

A KIEGÉSZÍTŐ VILÁGÍTÁSI RENDSZEREK TERJEDÉSE A KÉRŐDZŐK TARTÁSTECHNOLÓGIÁJÁBAN

GÁSPÁRDY ANDRÁS – BÉRI BÉLA

ÖSSZEFOGLALÁS

Gazdasági haszonállataink élete, szaporodási ciklusa és termelési környezete egyre inkább elválnak a hagyományos, szezonális és természet közeli állapottól. A megnövekedett egyedi termelés igényeinek kielégítése és ellenőrzése mára a kérődzők esetében az ún. precíziós állattartás eszköztárában 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 egyenlítőtől 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 házasításának 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 ősökhoz 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 étel-miszer-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 embereknel 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 szarvasmarhákban az elmúlt évtizedekben általánossá vált a kórtelen, 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 tehenek szérum prolaktin szintje emelkedik, míg melatonin szintje csökken (Lawson és Kennedy, 2001, Auchtung és mtsai, 2005). A laktáló tehenek 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 föl vétel (*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, diszkomfortozhoz vezet.

González-Barragán és Calzada (2014) eredményei szerint a kiegészítő megvilágításnak csak a laktáció csúcsát 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 tehenek 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 tehenek télre való felkészülése. Amennyiben ugyanis elmarad a téli szörköntös növesztése, akkor féltő, hogy a hideg ellen nem tudnak védekezni az állatok.

Gazdaságossági számítások szerint kifizetődő a tejhasznú állományok kiegészítő világítása, mert a többlet tej miatt egy év alatt megtérülnek a világítási 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 tehenek 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 tehenek 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 tehenek 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 tehenekben 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 tenyésztőszők felnevelésében alkalmazott fénykiegészítés gyorsítja a növekedést, siettetni az ivarérettséget és a tőgyszövet 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 kifutóban 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 ivarzők fogékonyá 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 világítási programmal az anyakecskéké 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 kecskéké 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 őszele ivarzik, szezonálisan poliöszttruszos 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

órás, 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 kiegyenlítettsége.

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 fénymennyiség 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) óras – 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 órás) 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 fénnel 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 szemén 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 takarmánymasztalnál 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)	Színjellemző 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 színjellemző 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 energia-hatékonyabb, kevesebb hőt termel, hosszabb az élettartama és fagypont alatt is megbízhatóan 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 fénymenyiséget hosszú időn át kibocsátó lámpák csoportjába tartoznak; nagy terek bevilágítására alkalmazzák.

A fémhalogén lámpák fehér fényt bocsátanak ki 5000 kelvinig terjedő hőjellemzővel (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 hőjellemzővel (CCT), és 60%-ig terjedő színvisszaadási értékkel (CRI). A terület jártas szakemberei arról számolnak be, hogy ilyen lámpák használatakor 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 fénnel sugároznak, és általában az istállón kívüli területek megvilágítására alkalmazzák. Nem is javasolhatók 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 istállóknak megfelelőek. Szabályként megfogalmazhatjuk, hogy a lámpák közötti távolság a magasság 1,2-1,7-szerese legyen.

3. táblázat

A fényforrások általános jellemzői (Kevin, 2000)

Fényforrás(1)	Teljesítmény (watt)(2)	Hatékonyság (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 tehenek 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 istállókban 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 védőráncsozása) 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 veszteség csökkenthető.

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 tehenek teljesebb és biztonságosabb mozgásához, jobb közérzetéhez is hozzájárul. A tehenek 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.agrilight.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. - Novothiné 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.