

Válasz

Komlósi István, a MTA doktora bírálatára

Gáspárdy András „A fenotípus, a genotípus és a környezet ellenőrzésével
megvalósított precíziós állattenyésztési kutatások”

c. MTA Doktori értekezéséről

Tisztelt Opponensem, Komlósi István Professzor Úr! Köszönettel megkaptam bírálatát. Köszönöm, hogy volt szíves doktori értekezésem bírálatát elvállalni és elbírálni. Megjegyzéseire és kérdéseire az alábbiakban adom meg válaszomat.

Komlósi István Professzor Úr általános értékelésében az értekezésem jól kirajzolódó szerkezetét, a kutatásaim világos célkitűzéseit és tudományos igényességét állapítja meg. Ez számomra megtisztelő és megnyugtató.

Egyetértek Opponensemnek a PLF (precision livestock farming) általános értelmezésével, miszerint az a műszaki-informatikai technológiai elemek felhasználását jelenti az állattartásban. Opponensem megállapítja, hogy értekezésemben – más szerzők munkáira hivatkozva – kiterjesztem a PLF tárgykörét a genom-vizsgálatokra. Ugyanakkor, ezt fenntartásokkal fogadja, hiszen az azonosított genotípusokhoz nem csatlakozik termelés-élettani tulajdonság, továbbá az ezeket kiegészítő műszaki adatok nem kerültek értelmezésre az értekezésemben. Ez így van. Megállapítását tudomásul veszem, egyúttal hálás vagyok, hogy a 3. fejezetet önmagában értékelhetőnek és felkészültségemet bizonyítónak tartja.

Opponensem hiányolja a kutatásaim bevezető részében a feltáratlan területek azonosítását, melyeket majd saját vizsgálataimmal kívánok feltárni. Bánom, hogy ezek az epizódok kimaradtak a műből, azonban a célokat, amelyeket én határoztam meg először úgy érzem kellő körültekintéssel fogalmaztam meg és a kutatásaimból kikerült új tudományos eredmények ezeket egyértelműsítik.

Köszönöm Komlósi István Professzor Úrnak a tej energiamennyiségének alakulásához fűzött kiegészítéseit. Ezekkel tovább bővíti az ilyen jellegű feldolgozások alkalmával figyelembe veendő mutatókat, azok időbeli változását. Köszönöm javaslatát a tejalkotók szintéziséhez szükséges energia nyomon követésére és az ezzel kapcsolatban felhozott irodalmat (Johnson és mtsai, 2016), amit letöltöttem. A vizsgálataim végzésekor erre magam is gondoltam és remélem, hogy a tejenergia kutatásaim vehetnek ilyen irányt a jövőben.

A tejösszetevők relatív energiaértékeinek „élettani állandóságát” nem vizsgáltam a három laktáció alapján – Opponensem kérdésére felelve. Az állandóságot szakmai alapon feltételezem, hiszen a három fő tejösszetevő termelődésének lefutásában nincs a laktációk között lényeges különbség. Különbség, a három összetevő relatív termelődésének szintjében laktációnként természetesen van, amit a laktációs szám hatásának p-értéke (<0,001) igazol. A tejtermelésre fordított energiamennyiség becsléséhez takarmánykihasználási kísérleteket folytattak le (a takarmány osztáplálóanyag tartalma (total digestible nutrients - TDN) milyen mértékben hasznosul laktációs nettó energiaként (net energy for lactation – NEL; NRC, 1989). Később a takarmány emészthető- (digestible energy - DE) és metabolizálható (metabolizable energy - ME) energiatartalmát találták megbízhatóbbnak a laktációs nettó energia tartalom meghatározásához (NRC, 2001). Az NRC szabvány azonosítja a takarmányfehérje két frakcióját, a bendőben lebomló és nem lebomló fehérjékként, továbbá a bendőben szintetizált

mikrobiális fehérjéket. A szervezet számára emészthető, majd felszívódható proteineket. Az NRC 3% fehérje- és 3,5% zsírtartalomra alapozva becsli a tápanyagigényt. Ez utóbbiak fognak 67%-os hatásfokkal tejfehérjévé alakulni. Az NRC modell megbízhatóan jelzi előre a tej és tejfehérje termelést. Az INRA is lefolytatta hasonló, körültekintő vizsgálatait különös tekintettel a takarmány összetevőkre, annak emészthető nyersfehérje tartalmára, a takarmány kémiai összetételére, valamint a termelődő tej fehérjemennyiségére (Jeon és mtsa, 2018).

