészeti telepen ajánlott megvilágítás
(*ASAE*, 1997; *Kevin*, 2000)

Munkaterület/feladat(1)	Fényintenzitás, lux (2)
Takarmányszal(3)	215
Pihenőtér(4)	110
Közlekedő terület(5)	110
Kezelő és elető (6)	215
- műtét során(7)	1100
Fejőház (8)	215
- mosogató tér(9)	540
- tejgyűjtők alja(10)	1100
- rakodóhíd(11)	215
Kiszolgáló helyiségek, gépterem(12)	215
Tároló helyiségek(13)	110
Iroda(14)	540

Table 1. Recommended light intensity in large dairy operation
work area or task (1); light intensity, lux (2); free stall feeding area (3); housing and resting area (4); holding area (5); treatment and maternity areas (6); surgery (7); milking parlour (8); washing area (9); bulk tank inferior (10); loading platform (11); utility or equipment room (12); storage room (13); office (14)

A fény színösszetétele.

A napfény több különböző hullámhosszú sugarakból tevődik össze (gondoljunk a szivárványra). A mesterséges fényt a hőmérséklettel (CCT - *colour characteristic temperature*) és a színvisszaadási index-szel (CRI - *colour rendition index*) jellemezzük (2. táblázat). A szín hőmérsékletét Kelvin (K) fokban adják meg, általában 1500-tól 6500-ig terjedő tartományban; minél magasabb az érték, a mesterséges fény annál jobban közelít a napfényhez. A színvisszaadási index azt jelzi, hogy a mesterséges fényvel megvilágított felületről nyert szín mennyire

egyeznek a felület valóságos színével. A CRI értéke 0 és 100 között változhat; minél nagyobb az érték, annál hűségesebb a megvilágított felületről kapott szín. Az alacsony értékek színtorzítást jeleznek.

A megvilágítás kiegyenlítetttsége a tehenészeti telepek többségén nem kielégítő. A kiegyenlítetttség elengedhetetlen feltétel ott, ahol fontos a szemem keresztül érkező információ. Amerikai szabvány szerint (ASAE, 1997) a kiegyenlítetttség az adott nagyobb területen mérhető legnagyobb és legkisebb fényintenzitás hányadosa. Nagyobb figyelmet igénylő munka esetében kielégítőnek tekinthető ez a hányados, ha 1,5:1 értékű. A kevesebb odafigyelést igénylő munkavégzőknek ennek értéke 5:1.

Megfigyelések szerint a tehenek esetében a takarmányszaltnál és a közlekedő utakon van szükség a világítást illetően nagyobb figyelemre. Kiegyenlítettebb megvilágítást – az ésszerűség határáig – több és sűrűbben elhelyezett világítótesttel érhetjük el.

A korszerű tehenészeti telepek nagyobb területeinek egyenletes megvilágítására fluoreszcens fénycsöveket, fém halogén-, vagy nagynyomású nátrium fényforrásokat használnak (3. táblázat).

A halogén lámpák inkább egy-egy pont megvilágítására alkalmasak. A fénycsövek (fluoreszcens fény) közül a 32 wattos T-8 fluoreszcens fényforrásokat 2,5-3 méter magasba szokták elhelyezni. E lámpák nagy fénykibocsátású változatát (HLO - high-light-output) négy-öt méter magasba is felszerelhetik. Kompakt fénycsövekkel lehet lecserélni a

2. táblázat

A mesterséges fény jellemzése fényforrásonként (Kevin, 2000)

Fényforrás(1)	Színjellemező hőmérséklet (K)(2)	Színhűség index(3)
Hagyományos izzó(4)	2500-3000	100
Halogén(5)	3000-3500	100
Fénycső(6)	3500-5000	70-95
Nagy kisülésűek:(7)		
- higanygőz(8)	nincs adat(9)	20-60
- fém halogén(10)	3700-5000	60-80
- nagynyomású nátrium(11)	2000-2700	nincs adat(9)

Table 2. Colour characteristic temperature and colour rendition index values for common lights lamp type (1); CCT - colour characteristic temperature, deg K (2); CRI - colour rendition index (3); incandescent (4); halogen (5); fluorescent (6); high intensity discharge (7); mercury vapour (8); not available (9); metal halide (10); high pressure sodium (11)

hagyományos izzókat, ha a kiépítésük megfelel a szabványoknak. A kiépítési költség és az élettartam alapján a fluoreszkáló fénycsövek a legkedvezőbbnek (Chastain és Hiatt, 1998).

Fluoreszcens égők különböző méretben kaphatók. A T-8-as egy hüvelyk (inch) átmérőjű, míg a T-12-es másfél hüvelyk átmérőjű. Az energiatakarékosabb T-8-as izzók leváltják a régebbi T-12-eseket. A fluoreszcens izzók megnevezésének utolsó két számjegye a színjellemező hőmérsékletüket közli; pl. az F32 T8 SP41

azt jelenti, hogy ez egy 32 wattos fluoreszcens égő 1 hüvelyk átmérőjű izzófejjel és 4100 K hőmérséklettel. A fluoreszcens izzókban ballasztanyag található, ami a világítást elindítja és fenntartja. Az elektron ballaszt a javasolt, mert ez energiahatékonyabb, kevesebb hőt termel, hosszabb az élettartama és fagyponthoz alacsonyabb hőmérsékleten működik (-18°C) és üzemel.

Mágneses és elektromágneses ballaszt nem javasolt, mert ezeknek nagyobb a hőveszteségük, zúgnak, vagy kattognak, hidegebb környezetben villognak. A mágneses izzóknál 10 °C alatt működési zavar léphet fel, ami harmonikus torzuláshoz vezethet és a villamos berendezéseket (pl. számítógép) megzavarják. Az elektromágneses ballasztoknak 4°C alatt jelentkeznek a működésbeli zavarai.

Nagy fénykibocsátású (HLO) fluoreszcens készülékek elektronikus ballasztal kaphatók. Ezek 33%-kal több fényt bocsátanak ki, 8%-kal több energia felvétele mellett. Kb. 20%-kal drágábbak a hagyományos fénycsövek; ezekre akkor van szükség, ha magasan elhelyezett (4 méter körüli) fényforrásoktól nagyobb fényre van szükség.

Nagy fénykibocsátású (HLO) higanygőz, fém halogén és nagynyomású nátrium lámpák a nagy fény mennyiséget hosszú időn át kibocsátó lámpák csoportjába tartoznak; nagy terek bevilágítására alkalmazzák.

A fémhalogén lámpák fehér fényt bocsátanak ki 5000 kelvinig terjedő hőjellelmezővel (CCT) és 80%-ig terjedő színvisszaadási értékkel (CRI). Alkalmazásuk tehenészeti telepeken terjedőben van.

A nagynyomású nátrium lámpák sárgás-aranyszínű fényt adnak ki, 2700 kelvinig terjedő hőjellelmezővel (CCT), és 60%-ig terjedő színvisszaadási értékkel (CRI). A terület jártas szakemberei arról számolnak be, hogy ilyen lámpák használatkor a vörös fényt nem egyértelműen lehet a barnától megkülönböztetni, és emiatt pl. a vérzések nem vehetők észre. A nagynyomású nátrium lámpák más jellemzői alapján elfogadhatók a tehenészeti telepeken (*Chastain és Nicolai, 1996b*).

A higanygőz lámpák kékes fényvel sugároznak, és általában az istállókn kívüli területek megvilágítására alkalmazzák. Nem is javasolható a belső terekben, mert a tönkrement égők higanytartalma környezeti veszélyt jelent, illetve a színhűsége (CRI) valamennyi más égő típusnál rosszabb (*Kaufman és Christensen, 1984*).

Napjainkban kutatások kezdődtek a dióda égők (LED - light-emitting diode) alkalmazhatóságára. Megállapítható, hogy a LED égők lényegesen energiatakarékosabbak (a fém halogén lámpák felhasználásának a fele) és fényük megnyugtatja a teheneket. Az Oklahomai, illetve a Michigani Állami Egyetem munkatársai 6 és 8%-os tejtermelés növekedést tapasztaltak használatuk során (*Moscho, 2014; Wright, 2015*).

A fénytestek szerelési magassága és az egymástól való távolsága befolyással van a megvilágítás hatékonyságára, ami gyors ütemben csökken, ha túl magasra és egymástól túl távolra kerülnek a lámpák. A 4. táblázatban összefoglalt adatok a megvilágítási fok (210 lux) mellett a fényforrások kívánatos elhelyezési magasságát és egymástól való távolságát is mutatják. Az adott megvilágítási fokot a 250- és 400 wattos halogén égők a szokásos 4- és 6 pihenőbox-soros istállóknban megfelelőek. Szabályként megfogalmazhatjuk, hogy a lámpák közötti távolság a magasság 1,2-1,7-szerese legyen.

A fényforrások általános jellemzői (Kevin, 2000)

Fényforrás(1)	Teljesítmény (watt)(2)	Hatékonyaság (lumen/watt)(3)	Élettartam (óra)(4)
Hagyományos izzó(5)	60-200	15-20	750-1,000
Halogén(6)	50-150	18-25	2,000-3,000
Fénycső(7)			
- T-12 (elektromágnes)(8)	34	66	20,000
- T-8 (elektron)(9)	32	98	20,000
- T-8 HLO (elektron)(10)	32	92	24,000
Nagy kisülésűek(11)			
- higanygőz(12)	50-250	40-50	16,000-24,000
- fém halogén(13)	75-400	80-92	15,000-20,000
- nagynyomású nátrium(14)	100-400	90-110	15,000-24,000

Table 3. General characteristics of common light sources lamp type (1); lamp sizes, watt (2); efficiency, lumens/watt (3); lamp life, hours (4); incandescent (5); halogen (6); fluorescent (7); T-12 (electromagnetic) (8); T-8 (electronic) (9); T-8 HLO (high-light-output) (electronic) (10); high intensity discharge (11); mercury vapour (12); metal halide (13); high pressure sodium (14)

A fényforrásokat úgy kell felszerelni, hogy a legkevesebb árnyék adódjon. A tehének az árnyék, a sötétebb területek határán és az átmenő helyeken gyakran megtorpannak, és ezzel akadályozzák a többi állat mozgását, lassítják a vonulást (Chastain és Nicolai, 1996a).

Az árnyék vetésének megelőzése érdekében szerfás (belső konzolos) kiépítésű kötetlen istállóknak az áthidaló elemekre, vagy azok alá célszerű felhelyezni a lámpákat. Hasonló helyzet állhat elő a fejőházban. Elképzelhető, hogy az istállóban az éppen alkalmazott megvilágítástól függetlenül, az itatók körül kiegészítő lámpák felszerelése (a lámpák védőrácsozása) válik szükségessé a szabad vízfelvétel folyamatos (24 órás) biztosítása érdekében (Chastain és Hiatt, 1998).

Számos olyan tényező van, amit általában nem szoktunk figyelembe venni a megvilágításban, ilyen pl. az épület elemeinek fényvisszaverő képessége, a szennyezettsége, a légnedvesség növekedésével romló hatások, a lámpatestek idővel csökkenő ereje. Az égők rendszeres tisztításával és cseréjével a veszteségek csökkenthetők.

JÁRULÉKOS ELŐNYÖK

A fajlagos termelés további növelése érdekében a kérődzők tartástechnológiájába is kezdjük bevezetni a kiegészítő mesterséges megvilágítást.

Az eddigi tapasztalatok arról tanúskodnak, hogy a megnövelt és jobb minőségű megvilágítás a tehének teljesebb és biztonságosabb mozgásához, jobb közérzetéhez is hozzájárul. A tehének könnyebben haladnak át a kiegyenlített megvilágított istállókapukon, felhajtókon, folyosókon. A telepi dolgozók (tehenészek, tenyésztők, állatorvosok) beszámoltak arról, hogy jobb megvilágítás

4. táblázat

**A fényforrások magassága és egymástól való távolsága
adott megvilágítási fok (210 lux) mellett (Kevin, 2000)**

Fényforrás típusa(1)	Felszerelési magasság (m)(2)	Távolság (m)(3)
Hagyományos fénycső(4) (32 W, T-8)	2,1-2,4	3,1-4,9
Nagy fénykibocsátású fénycső(5) (HLO; 32 W, T-8)	2,7-3,7	3,7-6,1
Fém halogén(6) 175 W 250 W* 400 W*	3,4-4,3 4,3-7,3 6,1-10,7	7,3-8,5 7,3-9,1 7,6-12,2

* jellemzően 29,3-34,1 méter széles és 3,7 méter oldalmagasságú kötetlen istállóban (tető meredeksége 4:12); typical for 29.3-34.1 m wide free stall barns with 3.7 m sidewalls and 4:12 roof slope

Table 4. Typical mounting heights and horizontal separation distances to produce illumination level of 210 lux

lamp type (1); mounting heights, m (2); separation distances, m (3); standard fluorescent (4); HLO fluorescent (5); metal halide (6)

esetén könnyebb és megbízhatóbb az állatok megfigyelése, vagyis a beteg állat hamarabb vehető észre és kezelhető.