A korszerű fejőberendezések az áthaladó tej összetételét mérik. A megemelkedett szomatikus sejtszámú tejet képesek járulékos tej gyűjtő csőbe juttatni, elkülöníteni az egészséges tejtől. Ennek példáján keresztül elképzelhetőnek tartom a tejszír- vagy tejfehérje tartalomra (esetleg ezek további összetételükre) alapozva külön vezetéken gyűjteni a kérdéses tartományokba eső tejet (Iweka és mtsa, 2020).

Cabezas-Garcia és mtsai (2021) foglalkoztak a kérdéskörrel. Meg szeretném jegyezni, hogy ők a zsír-fehérje arányt korreláltatták az energiaegyensúlyi állapottal (energy balance – EB) és ebben találtak az index értékének növekedésével egyre nagyobb negatív értéket a napi energiaellátással (hiánnyal) a laktáció első részében. Amint írják *„Thus, based on these correlations, FPR appears to be a stronger indicator of EB at the beginning of lactation when the cow experiences the greatest metabolic stress.”* Én a kérdéskörben a citált index fordítottját, a fehérje-zsír hányadost hozom szóba és tartom elképzelhetőnek beépítését a szelekcióba: *„Tehát a tej energia mennyiségének nyomon követése állategészségügyi szempontból is elengedhetetlen. A tejtermelés energiaigényét, valamint a tejösszetevők által ürült energia mennyiségét szelekcióval javasolt megváltoztatni. A zsírtartalom csökkentése, egyúttal a fehérjetartalom fenntartása vagy növelése érdekében került a fehérje-zsír hányados bevezetésre.”* A végkifejlet tendenciájában azonos, csak a két szóba hozott megközelítés eltérő, ezért esetleg ellentmondásosnak tűnő.

Vizsgálatunkban az EC-értékek (9,4-9,6 mS) nagyobbak voltak, mint a mások által megfigyeltek (pl. 5,36-5,44 mS; Caveró és mtsai, 2007), ami annak köszönhető, hogy a jelen értékelés főgye megte online mérésén alapult. Az alacsony környezeti varianciához ez is magarázhatja. Az öröklődhetőségi együttható becslésének hibáját nem tüntettük fel. lgyekeztem a feldolgozás anyagában ennek utána járni, de sajnos nem találtam.

A különböző bikáktól született lányok EC-je eltérően reagált tőgygyulladás esetén. Az A és C bika lányai tőgygyulladás esetén emelkedett EC-t mutattak, de a B bika lányainál nem volt megfigyelhető növekedés. Tisztelt Opponensem rákérdez, hogy ilyen módon a vezetőképesség változása egyértelműen jelezheti-e a tőgygyulladás várható bekövetkeztét?

Vizsgálatunkban az EC a tőgynegyedek napi átlaga volt, és nem a tőgynegyedenkénti mérések EC értékei fejésenként. A napi átlagok helyett a fejésenként gyűjtött tőgynegyed adatok a tényleges tőgyállapot pontosabb leírását tételezi föl, tehát jelezheti a tőgygyulladás bekövetkeztét. Sajátos egyedi értékeket és azok sajátos időbeli változását nem zárhatjuk ki, amelyek zavarják a prognózis megbízhatóságát. Az átlagostól eltérő válaszok a fertőzöttség mértékétől is függhetnek. A jelenség magarázataként a tőgygyulladást okozó patogén baktériumflóra összetétele és a velük szembeni eltérő rezisztencia is szóba jöhet. Paudyal és mtsai (2020) megállapították, hogy a tej elektromos vezetőképessége és a tejtermelés is a jelenlévő patogén környezet mikroorganizmus-összetétele szerint alakul A Gram-pozitív baktériumok (pl. *Corynebacterium sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp.*) a legjelentősebben, míg az egyéb patogének képviselői (pl. *Mycoplasma sp.*, *Prototheca sp.*) a legkevésbé eredményezik az elektromos vezetőképesség emelkedését. Az egyértelmű prognózishoz a masztitist jelző egyenletbe a tej elektromos vezetőképessége mellett más adatok (patogén összetétel, szomatikus sejtszám stb.) figyelembe vétele is indokolt.

Komlósi István Professzor úr megkérdezi, a vizsgált állományban mi lehet a magyarázata, hogy a tehenek testsúlya nem csökkent a laktáció első 100 napja során? Általánosan ismert, hogy a tejelő tehén 8-10 héttel az ellés után éri el tejelésében a csúcst; adataink jól illeszkednek ehhez a megfigyeléshez. Ugyanakkor tudjuk, hogy a szárazanyag-bevitel csak ezt követően, a 9-11. hét körül éri el a csúcsát. Ez az időeltolódás, illetve a felvett- és a szükséges energia közötti különbség kényszeríti a tehenet energiahíányos állapotba (negative energy balance – NEB) a laktáció első szakaszában. A testkondíció (body condition score – BCS) is ezt a változást követi. Banos és mtsai (2004) a testkondíció változásával és más tulajdonságokkal mutatott összefüggéseivel (genetikai korreláció) foglalkoztak. Opponensemnek adandó válaszómban, azonban erre a műre nem tudok hivatkozni, mert – ugyan számos tényezőt beépítettek a feldolgozásukba, de – a paritás figyelmen kívül maradt. A lényeg pedig pont ebben van. Korábbi szakdolgozatos hallgatómmal (Cohen, 2006) értékeltük a tehenek élősúlyának változását szintén izraeli holstein-fríz állományban. Az eredményekről a Holstein Magazin hasábjain számoltam be (Gáspárdy, 2013). A paritást is figyelembe véve megállapítottuk, hogy az ellés és az újravemhesülés közötti időszakban a tehenek mindegyik korcsoportban „előírászerűen” vesztenek a súlyukból, ami az önfeláldozó tejhasznú típusra jellemző kell, legyen. Ez alól csak az elsőborjas tehenek csoportja kivétel, ahol a „kevésbé töretlen fejlődés” megengedett. Más kutatók által is alátámasztva (pl. Agnew és mtsai, 1996) az első ellésű tehenek a tejtermelés „helyett” inkább a növekedéshez használják fel raktáraikat. Az 1.6. ábra a teljes mintát mutatja, a primi- és pluripara tehenek súlya eltérő változásának eredőjeként az élősúly (LW) a laktáció elején változatlanul tetszik.

Komlósi István Professzor Úr megkérdezte, hogy a kérődzés aktivitás megbízhatóan alkalmazható-e a szubklinikai hiperketonaemia (SHK) becslésére? Válaszom, az opponensem által említett eltérő idejű adatok közötti szignifikánsnak nem tekinthető különbség ellenére az, hogy igen. A ketózis, és enyhébb formája a szubklinikai hiperketonaemia előfordulása életszakaszhoz köthető; jellemzően az ellést követően, a laktáció elején lép fel. Ebben az időszakban a szárazanyag-felvétel és a kérődzés aktivitása „felszálló ágban van”, mértéke napról-napra nő. Korábbi hallgatóm szakdolgozatában (Efrat, 2010) lévő ábra folyamatában mutatja a kérődzés aktivitás növekedését a szubklinikai hiperketonaemia diagnózisát megelőzően, majd megtorpanását, a várt növekedéstől való elmaradását a diagnózis idejében. Ebben az esetben a változatlanság igazolása a szakmai eredmény. A kimutatott kapcsolat hangsúlyozza a kérődzési tevékenység diagnosztikai célú nyomon követésének fontosságát, és lehetővé teszi az állatorvosok és a tehenészet vezetői számára a korai beavatkozást.

Megtisztelő számomra, hogy Opponensem kiemeli az őshonos állatfajták megőrzésében, annak genetikai kutatásában való jelentős szerepvállalásomat.

Kérdése az őshonos fajták tartásának a precíziós állattartás témakörébe illeszthetőségéről szól. Úgy gondolom, hogy a lehetőségek, de a szükség szerint is a precíziós állattartás több eleme, eszköze – és nem feltétlenül annak bizonyos teljes rendszere - alkalmas az átvételre. Ilyen például az elektromos füljelző, illetve különböző transzponderek, amelyek nem csak az állat azonosítására (önműködő válogató folyosóban, -mérlegen, -abrakadagolóban), hanem helyzetének, mozgásának nyomon követésére (szociális viselkedés-, ivarzási aktivitás-, legelőn tartás ellenőrzésének célzatával) alkalmasak. Videó felvételek az állatokról (kondíció-, rendellenes viselkedés megállapítása érdekében).