A megvilágítás szerepe a gondozók munkájának és munkakörülményeinek biztonságosabbá tételében sem elhanyagolható. A megfelelő természetes fény, illetve a kiegészítő világítás kedvezően befolyásolja nemcsak az állatok termelését, hanem biztonságosabbá és kellemesebbé teszi a gondozók munkakörülményeit.

IRODALOMJEGYZÉK

- Auchtung, T.L. - Rius, A.G. - Kendall, P.E. - McFadden, T.B. - Dahl, G.E. (2005): Effects of photoperiod during the dry period on prolactin, prolactin receptor, and milk production in dairy cows. J. Dairy Sci., 88. 121-127.
- Agilight B.V.: Lighting advice for goats, www.agilight.nl/advice-on-lighting/lighting-advice-for-goats/, 2015.08.25.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers (1997): Lighting for dairy farms and the poultry industry. EP344.2. ASAE Standards. ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659. 636-639.
- Barash, H. - Silanikove, N. - Shamay, A. - Ezra, E. (2001): Interrelationships among ambient temperature, day length and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. J. Dairy Sci., 84. 2314-2320.
- Buyserie, A. - Gamroth, M. - Dahl, G. (2001): Managing light in dairy barns for increased milk production. Oregon State University Extension Service. PNW 551. September
- Cernik, C.C. - Schake, L.M. - Byers, F.M. - McDonald, R.M. (1980): Artificial lighting for cattle feedlots. Texas Cattle Feeders Association, <http://www.tcfa.org/2015.07.20>.
- Chastain J.P. - Hiatt, R.S. (1998): Supplemental lighting for dairy milk production. National Food and Energy Council, Columbia, MO 65203. 20.
- Chastain, J.P. - Nicolai, R. (1996a): Dairy lighting system for free stall barns and milking centers. AEU-12. Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108.

- Chastain, J.P. - Nicolai, R.* (1996b): Dairy lighting system for tie stall barns. AEU-13, Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108.
- Cseh S. - Gáspárdy A. - Huszenicza Gy. - Kulcsár M. - Novotniné Dankó G.* (2009): Egyes metabolikus és hormonális jellemzők alakulása ellés után és hatása az első ovuláció időpontjára valamint az asszisztált reprodukciós technológiák eredményességére anyajuhokban. Munkabeszámoló. OTKA 49127.
- Dahl, G.E. - Elsasser, T.H. - Capuco, A.V. - Erdman, R.A - Peters, R.R.* (1997): Effects of long day photoperiod on milk yield and circulating insulin-like growth factor-I. *J. Dairy Sci.*, 80. 2784-2789.
- Dahl, G.E. - Chastain, J.P. - Peters, R.R.* (1998): Manipulation of photoperiod to increase milk production in cattle: biological, economical and practical considerations. In: Proc. Fourth Int. Dairy Housing Conf., ASAE, St. Joseph, MI 49085-9659. 259-265.
- Dahl, G.E. - Buchanan, B.A. - Tucker, H.A.* (2000): Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy. Sci.*, 83. 885-893.
- Dahl, G.E.* (2005): Let there be light: Photoperiod management of cows for production and health, Proceedings 42nd Florida Dairy Production Conference, Gainesville, May 3, 2005
- Dahl, G.E. - Tao, S. - Thompson, I.M.* (2012): Lactation biology symposium: Effects of photoperiod on mammary gland development and lactation. *J. Anim. Sci.*, 90. 755-760.
- Faigl V - Keresztes M. - Árnysai M. - Kulcsár M. - Nagy S. - Jávör - B. Szenci O. - Cseh S - Huszenicza Gy.* (2008): Melatonin alapú ciklusindukciós technikák hatékonysága tejelő awassi juhokban. AWETH, 4.(Különszám) 250-257.
- González-Barragán, I. - Calzada, J.I.H.* (2014): Influence of artificial lighting in milk production of dairy cows. Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – www.eurageng.eu, Ref: C0698. 1-7. 2015.08.15.
- Hansen, P.J. – Kamwanja, L.A. – Hauser, E.R.* (1983): Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J. Anim. Sci.*, 57.985-992.
- Huszenicza Gy. - Faigl V. - Keresztes M. - Balogh O. - Kulcsár M. - Cseh S. - Solti L.* (2008): A fenntartható fejlődés szaporodásbiológiai alapjai kérődzőkben. AWETH, 4.(Különszám) 9-18.
- Kaufman, J.E. - Christensen, J.F.* (1984): IES Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society of North America, New York. NFPA 70. 1996. National Electric Code. National Fire Protection Assoc. Batterymarch Park, Quincy, MA 02269.
- Kevin, A.J.* (2000): Summary of dairy lighting research and practice. <http://www.bae.umn.edu/2015.07.22>.
- Lawson, T.J. - Kennedy, A.D.* (2001): Inhibition of nighttime melatonin secretion in cattle: threshold light intensity for dairy heifers. *Canadian J. Anim. Sci.*, 81. 153-156.
- Lofgreen, G.P. - Parsons, R.A.* (1973): Low intensity lighting and feedlot performance. 12th Ann. California Feeders Day. March 23, 1973. 45.
- Marcek, J.M. - Swanson, L.V.* (1984): Effect of photoperiod on milk production and prolactin of Holstein dairy cows. *J. Dairy. Sci.*, 67. 2380-2388.
- Miller, A.R.E. - Stanisiewski, E.P. - Erdman, R.A. - Douglass, L.W. - Dahl, G.E.* (1999): Effects of long daily photoperiod and bovine somatotropin (Trobect®) on milk yield in cows. *J. Dairy Sci.*, 82.1716-1722.
- Miller, A.R.E. - Erdman, R.A. - Douglass, L.W. - Dahl, G.E.* (2000): Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 83. 962-967.
- Moscho, E.* (2014): LEDs give dairy facilities more light for less energy. *Progressive Dairyman*, 4. 40-41.
- Nerwich, J.W.* (1979): Influence of types of lightings on performance of feedlot cattle. Master of Agriculture Professional Paper. Texas A&M University. Anim. Sci. Dept.
- Newbold, J.A. - Chapin, L.T. - Zinn, S.A. - Tucker, H.A.* (1991): Effects of photoperiod on mammary development and concentration of hormones in serum of pregnant dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, 74. 100-108.
- Peters, R.R. - Chapin, L.T. - Leining, K.B. - Tucker, H.A.* (1978): Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. *Science*, 199. 911-912.

- Peters, R.R. - Chapin, L.T. - Emery, R.S. - Tucker, H.A.* (1981): Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemental light. *J. Dairy Sci.*, 64. 1671-1678.
- Piva, G. - Navarotto, P. - Fusconi, G. - Repetti, S.* (1992): Effect of photoperiod on milk production and composition of dairy cows. *J. Animal Sci.*, Suppl. 1.165.
- Tucker, H.A.* (1979): Daily light:dark cycles increase growth and lactation. Unpublished data. Michigan State University, Dept. of Dairy Science
- Tucker, H.A.* (1992): Manipulation of photoperiod to improve lactation, growth, and reproduction. In: Large Dairy Herd Management, H.H. Van Horn and C.J. Wilcox, ed. Amer. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL. 146-152.
- Tucker, H.A.* (1997): Light up your cows. *Michigan Dairy Rev.*, 2, No.1.
- Whitley, N.C. - Jackson, D.J.* (2004): An update on estrus synchronization in goats: a minor species. *J. Anim. Sci.*, 82(E. Suppl.), E270-E276.
- Wright, M.* (2015): LED lighting increases milk production at Michigan dairy. *LEDs Magazine*, January 20, 2015, www.ledsmagazine.com/articles, 2015.09.25.

Érkezett: 2015 október

A szerzők címe: Gáspárdy A.

Szent István Egyetem (SZIE), Állatorvos-tudományi Kar (ÁOTK),
Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet

Author's address: Szent István University (SZIU), Faculty of Veterinary Science (FVS),
Institute for Animal breeding, Nutrition and Laboratory animal science
H-1078 Budapest, István u. 2.
gaspardy.andras@aotk.szie.hu

Béri B.

Debreceni Egyetem (DE), Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar (MÉK), Állattudományi, Biotechnológiai
és Természetvédelmi Intézet
University of Debrecen (UD), Faculty of the Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management (AFE), Institute of Animal science, Biotechnology
and Nature conservation
H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

A MEGVILÁGÍTÁS SZEREPE A NYÚLTENYÉSZTÉSSEN

SZENDRŐ ZSOLT – MATICS ZSOLT – GERENCSÉR ZSOLT

ÖSSZEFOGLALÁS

Az üregi és a házinyúl életében fontos szerepet tölt be a megvilágítás. A nyulak éjjel aktívak, sötétben jól látnak, de színlátásuk gyenge. Szaporaságban és prémérésben jelentős az évszaki hatás, de az istállóban ez a hatás egész évi folyamatos napi 16 órás megvilágítással kiküszöbölhető. Ha a napi megvilágítást az inszeminálás előtt nyolc nappal 8-ról 16 órára növelik, akkor több anyanyúl ivarzik és javul a fialási arány. A legtöbb anyanyúl naponta egyszer, éjszaka szoptatja ivadékait. Ezt a szoptatási viselkedést nem lehet befolyásolni azzal, ha naponta két sötét periódust biztosítunk. Hosszabbról rövidebb napi megvilágításra váltás gyorsítja a rexnyulak prémérését. Az angóryanulak gyapjútermelése rövidebb napi megvilágítással, vagy melatonin-kezeléssel növelhető. Kék fény esetén nő az alomsúly. Alacsony fényintenzitás (10-20 lux) alig befolyásolja az anyanyulak termelését.

SUMMARY

Szendrő, Zs.–Matics, Zs.–Gerencsér, Zs.: THE ROLE OF LIGHT IN RABBIT PRODUCTION

The light is important for the nocturnal animal species as wild or domesticated rabbits. They are active at night and able to see well in the dark; however their colour vision is limited. Strong seasonal effects can be found in reproduction and change of fur. In farms the seasonal effects can be limited when continuous 16-hour lighting is applied. Change of 8-hour light to 16-hour light eight days before insemination is an effective method to increase the receptivity and kindling rate. Most of the rabbit does nurse their kits once a day, at night; however it cannot be modified by applying two dark periods per day. Maturation of rex rabbit fur can be accelerated and its quality can be improved by changing the photoperiod from long lighting to short lighting. The wool production of angora rabbits can be increased by shortening the light period or by melatonin treatment. Litter weight can be increased by blue light. Low light intensity (10-20 lux) hardly influences the production of rabbit does.

BEVEZETÉS

Az évszaknak, a napi megvilágított órák számának és változásának jelentős hatása lehet az állatok viselkedésére, az élettani paraméterekre, a szaporodásra, a vedlésre és néhány más termelési tulajdonságra. *Boyd és Bray* (1989) szerint a szezonális hatás a takarmányozással együtt befolyásolja a reprodukciót, ugyanis tavasszal, a hosszabbodó nappalok időszakában indul el a növényzet fejlődése és ez teszi lehetővé, hogy a szoptató anyanyúl és ivadécai is elegendő táplálékhoz jussanak. Feltehetően az evolúció következménye, hogy a szaporodási időszakot ugyanazon jel (nappalok hosszának változása) szabályozza, amely a vegetáció szempontjából is meghatározó. Fentiek alapján természetes megvilágítás mellett a fotoperiódusnak, istálló tartásban az alkalmazott világítási programnak, jelentős szerepe lehet a házinyulak szaporaságára (*Theau-Clément*, 2007), a prémváltásra, a prémérésre és más termelési tulajdonságokra. A melatonin, amely éjjel (sötétben) termelődik, szoros kapcsolatban van a szőrváltással, a szőrzet növekedésével (*Lanszki*, 2000). Melatonin-kezeléssel befolyásolható a gyapjú és a prémtermelés.

Az irodalmi összefoglalóban az évszak (természetes fotoperiodus) és a napi megvilágított órák száma, a világítási programok, valamint a melatonin-kezelés hatását vizsgáljuk anya-, bak- és növendéknyulakon, különös tekintettel a Kaposvári Egyetemen végzett kísérletekre.

A NYULAK LÁTÁSA

Az üregi- és a házinyúl szemének felépítése, a látása, a fény- és fényszín érzékelése több tekintetben eltér a többi emlős állatfajétól és az emberétől. A nyúl pálcika-domináns retinával rendelkezik, a fotoreceptoroknak csak 5%-a csap. A retinában sokkal nagyobb a pálcikák csapokhoz viszonyított aránya, mint az emberben. Becslések szerint a nyulaknak 6-7-szer kevesebb fény szükséges az éleslátáshoz, mint az embereknek (*Szepessy*, 2001). Ennek oka, hogy a nyúl „éjszaka aktív állat”, napnyugtakor és napkeltekor a legaktívabb. A látócsíkban sok zöld és kevés kék csap található. A látócsík az éleslátás helye, a horizont leképezésében vesz részt (panoráma-látás), és elsősorban azokra az állatokra jellemző, amelyeknek nyílt területen, széles látókörben kell mozogni, tájékozódni (*Juliusson és mtsai*, 1994). A nyúl retinában háromféle fotoreceptor található: pálcika, S csap, M/L csap. Kialakulásuk sorrendje: pálcika → S csap → M/L csap. A megjelenő első csapok kék pigmentet termelnek, a később kialakuló csapok egyből a zöld pigment termelését kezdik el, kettős csapok nincsenek. A nyúl a kék ($\lambda_{\max} = 425 \text{ nm}$) és a zöld ($\lambda_{\max} = 509\text{-}523 \text{ nm}$) színtartományt érzékeli. *Yokoyama és Radlwimmer* (1999) szerint a közép-hullámhosszú (M) csapok **több- ségben vannak** a rövid-hullámhosszú (S) csapokkal szemben.

NAPI RITMUS, BIOLÓGIA ÓRA

Az üregi nyulak éjjel, egy-egy alkonyati és hajnali csúccsal aktívak, nappal az üregben pihennek (*Villafuerte és mtsai*, 1993). *Diez és mtsai* (2005) reggel 10 és délután 6 óra között alig figyeltek meg mozgást, reggel és este 8 óraker volt az aktivitási csúcs, ami csak éjjel 3 és hajnali 6 között csökkent jelentősebben.

Házinyulaknál is elég hamar elkezdődtek azok a „laboratóriumi körülmények közötti”, az állatok zavarása nélküli megfigyelések, amelyekben a nyulak viselkedését vizsgálták a világos és sötét időszak változásától függően. *Prud'hon és mtsai* (1975) növendék-, *Reyne és mtsai* (1977) szoptató anyanyulakon mutatták be, hogyan nő az óránként elfogyasztott takarmány és ivóvíz mennyisége a sötét időszak kezdetére, és marad egészen a világos időszak kezdetéig magas szinten. A termelő istállóban is hasonló – bár nem ilyen kifejezett – a nyulak megvilágítástól függő takarmányfogyasztása. *Bellier és mtsai* (1995) 6 és 16 hetes növendéknyulaknál figyelték a takarmányfogyasztás 24 óra alatti változását. A világos időszak kezdetén rögtön lecsökkent a fogyasztás, de már néhány órával a lámpaoltás előtt ismét elkezdett emelkedni.

A sötét és világos időszak fogyasztásra gyakorolt hatását látványosan igazolták a sötét és világos periódus felcserélésével, amikor korábban sötét volt akkor világítottak, és a korábbi világos napszakot sötétre változtatták (*Prud'hon és mtsai*, 1978). Az evési- és ivási aktivitás naponta kissé későbbre tolódott, és kb. négy hét múlva a nyulak teljesen alkalmazkodtak az új világítási periódushoz.

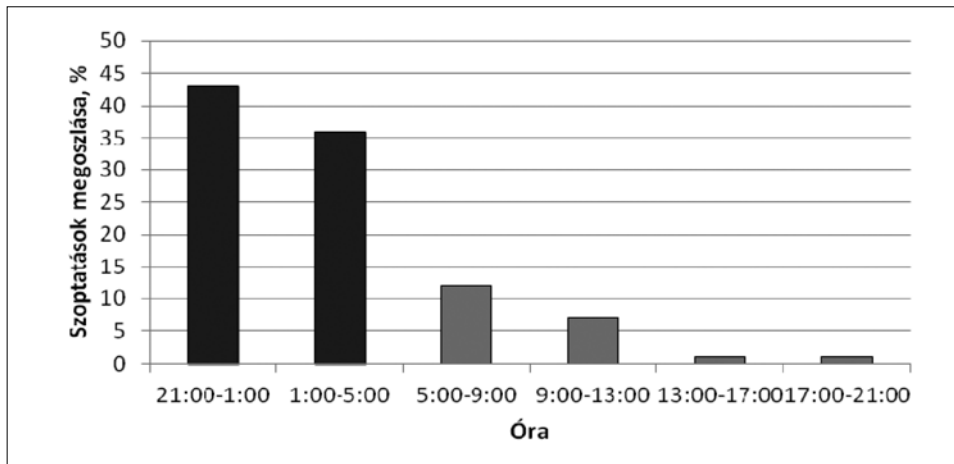
Abban az esetben, amikor a 14V:10S (14 óra világos és 10 óra sötét) megvilágításról folyamatos (24 órás) megvilágításra tértek át, az evési- és ivási aktivitás továbbra is periodikusan változott, de a két periódus között 24 óránál kissé hosszabb időszak (átlagosan 25,3 óra) telt el (*Reyne és mtsai*, 1978). Folyamatosan, 24 órás sötétben tartott növendéknyulak több takarmányt fogyasztottak, mint a nappali megvilágítás mellett nevelt társaik (*Lebas*, 1977), és a napi ritmus 23,5-23,8 óránként ismétlődött. Ezekből az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a nyulakban a napi ritmus váltakozását a biológiai óra irányítja, ami folyamatos megvilágítás esetén hosszabb, folyamatos sötétben pedig rövidebb, mint 24 óra. Úgy tűnik, hogy a sötét és/vagy világos időszak kezdete „állítja be” a 24 órás biológia órát.

Az üregi- és a házinyulak általában naponta egyszer, az aktív időszakban, vagyis sötétben, vagy a kora reggeli órákban szoptatnak (*Mykytowycz és Rowley*, 1958; *Hudson és Distel*, 1982, 1989; *Tsujii*, 1988; *Jilge*, 1993; *Hoy és Selzer*, 2002; *Rödel és mtsai*, 2012). *Hoy és mtsai* (2000) szerint a világítás lekapcsolása adja a jelet a szoptatás elkezdésére. Mivel a legtöbb kísérletben a szoptatás éjfél körüli, vagy a reggeli órákban történt, ezért feltehetően inkább általában a sötét, és nem annak kezdete váltja ki az anyanyulakban a szoptatási viselkedést. Ezt a megállapítást támasztják alá *Matics és mtsai* (2004) megfigyelései is (1. ábra).

Hoy és Selzer (2002) egy addig még nem publikált kísérletre hivatkozva leírták, hogy 6V:6S:6V:6S megvilágítás mellett, vagyis amikor 24 óra alatt kétszer volt sötét időszak, mindkét villanyoltás után szoptatási csúcsot figyeltek meg. Ez a gyakorlatban azt jelentené, hogy a naponta általában egyszer szoptató anyanyúlnál a szoptatási gyakoriság megnövelhető, és így javítható a kisnyulak tejjel való ellátottsága.

A kétszeri sötét időszaknak a szoptatási viselkedésre gyakorolt hatását *Gerencsér és mtsai* (2012) úgy próbálták kihasználni, hogy a hagyományos megvilágítással (16V:8S) szemben, 24 óra alatt kétszer változtatták meg a megvilágítást (8V:4S:8V:4S). Amint a 2. ábrán látható, csak az első sötét periódusban tapasztaltak gyakori szoptatást. Ezt követően az anyanyulak világosban ugyanúgy szoptattak, mint a második sötét periódusban, végeredményben nem lett gyakoribb a 24 óra

1. ábra A szoptatások napi megoszlása 16V:8S megvilágítás mellett
(Matics és mtsai, 2004)



A sötét oszlopok mutatják a 8 órás sötét, a világosak a 16 órás világos időszak alatti szoptatásokat

Figure 1. Distribution of nursing events in 16L:8D lighting schedule

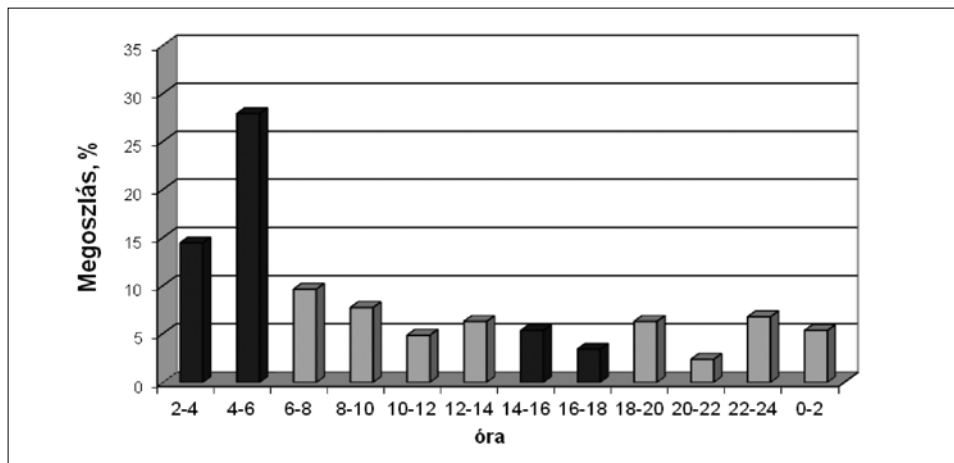
The dark and light blue columns show the nursing events in the 8 h dark and 16 h light periods, respectively

alatti kétszeri szoptatás, mint hagyományos megvilágítás esetén. A termelési eredményekben (fialási arány, alomlétszám, alomsúly, szopós elhullás) sem kaptak szignifikáns különbséget a két csoport között.

Azt a következtetést vonták le, hogy túl gyakori volt a fényperiódus váltása, ami inkább megzavarta az anyanyulak szoptatási viselkedését. A következő kísérletben Matics és mtsai (2013) ritkábban váltották a fényprogramot; a hagyományos 16V:8S világítási programot 12V:6S megvilágítással hasonlították össze. Az idő alatt amíg a kontroll csoportban három sötét periódus volt, addig a kísérleti csoportban négy, vagyis 24 óra helyett 18 óránként változott a fotóperiódus. Ez a módszer sem bizonyult eredményesnek, mivel az anyanyulak gyakrabban szoptattak világosban, mint sötétben (3. ábra) és a szoptatási gyakoriság sem nőtt. Fialási arányban, alomlétszámban és szopós elhullásban a két csoport között nem kaptak szignifikáns különbséget. A 21 napos alom- és egyedi súly ugyanakkor a kontroll csoportban volt nagyobb, vagyis a gyakoribb fényperiódus váltás - a várttal szemben – negatívan befolyásolta az anyanyulak tejtermelését.

Amikor a szoptatási eseményeket ahhoz a világítási programhoz illesztették, amelyben az anyanyulak születtek és felnevelkedtek (16V:8S), akkor mindkét kísérlet esetében kirajzolódott, hogy a nyulak a korábbi sötét időszakhoz igazodva szoptattak gyakrabban. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy gyakoribb sötét időszakokkal nem lehet a napi szoptatási gyakoriságot megnövelni, a gyakoribb világos-sötét váltás csak megzavarja az anyanyulakat, mert a „korábban beállított” 24 órás biológiai órájuk szerint akarnak szoptatni.

2. ábra A szoptatások napi megoszlása 8V:4S:8V:4S megvilágítás mellett
(Gerencsér és mtsai, 2012)

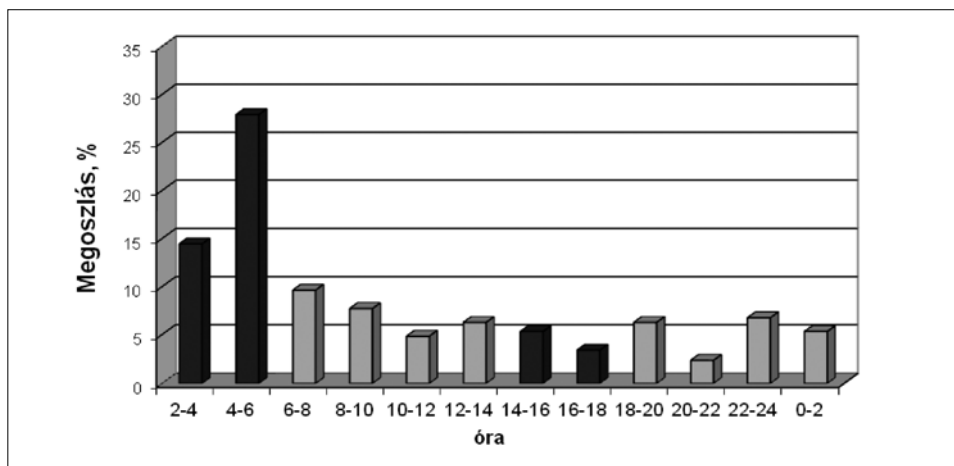


A sötét oszlopok mutatják a két 4 órás sötét, a világosak a két 8 órás világos időszak alatti szoptatásokat

Figure 2. Distribution of nursing events in 8L:4D:8L:4D lighting schedule

The dark and light dark columns show the nursing events in the dark and light periods, respectively

3. ábra A szoptatások napi megoszlása 12V:6S megvilágítás mellett
(Matics és mtsai, 2013)



A sötét oszlopok mutatják a 6 órás sötét, a világosak a 12 órás világos időszak alatti szoptatásokat

Figure 3. Distribution of nursing events in 12L:6D lighting schedule

The dark and light columns show the nursing events in the 6 h dark and 12 h light periods, respectively

A cirkadián (napi) ritmusokat a saját belső időmérő rendszer vezérli, de egyes külső, szinkronizáló stimulusok segítenek beállítani – ezeket zeitgeber-nek nevezik. A szabályozás azonban a szopósnyulaknál csak látszólag kötődik a sötét és világos 24 órás ritmusához, mivel a valóságban nem a sötét kezdete, hanem a táplálkozás (a szopás) időpontja „állítja be” a biológiai órát. *Hudson és Distel* (1982) és *Jilge* (1993) megfigyelték, hogy a szopósnyulak az anyanyúl érkezése előtt egy-két órával aktívvá váltak, felmásztak a fészket takaró szőr tetejére, és így várták a szoptatásra érkező anyanyulat. Vizsgálatukban, egy szoptatási alkalom kihagyása esetén a kisnyulak egy rövid várakozási időszak után visszabújtak a fészekbe és nyugodtan aludtak, majd újabb 23 óra elteltével ismét aktívak lettek. *Morgado és mtsai* (2011) az anyjuktól elvett szopósnyulakat kanül segítségével 2 vagy 10 órákor táplálták. Ebben az esetben az etetési idő volt az „időkapcsoló”, mivel az aktivitás, a vér kortikoszteron és a glükóz koncentrációja az etetési időpontjában emelkedett meg.

ÉVSZAKI VÁLTOZÁSOK, A SZAPORASÁG JAVÍTÁSA VILÁGÍTÁSI PROGRAMOKKAL

Mérsékelt éghajlati övben négy évszakit különböztetünk meg. Februártól májusig havonta 90-105 perccel lesznek hosszabbak, majd augusztus és november között hasonló ütemben rövidebbek a nappalok, illetve rövidebbek, majd hosszabbak az éjszakák. A nappalok hossza jelentős hatást gyakorol a növény és az állatvilágra.

A vadon élő üregi nyulak szaporodásában szezonális figyelhető meg. Az üregi nyulak aktivitása tavasszal nő, ősszel csökken (*Villafuerte és mtsai*, 1993; *Díez és mtsai*, 2005, 2013). A baknyulak is tavasszal a legaktívabbak. A legtöbb fialás májusi csúccsal, február és augusztus közé esik (*Boyd*, 1986). Az évszaktól függően változik a petefészkek súlya, a sárgatestek és az embriók száma (*Gonçalves és mtsai*, 2002).

Tavasszal nem csak a hosszabb nappalok, hanem az egyre több táplálék miatt kezdenek az üregi nyulak - több más állatfajhoz hasonlóan - szaporodni. Mivel mérsékelt égövön a két tényező egybeesik, az üregi nyulak akkor kezdenek párosodni, amikor a napi megvilágítás hosszabb kezd lenni, mert ez jelzi előre, hogy a vemhes- és szoptató anyanyulak táplálékban gazdagabb időszakban nevelhetik ivadékaikat, és a kisnyulak is elegendő takarmányhoz jutnak. A két tényező olyan szorosan kapcsolódik egymáshoz, hogy a házinyúlnál *ad libitum* takarmányozás, vagyis bőséges táplálóanyag ellátottság esetén is hasonlóan érvényesül a megvilágítás hatása, mint az üregi nyulaknál.

Annak bizonyítására, hogy nem minden esetben a hosszabb nappalok, de minden esetben a táplálékkal való ellátottság határozza meg különböző állatfajok szaporodásának időzítését, a sivatagi állatokat lehet példaként említeni. Az anyaállatok ugyanis olyan időszakban akarják világra hozni ivadékaikat, amikor a lehető legbiztonságosabb a felnevelésük, az életben maradásuk. Sivatagi és száraz körülmények között az esős időszak érkezése adja meg a „jelet” a szaporodás elkezdésére. A szárazságot megszakító eső után, a friss zöld vegetáció megjelenése és a növények sőtartalmának csökkenése kedvező feltételeket nyúj-

tanak a szaporodáshoz (Reicham és van de Graaff, 1975; Shanas és Haim, 2004; Bronson, 2009). Kenagy és Bartholomew (1985) három éven keresztül vizsgáltak sivatagi rágcsálókat Owens Valley-ben, ahol az évi átlagos csapadékmennyiség 140 mm. A téli esők hatására indult el a vegetáció növekedése, és ekkor kezdtek a rágcsálók szaporodni. Kenguru patkányt vizsgálva, Best és Hoditschek (1986) megállapította, hogy a nőivarú állatok szaporodása (embriók száma) szempontjából meghatározó az előző havi, vagy napi csapadék mennyisége. Ha nem volt elég eső, a szaporaság csökkent vagy nem volt szaporulat.

Az évszak hatását természetesen megvilágított istállóban is ki lehet mutatni. Természetes pároztatás esetén a tavaszi hónapokban az anyanyulak 75-80 %-át sikerült fedeztetni. Nyáron jelentősen csökkent a fedeztetési arány és szeptemberben az anyanyulaknak már csak 52 %-a vette fel a bakot. A következő hónapokban folyamatos javuló tendenciát figyeltek meg (Csonkáné és Szendrő, 1984). A sikeresen fedeztetett anyanyulak 75-80 %-a egész évben lefialt, egyedül szeptemberben kaptak ennél rosszabb eredményt (70%). Véleményük szerint a fedeztethetőség nyáron a meleg, szeptemberben pedig a vedlés miatt csökkent. Alomlétszámban is megfigyelhető évszaki hullámválás. Az anyanyulak tavasszal fialtak és nevelték fel a legnagyobb almokat, nyáron viszont – feltehetően a meleg miatt – csökkent a megszületett és felnevelt kisnyulak száma (Szendrő és mtsai, 1992). A fenti eredmények igazolják, hogy a természetes megvilágítás istállóban is hatott az anyanyulak szaporaságára, különösen a tavaszi jó szaporasági és a szeptemberi gyenge fedeztethetőségi eredményeken keresztül. Ugyanakkor, egyes esetekben a nyári meleg befolyása is jelentős volt.

Az évszaki hatások csökkentése, vagy megszüntetése érdekében nagyüzemi nyúltelepeken napi folyamatos **16 órás megvilágításra tértek át** (Walter és mtsai, 1968; Lebas és mtsai, 1997).

Mesterséges termékenyítéskor, a szoptató anyanyulaknál a magas prolaktin szint gátolja az ivarzást, ezért a fialás utáni 11. napon végzett termékenyítés előtt ivarzás-szinkronizálás céljából, hormonnal (PMSG) kezelik az anyanyulakat (Theau-Clément, 2007). A gyakori és nagy dózisú PMSG kezelés esetén a megemelkedett ellenanyag-képződés miatt a vemhesülés romlott, és emiatt gyakoribb volt a selejtezés, ugyanakkor hormonális kezelésekkel kapcsolatban a fogyasztók részéről aggályok merülnek fel, ezért alternatív (ún. biostimulációs) módszereket kezdtek kidolgozni. Az egyik ilyen lehetőség a „tavasz modellezése”, vagyis inszeminálás előtt a megnövelt napi megvilágítás.

Maertens és Luzi (1995) inszeminálás előtt öt nappal 10-ről 16 órára, illetve termékenyítés előtt hat nappal 8-ről 16 órára növelték a napi világos időszak hosszát, de egyik kísérletben sem javult a fialási arány. Theau-Clément és mtsai (1990), valamint Mirabito és mtsai (1994) a 8 órás megvilágítást nyolc nappal az inszeminálás előtt növelték 16 órára. Mindkét kísérlet pozitív eredménnyel zárult, a fialási arány 12, illetve 10 %-kal javult. Gerencsér és mtsai (2008) kísérletében a világítási program általában 8V:16S volt, amit termékenyítés előtt nyolc nappal 16V:8S-re változtatták. Az eredményeket az *1. táblázatban* foglaltuk össze. Az adatokból **látható, hogy a fialási arány** Theau-Clément és mtsai (1990), valamint Mirabito és mtsai (1994) eredményeihez hasonlóan 10,5 %-kal javult.

1. táblázat

A megvilágítás hatása az anyanyulak termelésére

(Gerencsér és mtsai, 2008)

Tulajdonság (1)	Megvilágítás (2)				SE	p	
	16-16V		8-16V				
	n	Átlag (3)	n	Átlag (3)			
Vemhesülési arány, % (4)	153	61,4	167	71,9		0,048	
Alomlétszám (5)	összes (6)	88	8,73	101	9,16	0,17	0,283
	élő (7)	88	8,43	101	8,70	0,16	0,507
	nevel (8)	88	8,48	101	8,57	0,07	0,792
	3 hetes (9)	88	7,94	101	8,03	0,08	0,470
3 hetes alomsúly, g (10)	88	3407	101	3384	39	0,869	
3 hetes egyedi súly, g (11)	88	432	101	424	4	0,347	
Szopós elhullás, % (12)		6,30		6,35		0,967	

Table 1. Effect of lighting schedule on the reproductive performance of the does traits (1); lighting (2); mean (3); conception rate (4); litter size (5); total (6); alive (7); nursed (8), at 3 weeks (9); litter weight at 3 weeks (10); individual weight at 3 weeks (11); mortality of kits (12)

Lovaknál Palmer és mtsai (1982) megfigyelték, hogy nem feltétlenül szükséges a megvilágítás hosszát megnövelni, hanem a sötét időszak közepén alkalmazott egy órás világos periódus beiktatásával hasonló hatás érhető el. Zahoor és mtsai (2011) japán fűrjeknél érték el jobb eredményeket, ha 16V:8S helyett 8V:6S:2V:8S világítási programot alkalmaztak. Ma és mtsai (2013) szintén pozitív eredményről számoltak be, amikor a tojótyúkokat 13V:5S:1V:5S megvilágítás alatt tartották.

Ezek a kísérletek adták az ötletet, hogy ezt a lehetőséget a nyulaknál is megvizsgálják. Két kísérletet állítottak be, amelyekben a termékenyítés előtt nyolc nappal a megvilágítást nem 8-ról 16 órára növelték, hanem csak a sötét időszak közepén kapcsolták fel a villanyt egy, vagy négy órára. A kontroll csoporttal (folyamatos 16V:8S megvilágítás) szemben, a kísérleti csoportban az anyanyulakat általában 8V:16S megvilágítás mellett tartották, de a termékenyítés előtt nyolc nappal a sötét időszak közepén további egy órára felkapcsolták a villanyt (8V:7S:1V:8S). Az anyanyulak testsúlya a kísérleti csoportban, az alomlétszám, és ennek következtében az alomsúly viszont a kontroll csoportban volt szignifikánsan nagyobb (Gerencsér és mtsai, 2011b). A termelés egyik legfontosabb mutatójában, az egy év alatt egy anyanyulra jutó újszülött nyulak számában kapták a legnagyobb különbséget (65,0 és 58,8), a kontroll csoport javára.

Az eredmények alapján azt feltételezték, hogy a sötét időszak közepén alkalmazott egy órás megvilágítás túl rövid volt. A következő kísérletben ezért a sötét időszakban négy órán keresztül világítottak úgy, hogy a második világos időszak az előző kezdetétől a 16 óra végére essen (8V:4S:4V:8S). Az eredmények szerint a 21 napos alomlétszám és alomsúly, valamint a 21 napos korig elhullott nyulak

száma a kontroll csoportban alakult szignifikánsan kedvezőbben (*Gerencsér és mtsai*, 2015). Mindkét kísérlet egyértelműen bizonyította, hogy a sötét időszak közepén végzett rövidebb vagy hosszabb megvilágításnak nem volt biostimulációs hatása, sőt az anyanyulak termelése szempontjából egyértelműen hátrányos volt.

VILÁGÍTÁSI PROGRAM A PRÉMÉRÉS GYORSÍTÁSÁRA, MELATONIN KEZELÉS

Ahogy az anyanyulak szaporasága szempontjából a tavasz, illetve a megnövelt napi megvilágítás, addig a prém- és gyapjútermelés oldaláról az őszi időszak, illetve a rövidített napi megvilágítás az előnyös.

A nappalok rövidülése váltja ki a kifejlett nyulakban a vedlést, majd a sűrűbb, a hideg ellen védelmet nyújtó téli szőrzet kialakulását (*Lebas és mtsai*, 1997). Ami a természetben hónapok alatt megy végbe, azt fényprogrammal, vagy melatonin-kezeléssel felgyorsíthatjuk.

Vrillon és mtsai (1988) rex és normál szőrzetű nyulak prém (szőrzet) érését vizsgálták a megvilágítástól függően. A nyulak felét végig napi 16 órás megvilágítás alatt tartották, a másik felénél a napi 16 órás megvilágítást 8 órára csökkentették. A fényprogramot 9 hetes korban, vagyis a második prémérés vége felé változtatták meg. A harmadik prémérési fázis a kontroll csoportban egy héttel később kezdődött, prémérési csúcs nélkül, ami a vizsgálati időszak végéig elnyúlt és 23 hetes korban sem fejeződött be. Ezzel szemben a lerövidített napi megvilágítás hatására a normál szőrzetű és a rex nyulak prémérése felgyorsult, 14-16 hetes kor közötti csúccsal, és 18 hetes korra minden egyedben befejeződött. Nem csak a prém **érése**, hanem annak minősége is sokkal jobb lett. Ezek az eredmények hozzájárultak ahhoz, hogy a rex nyulak fiatalabb korban legyenek prémérettek, és közel azonos életkorban lehessen őket prémezni.

Melatonin-kezeléssel hasonló hatás érhető el. A melatonin mind a nappal, mind az éjszaka aktív állatfajok esetén sötétben keletkezik, ezért a „sötétség hormonja”-nak is nevezik. A tobozmirigy választja ki. Az előállítást a hipotalamusz vezérli, a fény/sötétség változásairól kapott információ alapján (*Lanszki*, 2000). *Illnerová és mtsai* (1984) a melatonin termelődését vizsgálta hörcsögben, 16V:8S és 8V:16S megvilágítás mellett. A melatonin abban a csoportban termelődött hosszabb ideig és magasabb szinten, amely 8 helyett 16 órán át volt sötétben. Ha melatonint juttatnak a szervezetbe, ugyanolyan hatást érnek el, mintha az állat hosszabb ideig tartózkodna sötétben.

Lanszki és mtsai (2001) angóra nyulakon vizsgálták a melatonin kezelés hatását. A kísérleti nyulakat a nyári napforduló előtt (májusban), vagy utána (júliusban) kezelték 36 mg/állat melatonin implantátummal. A gyapjút tépéssel (a 98. napon) vagy nyírással (a 80. napon) távolították el. Az első hetekben a kezelt nyulakban a kontroll csoporthoz képest megnőtt a takarmányfogyasztás és a testsúly, 17,7%-kal nagyobb lett az összes és 13,1%-kal az első osztályú gyapjú mennyisége, emellett a gyapjú is 6%-kal hosszabb lett (2. táblázat). Bár a szőrszálak átmérője nem változott, de a szőrtüszőnkénti szőrszálak száma 32%-kal nőtt. A két kezelési időponttól és a gyapjú eltávolítási módtól függően, júliusi kezelés és tépés esetén javult jelentősebben a gyapjútermelés.

2. táblázat

**Melatonin-kezelés hatása az angóra nyulak gyapjútermelésére
(Lanszki és mtsai, 2001)**

Tulajdonság (1)	Kontroll (2)	Melatoninnal kezelt (3)	p
Összes gyapjú, g (4)	165	211	<0,001
I. osztályú gyapjú, g (5)	86	114	<0,001
Egy napra eső gyapjú, g (6)	1,72	2,18	<0,001
Egy kg testsúlyra eső gyapjú, g (7)	51,9	65,5	<0,001
Gyapjú hossza a 98. napon, mm (8)	75,2	79,6	<0,001

Table 2 Effect of melatonin treatment on the wool production of angora rabbits traits (1); control (2); treated (3); total fleece weight (4); 1st class (5); total fleece weight per day (6); total fleece weight per body weight kg (7); length of wool at day 98 (8)

3. táblázat

**Az anyanyulak termelése (1-5. termékenyítés együtt), a fényerősségtől függően
(Matics és mtsai, 2015)**

Tulajdonság (1)	V (150-200 lux)	S (10-20 lux)	p
n (fialt/termékenyített) (2)	180/230	185/232	---
Fialási arány, % (3)	78,3	79,7	0,696
Anya súlya fialáskor, g (4)	4201	4218	0,579
Alomlétszám (5)			
összes (6)	11,25	10,59	0,070
élő (7)	10,75	10,00	0,043
21 napos (8)	8,86	8,52	0,020
21 napos alomsúly, g (9)	3182	3098	0,258
21 napos egyedi súly, g (10)	360	361	0,745
Szopós elhullás, % (0-21. nap között) (11)	6,36	8,68	0,013

Table 3. Reproductive performance of rabbit does housed under different light intensities traits (1); kindled/inseminated (2); kindling rate, % (3); doe weight at kindling, g (4); litter size (5); born total (6); born alive (7); at 21d (8); litter weight at 21d, g (9); individual weight at 21d, g (10); mortality between 0-21d, % (11)

Lanszki és mtsai (1996) angóra baknyulakat is kezeltek melatoninnal, a nyári napforduló után. A kezelt csoportban nem csökkent az ugrókészség, a sperma mennyisége és koncentrációja, viszont a kontroll nyulakhoz viszonyítva javult a spermiumok motilitása.

FÉNYINTENZITÁS, FÉNYSZÍN

Az anyanyulak tartásához a szakirodalomban minimum 30-40 lux (Lebas és mtsai, 1997; Scholaut, 1998), illetve legalább 50 lux (EFSA, 2005) fényerősséget írnak elő ahhoz, hogy a termelésük ne romoljon. Ez lehetővé teszi az állatok számára, hogy lássák egymást, figyelhessék, feltérképezhessék környezetüket,

A fény színének hatása az anyanyulak 336 napos termelésére

(Gerencsér és mtsai, 2011a)

Tulajdonság (1)	Fényszín (2)		SE	p
	Fehér (3)	Kék (4)		
Fialáshoz szükséges termékenyítések száma (5)	1,20	1,15	0,02	0,170
Anyasúly fialáskor, g (6)	4371	4282	18,3	<0,001
Anyasúly 23. nap, g (7)	4769	4698	15,7	0,002
Alomlétszám (8)				
összes (9)	8,84	9,02	0,11	0,344
élő (10)	8,62	8,68	0,11	0,782
nevelt (11)	8,46	8,46	0,03	0,882
23 napos (12)	8,08	8,05	0,05	0,586
Alomsúly, g (13)				
élő (14)	543	550	6,39	0,713
nevelt (15)	562	569	3,65	0,534
23 napos (16)	3498	3611	24,5	0,036
Egyedi súly, g (17)				
élő (18)	64,3	65,5	0,46	0,332
nevelt (19)	66,6	67,4	0,38	0,222
23 napos (20)	435	451	2,53	0,002

Table 4. The effect of light colour in the 336 day long production of rabbit does traits (1); colour of lighting (2); white (3); blue (4); Al/kindling (5); body weight of does at kindling (6); body weight of does at 23 days (7); litter size (8); total (9); alive (10); after equalization (11); at 23 days (12); litter weight (13); alive (14); after equalization (15); at 23 days (16); individual weight (17); alive (18); after equalization (19); at 23 days (20);

illetve természetes aktív viselkedést mutassanak (EFSA, 2005). A szakirodalomban azonban nem található információ arról, hogy az anyanyulak termelése és viselkedése hogyan alakul a fényerősség függvényében.

A fentiek miatt *Matics és mtsai* (2015) megvizsgálták a fényerősség anyanyulak termelésére gyakorolt hatását. Két csoportot alakítottak ki: az anyanyulakat 150-200 lux (V) vagy 10-20 lux (S) fényerősséggel megvilágított teremben helyezték el. Öt fialás átlagán alapján nem volt különbség a két csoport fialási aránya között. Egyedül az összes és élve született, valamint a 3 hetes kori alomlétszámokban kaptak 3 és 7 % közötti eltérést, a jobban megvilágított csoport (V) javára (3. táblázat).

A nyúltenyésztők számára fontos mutatóban, a száz termékenyített anyanyúlra jutó összes választott nyúl számában nem volt jelentős eltérés a két csoport között (V: 685, S: 673). Véleményük szerint a fényerősség anyanyulak termelésére gyakorolt hatásának jobb megismerése érdekében további vizsgálatokra van szükség.

Több gazdasági állatfajnál (baromfi: *Rodenboog*, 2001; szarvasmarha: *Ádám és mtsai*, 1990; juh: *Casamassima és mtsai*, 1994; ló: *Stachurska és mtsai*, 2002) kimutatták, hogy a fény színe is befolyásolhatja termelésüket. Nyulakkal kapcsolatban azt vizsgálták, hogy a kék fény hogyan hat az anyanyulak termelésére (*Gerencsér és mtsai*, 2011a). Amint korábban írtuk, a nyúltnak, mint éjszaka aktív

állatfajnak nem jó a színlátása, de a zöld és a kék szint érzékeli. Azonos fényintenzitás mellett az anyulakat fehér vagy kék fényvel megvilágított teremben tartották. Termelésben egyedül a 23 napos alomsúlyban kaptak szignifikáns különbséget (3611 és 3498 g), a kék megvilágítás mellett tartott anyanyulak javára (4. táblázat). Az eredmények alapján azt a következtetést vonták le, hogy a jövőben érdemes lenne a fényszín termelésre gyakorolt hatásával foglalkozni.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az összefoglalt irodalmi adatok alapján látható, hogy a fénynek, a megvilágításnak az élettani paramétereiktől, a viselkedésen keresztül, a termelésig számtalan hatása van az üregi- és a házinyulakra. Vannak olyan – elsősorban alapkutatóval kapcsolatos – területek, ahol bőséges ismeretanyaggal rendelkezünk. Ugyanakkor termelési oldalról is sok hasznos információ birtokába jutottak a kutatók. Néhány kivételtől (ivarzás-szinkronizálás céljából végzett világítási program és a szörzet érésére/gyapjú termelésére gyakorolt hatás) eltekintve, a legtöbb területen még nem rendelkeznek elegendő ismerettel ahhoz, hogy a gyakorlat számára egyértelmű javaslatokat lehessen adni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bellier, R. – Gidenne, T. – Vernay, M. – Colin, M. (1995) *In vivo* study circadian variations of the cecal fermentation pattern in postweaned and adult rabbits. *J. Anim. Sci.*, 73. 128-135.
- Best, T.L. – Hoditschek, B. (1986) Relationships between environmental variation and the reproductive biology of Ord's kangaroo rat (*Dipodomys ordii*). *Mammalia*, 50. 173-183.
- Boyd, I. (1986) Photoperiodic regulation of seasonal testicular regression in the wild European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *J. Reprod. Fert.*, 77. 463-470.
- Boyd, I. L. – Bray, C. J. (1989) Nutritional ecology of the wild rabbit – an input to timing of reproduction. *Proc. Nutr. Society*, 48. 81-91.
- Bronson, F.H. (2009) Climate change and seasonal reproduction in mammals. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 364. 3331-3340.
- Casamassima, D. – Sevi, A. – Montemurro, O. (1994) Effect of colour of light on performance and behavioural activity of lambs for slaughter. *Zootec. Nutriz. Anim.*, 20. 27-33.
- Csonka Lné. - Szendrő Zs. (1984) Az évszak hatása a házinyúl termelési tulajdonságaira. *Állteny. Tak. Kutatóközpont Közl.*, 11. 311-317.
- Díez, C. – Pérez, J.A. – Prieto, R. – Alonso, M.E. – Olmedo, J.A. (2005) Activity patterns of wild rabbit (*Oryctolagus Cuniculus*, L.1758), under semi-freedom conditions, during autumn and winter. *Wildl. Biol. Pract.*, 1. 41-46.
- Díez, C. – Sánchez-Garza, C. – Pérez, J.A. – Bartolomé, D.J. – González, V. – Wheatley, C.J. – Alonso, M.E. – Gaudioso, V.R. (2013) Behavioural activity of wild rabbit (*Oryctolagus Cuniculus*) under semi-natural rearing systems: establishing a seasonal pattern. *World Rabbit Sci.*, 21. 263-270.
- EFSA (European Food Safety Authority) Journal, (2005) Scientific Report. The Impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits. 267.
- Gerencsér Zs. - Matics Zs. - Nagy I. - Princz Z. - Orova Z. - Biró-Németh E. - Radnai I. - Szendrő Zs. (2008) Effect of a light stimulation on the reproductive performance of rabbit does. In Proc.: 9th World. Rabbit Congr., June 10-13, 2008, Verona, Italy, 371-374.
- Gerencsér Zs. - Matics Zs. - Nagy I. - Radnai I. - Szendrő É. - Szendrő Zs. (2012) Effect of lighting programme and nursing method on the production and nursing behaviour of rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 20. 103-116.

- Gerencsér Zs. - Matics Zs. - Nagy I. - Szendrő Zs.* (2011) Effect of light colour and reproductive rhythm on rabbit doe performance. *World Rabbit Sci.*, 19. 161-170.
- Gerencsér Zs. - Matics Zs. - Nagy I. - Szendrő Zs.* (2011) Effect of lighting schedule on production of rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 19. 209-216.
- Gerencsér Zs. - Szendrő Zs. - Radnai I. - Matics Zs.* (2015) Effect of lighting schedule before insemination (16L:8D □ 8L:4D:4L:8D) on the production of rabbit does. 19. Internationale Tagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere, 27-28. Mai, 2015, Celle, Germany, 75-82.
- Gonçalves, H. - Alves, P.C. - Rocha, A.* (2002) Seasonal variation in the reproductive activity of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) in a Mediterranean ecosystem. *Wildl. Res.*, 29. 165-173.
- Hoy, St. - Seitz, K. - Selzer, D. - Schüddemage, M.* (2000) Nursing behaviour of domesticated and wild rabbit does under different keeping condition. *World Rabbit Sci.*, 8. Suppl. 1. 537-542.
- Hoy, St. - Selzer, D.* (2002) Frequency and time of nursing in wild and domestic rabbits housed outdoors in free range. *World Rabbit Sci.*, 10. 77-84.
- Hudson, R. - Distel, H.* (1982) The pattern of behaviour of rabbit pups in the nest. *Behaviour*, 79. 255-271.
- Hudson, R. - Distel, H.* (1989) The temporal pattern of suckling in rabbit pups: a model of circadian synchrony between mother and young. In: Reppert S.M. (Ed.), *Development of circadian rhythmicity and photoperiodism in mammals*. Perinatology Press, Boston, USA, 83-102.
- Illnerová, H. - Hoffmann, K. - Vančec, J.* (1984) Adjustment of pineal melatonin and N-acetyltransferase rhythms to change from long to short photoperiod in the Djungarian hamster *Phodopus sungorus*. *Neuroendocrinol.* 38. 226-231.
- Jilge, B.* (1993) The ontogeny of circadian rhythms in the rabbit. *J. Biol. Rhythms*, 8. 247-260.
- Juliusson, B. - Bergström, A. - Röhlich P. - Ehinger, B. - van Veen, T. - Szél Á.* (1994) Complementary cone fields of the rabbit retina. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 35. 811-818.
- Kenagy, G.J. - Bartholomew, G.A.* (1985) Seasonal reproductive patterns in five coexisting California desert rodent species. *Ecol. Monographs*, 55. 371-397.
- Lanszki J.* (2000) A fényperiódus és a melatonin szerepe emlősök szezonális bioritmusában. *Irodalmi összefoglaló. Acta Agr. Kaposvár*, 4. 57-83.
- Lanszki J. - Allain, D. - Thébault, R.G. - Bodnár K. - Radnai I. - Eiben Cs. - Lengyel K.* (1996) The effects of various melatonin treatments on the summer semen characteristics of angora rabbits. *World Rabbit Sci.*, Vol. 8. Suppl. 1. 365-370.
- Lanszki J. - Thébault, R.G. - Allain, D. - Szendrő Zs. - Eiben Cs.* (2001) The effects of melatonin treatment on wool production and hair follicle cycle in angora rabbits. *Anim. Res.*, 79-89.
- Lebas, F.* (1977) Faut-il éclairer les lapins durant l'engraissement? *Cuniculture* 4. 233-234.
- Lebas, F. - Coudert, P. - de Rochambeau, H. - Thébault, R.G.* (1997) The Rabbit - Husbandry, health and production. *FAO Animal Production and Health Series No. 21*, Rome
- Ma, H. - Li, B. - Xin, H. - Shi, Z. - Zhao, Y.* (2013) Effect of intermittent lighting on production performance of laying-hen parent stocks. *ASABE Annual International Meeting, Kansas City, MO, July 21 - 24. 2013*
- Maertens, L. - Luzi, F.* (1995) Effect of diluent and storage time of rabbit semen on the fertility of does reared under two different lighting schedule. *World Rabbit Sci.*, 3. 57-61.
- Matics Zs. - Gerencsér Zs. - Radnai I. - Dalle Zotte, A. - Palumbo, M. - Mikó A. - Kasza R. - Szendrő Zs.* (2013) Effect of different lighting schedules (16L:8D or 12L:6D) on reproductive performance and nursing behaviour of rabbit does. *Livest. Sci.*, 157. 545-551.
- Matics Zs. - Gerencsér Zs. - Radnai I. - Kasza R. - Szendrő Zs.* (2015) Effect of different light intensities on reproductive performance, nursing behaviour and preference of rabbit does. 19. Internationale Tagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere, 27-28 Mai, 2015, Celle, Germany, 83-89.

- Matics Zs. - Szendrő Zs. – Hoy, St. - Nagy I. - Radnai I. - Biro-Németh E. - Gyovai M.* (2004) Effect of different management methods on the nursing behaviour of rabbits. *World Rabbit Sci.*, 12. 95-108.
- Mirabito, L. – Galliot, P. – Souchet, C.* (1994) Effet de l'utilisation de la PMSG et de la modification de la photopériode sur les performances de reproduction de la lapine. In Proc.: 6èmes Journ. Rech. Cunicole, La Rochelle, I, 169-178.
- Mirabito, L. – Galliot, P. – Souchet, C. – Bollengier, J.* (1994) Effect d'un programme lumineux et d'une limitation du temps d'accès à la mangeoire sur les performances de lapins à l'engraissement. *VIèmes J. rech. Cunicole, La Rochelle*, 6-7 Décembre, Vol. 2. 511-519.
- Morgado, E. - Juárez, C. - Melo, A.I. - Domínguez, B. - Lehman, M.N. - Escobar, C. - Meza, E. - Caba M.* (2011) Artificial feeding synchronizes behavioral, hormonal, metabolic and neural parameters in mother-deprived neonatal rabbit pups. *Eur. J Neurosci.*, 34. 1807-1816.
- Mykytowycz, R. – Rowley, I.* (1958) Continuous observations of the activity of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), during 24-hour periods. *CSIRO Wildl. Res.*, 3. 26-31.
- Palmer, E. – Driancourt, M.A. – Ortavant, R.* (1982) Photoperiodic stimulation of the mare during winter anoestrus. *J. Reprod. Fertil.*, (Suppl 1.), 32. 275-282.
- Prud'hon, M. – Chérubin, M. – Goussupoulos, J. – Charles, Y.* (1975) Évolution, au cours de la croissance, des caractéristiques de la consommation d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri *ad libitum*. *Ann. Zootech.*, 24. 289-298.
- Prud'hon, M. – Goussupoulos, J. – Reyne, Y.* (1978) Comportement alimentaire du lapin de garenne élevé en captivité. II. Modifications induites par un décalage des périodes d'éclaircissement. *Ann. Zootech.*, 27. 101-106.
- Reicham, O.J. - van de Graaff, K.M.* (1975) Association between digestion of green vegetation and desert rodent reproduction. *J. Mammal.*, 56. 503-506.
- Reyne, Y. – Goussupoulos, J. - Prud'hon, M.* (1978) Comportement alimentaire du lapin de Garenne élevé en captivité. III. Etude de rythmes d'ingestion d'aliment et d'eau en lumière permanente. *Ann. Zootech.*, 28. 159-164.
- Reyne, Y. - Prud'hon, M. – Debicki, A.M. – Goussupoulos, J.* (1977) Caractéristiques des consommations d'aliments solide et liquide chez la Lapine gestante puis allaitante nourrie *ad libitum*. *Ann. Zootech.*, 27. 211-223.
- Rodenboog, H.* (2001) Sodium, green, blue, cool or warm-white light? *World Poultry*, 17. 22-23.
- Rödel, H.G. – Dausmann, K.H. – Starkloff, A. – Schubert, M. - von Holst, D. – Hudson, R.* (2012) Diurnal nursing pattern of wild-type European rabbits under natural breeding conditions. *Mammalian Biol.* 77. 441-446.
- Schlolaut, W.* (1998) *Das große Buch vom Kaninchen*, DLG Verlag, Frankfurt am Main
- Shanas, U. – Haim, A.* (2004) Diet salinity and vasopressin as reproduction modulator in the desert-welling golden spiny mouse (*Acomys russatus*). *Physiol. Behav.*, 81. 645-650.
- Stachurska, A. – Pieta, M. – Nesteruk, E.* (2002) Which obstacles are most problematic for jumping horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 77. 197-207.
- Szendrő Zs. - Biróné Németh E. - Radnai I.* (1992) Investigations on the results of artificial insemination. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 545-552.
- Szepessy Zs.* (2001) *Fotoreceptorok eloszlása és fejlődése*. PhD értekezés, Semmelweis Egyetem, Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézet, Budapest, http://phd.semmelweis.hu/mwp/phd_live/vedes/export/szepessy.d.pdf
- Theau-Clément, M.* (2007) Preparation of the rabbit doe to insemination: a review. *World Rabbit Sci.*, 15. 61-80.
- Theau-Clément, M. – Poujardieu, B. – Bellereaud, J.* (1990) Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. In Proc.: 5èmes Journ. Rech. Cunicole, 12-13 Décembre, Paris, France, Tome I: Comm. 7.
- Tsuji, H.* (1988) Nursing behaviour in rabbit. *Japanese J. Fert. Steril.*, 33. 489-492.

- Villafuerte, E.R. – Kufner, M.B. – Delibes, M. – Moreno, S. (1993) Environmental factors influencing the seasonal daily activities of European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in a Mediterranean area. *Mammalia*, 57. 341-347.
- Vrillon, J.L. – Thébault, R.G. - de Rochambeau, H. - Dardant P. (1988) Photoperiodism effect on fur maturity and fur quality of rabbits, owning or not rex gene. In: Proc. 4th World Rabbit Congress, Budapest, Hungary, Vol 2. 244–252.
- Walter, M.R. - Martinet, L. - Moret, B. - Thibault, C. (1968) Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin mâle et femelle. *Arch. Anat. Histol. Embryol.*, 51. 773-780.
- Zahoor, A. – Mian, A. A. – Ahmad, T. – Nadeem, S. – Rehman, A. – Akram, M. (2011) Effect of intermittent lighting on different production traits of Japanese quail. SAADC 2011 strategies and challenges for sustainable animal agriculture/crop systems, Volume III: full papers. Proceedings of the 3rd International Conference on sustainable animal agriculture for developing countries, Nakhon Ratchasima, Thailand, 26-29. July. 626-630.
- Yokoyama, S. – Radlwimmer, F.B. (1999) The molecular genetics and evolution of red and green color vision in mammals. *Genetics*, 153. 919-932.

Érkezett: 2015. október

Szerzők címe: Szendrő Zs. - Matics Zs. - Gerencsér Zs.
Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet,
Állatgenetikai és Biotechnológiai Tanszék

Author's address: Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute
of Animal Science, Department of Animal Genetics and Biotechnology,
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40. Pf.: 16
szendro.zsolt@ke.hu

LÁTNI ÉS LÁTSZANI - AVAGY A FÉNY SZEREPE A HALAK ÉLETTANÁBAN

URBÁNYI BÉLA - HORVÁTH ÁKOS - STASZNY ÁDÁM - MÜLLER TAMÁS - LEFLER KINGA
- MÜLLERNÉ TRENOSZKI MAGDOLNA - HORVÁTH LÁSZLÓ - FERINCZ ÁRPÁD - KO-
VÁCS RÓBERT - BOKOR ZOLTÁN - CSENKI-BAKOS ZSOLT

ÖSSZEFOGLALÁS

A halgazdálkodásban, hasonlóan a többi állattenyésztési ágazathoz, kiemelt jelentősége van a fénynek. Díszhalaink esetében a különleges színvilág kialakulásának egyik alapja, hogy a halak a korai fejlődésű stádiumban természetes és/vagy mesterséges fényben gazdag közegben nevelkedjenek. Haszonhalaink esetében a szaporodási készség és időpont egyik meghatározó tényezője a fény intenzitás és a nappalok hossza. Más haszonhalaink körében a fény befolyásolja az egyedek viselkedését, a predációs aktivitást, és a táplálkozási ingereket. A termelésben ún. fényprogramokat alkalmaznak, melyek a takarmányértékesítésre és a növekedésre egyaránt hatással vannak. Összességében a fény komplexen hat a halak fiziológiai folyamataira: a viselkedés, táplálkozás, szaporodás időben és térben egyaránt függ a fénytől.

SUMMARY

Urbányi, B. – Horváth, Á. – Staszny, Á. – Müller, T. – Lefler, K. – Müllerné Trenovszki, M. – Horváth, L. – Ferincz, Á. – Kovács, R. – Bokor, Z. - Csenki-Bakos, Zs.: TO SEE AND TO BE SEEN OR THE ROLE OF LIGHT IN FISH PHYSIOLOGY

Similarly to other areas of animal farming, light plays an important role in aquaculture. Growth in an environment rich in natural and/or artificial lighting is crucial for the development of color in ornamental fish. Light intensity and regime are determining factors in the reproduction and its timing in cultured fish. In other fish species, light influences behavior, predation and feeding. Light regimes are used in aquaculture production to regulate feed intake and growth. Generally, light has a complex effect on fish physiology: behavior, feeding and reproduction all depend on light in many aspects.

BEVEZETÉS

A halak életük során számtalan ingerrel találkoznak. A víz áramlása mechanikai, míg hőmérséklete hőingerként fejt ki hatását a halakra. A vízbe jutó fény fényingerként éri a halat, táplálkozása során pedig az ízingerek érzékelésével válik lehetővé számára, hogy a táplálékot megtalálja, majd elfogyassza. Az ingerek a hal testén belül is hatnak, amelyekre a halegyed érzékenyen reagál. A fény, mint szinte minden élőlény esetében kiemelt fontosságú a halak fiziológiájában. A fény befolyásolja a halak viselkedését, szaporodásbiológiai sajátosságait, táplálékszerzésüket, mozgásukat, vagyis szinte minden jelentősebb életfolyamatukat. Szinte nem találunk olyan halfajt, melyre a fény ne lenne kisebb-nagyobb hatással, ezért a fény szerepének kérdésköre komoly irodalommal és gazdasági alkalmazással bír.

A HALSZEM VÁZLATOS LEÍRÁSA ÉS A LÁTÁS

A halak szeme a filogenezis során a vízi életmódra specializálódott. Ezen felül a különböző fajok eltérő anatómiai és biokémiai specializációkkal rendelkeznek élőhelyüktől függően. Például az angolna szeme drasztikus változásokon megy keresztül, amikor egyik fejlődési szakaszból a másikba lép (Pankhurst, 1982).

A nyálkahalal látószerveit egy bőrréteg fedi, náluk még nem jelent meg a szemlencse és a szivárványhártya sem, ezért képlátásra nem képesek. Emellett kültakarójuk is tartalmaz fényérzékeny receptorokat.

Az ingoláktól kezdve a fejlettebb halak páros és általában nagy, oldalállású fejlett hólyagszemekkel rendelkeznek, amelyek segítségével képesek a képlátásra. Mivel szemeik a fej két oldalán helyezkednek el, látótereik alig, vagy egyáltalán nem fedik egymást. Előfordulnak azonban kicsi és felső állású szempárok is (*Siluridae*, *Ictaluridae*).

A szemek külön-külön is mozgathatók. Alakja a beérkező fény irányában lapított gömb. Felszínét porcokkal erősített ínhártya burkolja – ehhez tapadnak a szemmozgató izmok –, alatta pedig a szemet ellátó hajszalerek hálózatából álló érhártya található. Kívülről látható felületét az alig görbült, átlátszó szaruhártya alkotja, mögötte többnyire fehér gyűrűként látszik a szivárványhártya (írisz), melynek nyílása a pupilla. Ebben helyezkedik el a gömbölyű szemlencse, melyet a hozzákapcsolódó izmos sarlónyúlvány tart és mozgat (Dröscher, 1990).

A halak szeme szemhéj és könnyüreg nélküli (mivel a víz folyamatosan nedvesen tartja), fajonként változó fejlettségű. A környezethez való alkalmazkodás tehát a látás (szemek) közvetítésével megy végbe, ez a tulajdonság a megvakult halaknál elvész. Ilyen például a pontylazacfélék (*Characidae*) közé tartozó vak mexikói barlanglazac (*Astyanax mexicanus*), amelyek egész teste halvány rózsaszínű, mivel náluk nincs pigmentképződés.

A halak rövidlátóak (élesen általában 1-2 méterre látnak). A pontyalkatúak csak 1-5 centiméterre látnak élesen. A szem felépítése a szárazföldi gerincesekéhez hasonlít azzal a különbséggel, hogy szemlencse domborúságát a halak nem képesek változtatni, csak az ideghártyához való távolságát. Ha a szemlencsét az úgynevezett sarló alakú nyúlvány idegrostjai hátrébb húzzák, és ezzel az ideghártyához közelítik, akkor a hal számára lehetővé válik, hogy akár 10-12 méteres

távolságba is elláthasson. Ez a távolság körülbelül a maximum határ, de természetesen az egyes halfajok maximális „látótávolsága” változik. Ezt befolyásolja a környezet és az egyed szemének fejlettsége. A szem belsejét szintelen kocsonyás anyag, az üvegtest tölti ki, amelyen át a fénysugarak akadálytalanul érik el a szemgolyó hátsó falának belső rétegét, az ideghártyát (retina). A retinában található a receptorsejtek, a fényre érzékeny pálcikák és a színek érzékelésére szolgáló csapok. Az érzékelősejtekben keletkező ingerületet a látóideg szállítja a szemből az agyi központokba. A halaknál jelenik meg az ideghártya mögött elhelyezkedő ezüstös fényvisszaverő réteg, az úgynevezett tapetum lucidum (Dröscher, 1990).

Régóta tudják, hogy a környezeti hatások befolyásolni tudják a fejlődő látási rendszert. Ez különösen igaz olyan fajokra, amelyeknek születésükkor még fejletlen a látásuk. Ez fontos, mert a világítás egyes kezeléseknél, inkubátornál káros lehet a szemre nézve. Az utóbbi néhány évben az idegrendszer kutató tudományok a zebradániót (*Danio rerio*) használják modellállatként, mert ezek jól fejlett látási rendszerrel rendelkeznek. Emellett ugyanolyan a retinarendszerrel rendelkezik, mint a többi gerinces (Bilotta, 2000).

Tíz méteres mélységig a fény teljes tartománya eljut a vízbe, ezért eddig a mélységig elképzelhető lenne a halak színlátása. Azok a halak, amelyek ebben a mélységben élnek érzékelik a színeket, a mélytengeri halfajok esetében azonban teljes színvaktság figyelhető meg. Egyes porcos halak színvakok, míg mások, például a korallszirti halak színlátása még az emberénél is jobb. Biológusok a közelmúltban megállapították, hogy a korallszirti halak vagy korallsügérek az ultraibolya mintázat alapján ismerik fel fajtársaikat. Ha a szívárványos guppi (*Poecilia reticulata*) felfelé néz, csak a zöld színt ismeri fel, ha azonban tekintetét lefelé irányítja, színérzékelésük kiegészül a kékkel és az ibolyaszínnel. Ezért van az, hogy a hímek udvarlaskor az egyébként sárgás-szürke nőstények alatt táncolnak. A nász idejére jellemző színpompa is arra utal, hogy a halak látják egymás színét.

A látás élessége a környezet és az életmód függvényében szolgálja a halakat. A csuka (*Esox lucius*) és a szívárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) látása igen éles, míg a fenékjáró küllő (*Gobio gobio*) meglehetősen gyenge látási viszonyok között kevésbé hagyatkozik élete során a látására. Megállapítható, hogy a sekély, világosabb vizekben élő halak látása a legfejlettebb. Növekvő mélységben, vagy zavaros vízben a halak fokozatosan átállnak egyéb érzékszerveik (hallás, vibrációérzékelés, szagérzékelés stb.) használatára.

Bilotta (2000) vizuális magatartásokat vizsgáló kísérlete kettős célt szolgált: egyfelől vizsgálta az optomotor hasznosságát a látási viselkedéssel kapcsolatosan, másfelől pedig a szélsőséges világítási körülmények hatását írta le. Ennek a módszernek előnye, hogy a jutalmazásra alapuló magatartáson (reflexive behaviour) alapul. Továbbá kényelmesen lehet a halakat vizsgálni, mert reakcióik a vizsgálati kamrában nem tér el az otthonukként szolgáló akváriumétól. A tanulmány azt is szemléltette, hogy a zebradánió látása a korról javul. Azt a gondolatot, miszerint a látási rendszer fejlődik születés után, a vizsgálatok alátámasztják, az eredmények hasonlóak más fajokon végzett kutatásokéhoz.

A tanulmány továbbá megmutatta, hogy a látási képességek bizonyos feltételek hatására megváltozhatnak. A folyamatos megvilágítás sokkal károsabb a látás fejlődésére, mint a folyamatos sötét. Úgy tűnt a világítás ciklikussága kiemelkedően fontos szempont a látási rendszer kifejlődésében. A késői folyamatos

megvilágítási szakasz is káros a látásra nézve, de koránt sem olyan káros, mint a korai szakasz esetén. Utólagos labormunkák során kiderült, hogy egy hiányzó sötét periódus elég ahhoz, hogy a követő megtermékenyítésnél a normális látási képességek csökkenését idézze elő a halakban. Fontos megjegyezni, hogy a korai látási visszamaradottságból fel tudnak épülni a zebraadániók. (A hat napos korban abnormális körülmények között elmaradott látású egyedeket normális megvilágítási körülmények közé helyezték, és 21napos korukra minden teszt eredményük átlagos volt.)

VISELKEDÉS

A halak szeme elég lassan alkalmazkodik a gyors fényváltozásokhoz. Ez szerepet játszhat abban, hogy számos ragadozó hal hajnalban és alkonyatkor fokozottan aktív. Sok halfaj például kerül a direkt erős fényt, és rögtön árnyékba vagy mélyebbre tehetnek. Akváriumi halak esetében is megfigyelhető, hogy a lámpa felkapcsolásakor megijedhetnek. Hosszabb-rövidebb időszakra van szükségük, amíg magukhoz térnek, azaz el nem érik a nappal megszokott aktivitásukat.

A fény intenzitásának jelentős hatása van a ragadozó-zsákmány kölcsönhatásra. Erős fényben sokkal kisebb a zsákmányszerzésre irányuló hajlam, míg alacsony megvilágítás mellett a ragadozó viselkedés felerősödik (Cerri, 1983). Vizsgálatok szerint a menekülési kényszert maga a ragadozó viselkedés váltja ki, és csak másodlagos jelentősége van a ragadozó felismerésének.

Norvég kutatók megállapították, hogy a ketreces tartásban nevelt atlanti lazac (*Salmo salar*) viselkedését egyaránt befolyásolják a fényviszonyok. Megfigyelték, hogy mind a víz alatti lámpák elhelyezése, mind a világítás erőssége hat a halak ketreccen belüli helyválasztására. Azok a csoportok, melyeket a ketrec alsó harmadában világítottak meg, rendszeresen mélyebbre úsztak és jobban szétszóródtak, mint azon csoport egyedei, melyek a felszínhez közel kapták a megvilágítást. Abban az esetben, amikor a lámpákat a felszíni rétegből mélyebbre (15m) helyezték, a halak mozgása is megváltozott, bátran úsztak mélyebbre. Ha a megvilágítás csak a természetes fotoperiódusra és a felszínhez közel (1m) lévő lámpákra korlátozódott, a lazacok a felszínhez közel tömörültek, függetlenül a napszakoktól és az évszakoktól.

A halak alapvető viselkedéséhez, életciklusukhoz hozzátartozik a kisebb-nagyobb távolságra történő vándorlás. Legismertebbek a lazacok és a tokfélék, valamint az angolnák vándorlási szokásai. Az ívási időszak közeledtével a lazacok és a tokfélék a tengerekből a folyón felfelé gyakran több ezer kilométer távolságot is megtesznek, míg az angolnák az édesvizekből a tengerek felé vándorolnak. A hazai halfajok a vízfolyások mentén változtatják helyüket. A hossz-menti vándorlás mellett fontos az oldalirányú, mellékágakba, csendesebb élőhelyekre, vagy nagyvíznél a holtágakba történő kijutás, vándorlás is. Ezeknek a vándorlásoknak nem csak az ívóhelyek felkeresése az oka, hanem folyamatos mozgás a kedvezőbb táplálék ellátottsággal rendelkező szakaszok felkutatása érdekében. Fontos továbbá, hogy a víztesten keresztül tudnak nézni és az égitestek helyzete alapján tájékozódni. Téves azonban az a nézet, miszerint a vándorló fajok azért jönnek fel gyakran a felszínre vagy ugranak ki a vízből, hogy több mindent lássanak. A fény

visszaverődésének szöge is segíti a halakat a tájékozódásban. A halak extraoptikus fotoreceptorairól már a '90-es évek kezdete óta rendelkezünk információkkal. A halak tobozmirigye szövettanilag hasonló a gerincesek retinájához. Számos kutatási eredmény bebizonyította, hogy a tobozmirigy fotoszenzikus képességgel rendelkezik, azonban arra még nem találtak választ, hogy önmagában ez a mirigy elegendő lenne-e a tájékozódáshoz (Smith, 2011).

SZAPORODÁSBIOLOGIA

A sziámi harcoshal (*Betta splendens*) esetében a fényperiódus változása, azaz a világos (V) és sötét órák száma (S) jelentősen befolyásolta a szaporodásbiológiai tulajdonságokat. Kiegyenlített megvilágítás esetében (16V:8S és 12V:12S) szignifikánsan nőtt a párok ívási gyakorisága és a leívtott ikraszemek száma, mint a szélsőségesebb fényperiódus (24V:0S, 20V:4S és 8V:16S) esetében. Az ikraszemek térfogata és a perivitellinális tér szignifikánsan nagyobb volt a 24V:0S megvilágítás mellett tartott halakban, amelyek egyébként a legkevesebb ikrát is termelték (Giannecchini és mtsai, 2012).

A folyamatos, 24 órás megvilágítás csökkentette a nem kívánatos módon korán ivaréretté váló tejes egyedek számát tengeri süllő (*Dicentrarchus labrax*) fajban. Az éjszakai sötét időszak hatására megnőtt a spermatogenezis és spermáció során termelődő luteinizáló hormon (LH) koncentrációja. Folyamatos megvilágítás mellett a hormonszint-növekedés elmaradt. A spermatogenezis során a folyamatos megvilágítás gátolta a szexuáliszteroidok, különösen a tesztoszteron szekrécióját (Bayarri és mtsai, 2009). A folyamatos megvilágítás hasonló hatását figyelték meg sügérben (*Perca fluviatilis*) és tengeri süllőnél. A 24 órás megvilágítás gátolta a gametogenezist, és az ennek kitett halak gonadoszomatikus indexe (GSI) 1% alatt maradt a vizsgálati időszak során. Jelentős különbséget figyeltek meg a folyamatos 16V:8S fényperiódus mellett tartott halak és a természetes megvilágításnak megfelelő körülmények között tartott halak gametogenezisében is. Az állandó fényperiódus esetén az ikrás egyedek 20%-ában, míg a tejesek 40%-ában indult meg az ivarsejtek fejlődése, szemben a természetes körülmények között tartott egyedekkel, amelyek mindegyike gyors és az évszaknak megfelelő fejlődést mutatott (Migaud és mtsai, 2004).

Medaka vagy rizshal (*Oryzias latipes*) fajban a fényklíma 16V:8S-ről 8V:16S-re változtatása után 14 nappal teljesen megszűnt az ívás. Az eredeti fényklíma visszaállítása után újabb 14 nap kellett ahhoz, hogy az összes kihelyezett pár újra elkezdjen ivni (Koger és mtsai, 1999). Szívárványos pisztrángban már viszonylag korán megfigyelték a fényklíma ivarérést és ívást befolyásoló hatását. Ikrás halakat tettek ki 24V:0S, 16V:8S, illetve 8V:16S megvilágításnak februártól kezdve. A kontroll csoportként használt, természetes napi és évi ritmusú megvilágítás mellett tartott, és decemberben ivó egyedekhez képest a 24V:0S és 16V:8S csoport tagjai két hónappal korábban, a 8V:16S csoport tagjai pedig öt hónappal később kezdtek el ivni (Duston és Bromage, 1986).

A japán killifish (*Fundulus heteroclitus*) állományban a tavasszal emelkedő hőmérséklet és a hosszabbodó nappalok hatására indul be az ivarsejtek fejlődése, érése. Nyáron, mikor csökkenni kezd a megvilágított órák száma, intenzív regressziós folyamatok zajlanak az ivarszervekben, amit az őszi hűvösebb idő

és az újra beinduló ivarsejt fejlődés követ. Télen a fejlődés lelassul, szinte megáll, egészen addig, míg a hőmérséklet újra el nem éri a 22 °C fokot és a megvilágított órák száma 16-ra növekszik. Ehhez hasonló éves ritmus jellemző a halak többségére (Akio, 2003).

Egy amerikai sügérnél (*Cichlasoma dimerus*) t a megvilágított órák száma hat az ívást megelőző viselkedésre, ennél a fajnál ugyanis az ívást megelőzi a párválasztás. Azonos hőmérsékleten tartott halak esetében azokban a csoportban, ahol a megvilágított órák száma alacsony volt (8V:16S), a territoriális viselkedés és az agresszivitás nem volt annyira jellemző, mint abban a csoportban, ahol a megvilágított órák száma magasabb volt (14V:10S). A nőstények a kísérlet során egyszer sem választottak párt maguknak az alacsony fotoperiódusos csoportból. Hormon vizsgálatokkal igazolták, hogy a rövid ideig megvilágított medencéből kikerült egyedekben a GnRH, valamint a β -LH, PRL és a GH szint is alacsony szinten maradt. Megállapítható, hogy a megvilágítás hossza hatással van a *Cichlasoma dimerus* szaporodási viselkedésére és élettanára (Ana és mtsai, 2010).

GYAKORLATI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

A hosszabb nappali megvilágítás technikája a kezdeti próbálkozások után bevezetésre került a pisztrángtenyésztés gyakorlatába és mára lehetővé tette, hogy akár júliusban is sikeresen lehessen a halakat szaporítani. A módszer hátrányar, hogy az ívás időpontjának korábbra hozatalával arányosan csökkent a stimulációra reagáló és sikeresen szaporítható egyedek száma (Bromage és mtsai, 2001). A nagy egyedszámú (több ezer) tenésszállományokkal rendelkező pisztrángtelepeken ez nem jelent problémát, mivel az ívási időszakon kívül nyert szempontos ikra magasabb értékesítési ára kompenzálja a termelőket.

Az atlanti lazac tenyésztésben a korábban végzett kísérletek eredményeként mesterséges fényttesteket használva, a 25m mély ketrecekben irányíthatóvá vált a halak elhelyezkedése. A fényttestek egyedi elhelyezésével megakadályozható a halak felszíni tömörülése és elérhetővé válik az egyedek egyöntetűbb eloszlása a különböző vízrétegekben. Ez maga után vonja az élettér jobb kihasználtságát, a takarmányfelvétel-képesség fokozódását, a halak növekedésének optimális ütemét, vagyis a gazdaságos termelést.

IRODALOMJEGYZÉK

- Akio, S. (2003): Effect of photoperiod and temperature on gonadal activity and plasma steroid levels in a reared strain of the mummichog (*Fundulus heteroclitus*) during different phases of its annual reproductive cycle. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 131. 310-324.
- Ana, F. – Maximiliano, C. – Graciela, R. V. – Cristina, M. – Matías, P. (2010): Photoperiodic modulation of reproductive physiology and behaviour in the cichlid fish *Cichlasoma dimerus*. *Physiol. & Behav.*, 99. 425–432.
- Bayarri, M.J. – Zanuy, S. – Yilmaz, O. – Carrillo, M. (2009): Effects of continuous light on the reproductive system of European sea bass gauged by alterations of circadian variations during their first reproductive cycle. *Chronobiol. Int.*, 26.2.184-199.

- Bilotta, J.* (2000): Effects of abnormal lighting on the development of zebrafish visual behavior. *Behav. Brain Res.*, 116:81-7.
- Bromage, N.R. – Porter, M.J.R. – Randall, C.F.* (2001): The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, 197. 63-98.
- Cerri, R.D.* (1983): The effect of light intensity on predator and prey behaviour in cyprinid fish: factors that influence prey risk. *Anim. Behav.*, 31. 736-742.
- Dröscher, V.B.* (1990): Ahogy az állatok látnak, hallanak és éreznek. *Tessloff és Babilon Kiadó.*
- Duston, J. – Bromage, N.* (1986): Photoperiodic mechanisms and rhythms of reproduction in the female rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.*, 2. 35-51.
- Giannecchini, L.G. – Massago, H. - Kochenborger Fernandes, J.B.* (2012): Effects of photoperiod on reproduction of Siamese fighting fish *Betta splendens*. *R. Bras. Zootec.*, 41. 821-826.
- Jon-Erik, J. – Jan, E. F.* (2004): Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Norway Aquaculture*, 233. 269–282.
- Kroger, C.S. – Teh, S.J. – Hinton, D.E.* (1999): Variations of Light and Temperature Regimes and Resulting Effects on Reproductive Parameters in Medaka (*Oryzias latipes*). 61. 1287-1293.
- Migaud, H. – Fontaine, P. – Kestemont, P. – Wang, N. - Brun-Bellut, J.* (2004): Influence of photoperiod on the onset of gonadogenesis in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 241. 561-574.
- Pankhurst, N.W.* (1982): Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel, *Anguilla anguilla* L. *J. Fish Biol.*, 21. 417-428.
- Smith, R.J.F.* (2011): *The Control of Fish Migration in Zoophysiology*, Springer-Verlag, Berlin, 1-243.

Érkezett: 2015 október

A szerzők címe: Urbányi B. – Horváth Á. – Staszny Á. – Müller T. – Lefler K. – Müllerné Trenovszki M. – Horváth L. – Ferincz Á. – Kovács R. – Bokor Z. - Csenki-Bakos Zs.
Szent István Egyetem, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Halgazdálkodási Tanszék

Author's address: Szent István University, Department of Fishbreeding
H-2100 Gödöllő, Páter János utca 1.
urbanyi.bela@szie.mkk.hu

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

Magyar Állatorvosok Lapja
2015. évi 10. szám

103
A Magyar Állatorvosok Lapja
2015. évi 10. szám



HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH

HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH
2015. évi 10. szám



FROM CONTENTS
1. A HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH JOURNAL
2. HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH JOURNAL
3. HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH JOURNAL

HALÁSZAT

Magyar Halászati és Vízgazdálkodási Lap
2015. évi 10. szám



1. A Magyar Halászati és Vízgazdálkodási Lap
2. A Magyar Halászati és Vízgazdálkodási Lap
3. A Magyar Halászati és Vízgazdálkodási Lap

NÖVÉNYTERMELÉS

Magyar Növénytermelési Lap
2015. évi 10. szám



1. A Magyar Növénytermelési Lap
2. A Magyar Növénytermelési Lap
3. A Magyar Növénytermelési Lap

a falu

A Falu
2015. évi 10. szám



1. A Falu
2. A Falu
3. A Falu

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

Magyar Állattenyésztési és Takarmányozási Lap
2015. évi 10. szám



1. A Magyar Állattenyésztési és Takarmányozási Lap
2. A Magyar Állattenyésztési és Takarmányozási Lap
3. A Magyar Állattenyésztési és Takarmányozási Lap

GAZDÁLKODÁS

Magyar Gazdálkodási Lap
2015. évi 10. szám



1. A Magyar Gazdálkodási Lap
2. A Magyar Gazdálkodási Lap
3. A Magyar Gazdálkodási Lap

KERTGAZDASÁG HORTICULTURE

Magyar Kertgazdasági Lap
2015. évi 10. szám



1. A Magyar Kertgazdasági Lap
2. A Magyar Kertgazdasági Lap
3. A Magyar Kertgazdasági Lap



Állattenyésztés és Takarmányozás

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉSZÜS László (Herceghalom)

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Németország)	HIDAS András (Gödöllő)	NÉMETH Csaba (Budapest)
HODGES, J. (Ausztria)	HOLLÓ István (Kaposvár)	RÁTKY József (Herceghalom)
KAUFMANN, O. (Németország)	HORN Péter (Kaposvár)	SZABÓ Ferenc (Mosonmagyaróvár)
MANABE, N. (Japán)	HULLÁR István (Budapest)	TÖZSÉR János (Gödöllő)
ROSATI, A. (EAAP, Olaszország)	KOVÁCS József (Keszthely)	VÁRADY László (Szarvas)
BODÓ Imre (Szentendre)	KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin (Mosonmagyaróvár)	WAGENHOFFER Zsombor (Budapest)
FÉBEL Hedvig (Herceghalom)	MÉZES Miklós (Gödöllő)	ZSARNÓCZAY Gabriella (Szeged)
GUNDEL János (Herceghalom)	MIHÓK Sándor (Debrecen)	

Szerkesztőség: NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsiipari Kutatóintézet
(Editorial office): NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
T/F: (+36)23-319-133 – E-mail: szerk@atk.hu – www.atk.hu
Technikai szerkesztő: SIPICZKI Bojana

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) az Animal Breeding Abstracts c. kiadványban
The journal is abstracted by CAB International (UK) in Animal Breeding Abstracts

Felelős kiadó (Publisher): Mezőszentgyörgyi Dávid, NAKVI

HU ISSN: 0230 1614

A lap a Földművelésügyi Minisztérium tudományos folyóirata
This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Rural Development, founded in 1952
(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czákó

A kiadást támogatja (sponsored by): Földművelésügyi Minisztérium
MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. Levél Üzletág. Központi Előfizetési és Áruszállásügyi Csoport. Postacím: 1900 Budapest.

Előfizethető az ország bármely postáján, valamint a hírlapot kézbesítőknél,
e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu. További információ: 06-80/444-444.

Előfizetési díj egy évre: 8500 Ft.

Előfizetés és hirdetések felvétele lehetséges az ügyfélszolgálaton a következő elérhetőségeken:
tel: 06-1/362-8114, fax: 06-1/362-8104, e-mail: info@agrarlapok.hu, weboldal: www.agrarlapok.hu.

Nyomta: Pharma Press
1037 Budapest, Vörösvári út 119.