A relatív Shannon információs indexszel és a Fager-féle „evennes” mutatóval kapcsolatos kérdésére a következők szeretném válaszolni. Az entrópia jellemzésére Fager is megalkotta mutatóját. Ebben a kiegyensúlyozott állapot eléréséhez szükséges érték-mozgatások mértékét fejezi ki. Minél nagyobb a mozgatás, annál kisebb a vizsgált rendszer kiegyenlítettisége, ugyanakkor a mutató annál nagyobb értéket vesz fel, minél inkább összerendezett a rendszer. A Fager-féle mutató abban azonos a Shannon indexszel, hogy

értékei a rendszer elemszáma szerint változnak. Ezért, két eltérő elemszámú rendszer összehasonlításakor mutatójuk értékbeli nagysága nem mérvadó. Az általam bevezetett viszonylagos entrópia, vagy relatív Shannon index lehetővé teszi két olyan halmaz összehasonlítását, amelyek eltérő elemszámúak.

A cikta fajtában a kívánatosnál gyakrabban fordul elő a legrezisztensebb genotípus. Opponensem, ezzel kapcsolatban kérdezi: mivel magyarázható ez, valamint mit értek azon, hogy az ARQ a ciktaban fajtaspecifikus? A ciktaban az ARQ gyakorisága 75% (ez kétszerese a többi fajtájának), az R3 rizikócsoporthoz gyakorisága 74% (ami hasonlóan átlagosan kétszerese a többi fajtájának). Ezért írtam azt, hogy a ciktaban még mindig gyakori az ARQ haplotípus és a 3. kockázati csoport, amit ugyanakkor fajtaspecifikusnak kell tekinteni. Ez azért alakulhatott így, mert a cikta fajta állománymérete töredéke (egyötöde) a többi őshonos juhajtájának (kivéve a még veszélyeztetettebb tejelő cigáját), s ebből adódóan a szelekciós bázis is. Ebben pedig már a törzskönyv alapításakor is valószínűleg túlsúlyban voltak a kevésbé preferált genotípusok. A ciktaban néha felbukkanó R1 tenyészkos-jelölt azonban küllemi hibák miatt nem szokott tenyészkoszá minősülni, így kicsi az esély a kevésbé rezisztens haplotípusok, káros kodonok aránya csökkentésére.

A székely ló tenyésztésében tanácsosnak tartom-e ázsiai és európai fajták bevonását? – intézi hozzám kérdését Opponensem. A küllemében és teljesítőképességében hasonló egyedekből létrehozott rekonstruált székely lóállomány fiatal. Véleményem szerint, az állomány genetikai stabilitásának megteremtéséhez fajtán belüli tenyész kiválasztásra és párosításra van szükség néhány nemzedéken keresztül. A feldolgozásunk az anyai mitokondriális háttérre szorítkozik. Magi genom kialakítása tekintetében az utóbbi évszázadokban az arab lovak játszottak meghatározó szerepet. A fajtaegyesület az arabot fogadja el egyedüli javító fajtaként. Ennek meliorációs célzatú felhasználásával egyetértek, túlzott használatával nem.

A felszőrminták feldolgozására összesen 120 egyed (60 kanca és 60 újszülött csikója) jelöltünk ki. Ugyanakkor, kiegészítésként közölve a kancákon belül 28 volt a kezelt és 32 volt a kontroll. A feldolgozásból néhány egyed mintáját nélkülöznünk kellett (pl. a szakítóerő megállapításakor egy-két esetben kicsúsztak a szálak keretből), ezért fordulnak elő a 3.3. és a 3.4. táblázatban ettől eltérő létszámok.

Opponensem fénykiegészítéssel kapcsolatos kérdéséről gyűjtöttem adatokat a válaszhoz, miután a vemhesítés előtt alkalmazott fénykiegészítés hatásaival közvetlenül nem foglalkoztunk. A vemhesítés előtti fénykiegészítés előbbre hozza a kanca ciklusba lendülését és a vemhesülését (Kim és mtsai, 2022). Így módon a csikók a következő év legelején, természetellenesen sötét és hideg időszakban fejlődnek a magzati életszakaszuk végére és jönnek a világra, sokszor szokásosnál hosszabb méhen belüli fejlődése ugyanakkor kisebb testsúllyal és elmaradt fejlődési eréllyel (Nolan és mtsai, 2017, Equilume). A vemhesítés előtti fénykiegészítés kedvezőtlen hatásainak kiküszöbölésére vezették be a pótmegvilágítás vemhesség végén. Ekkor az anyák ismét kedvező környezetbe kerülnek – legalábbis a fény vonatkozásában és kívánatosan fejlődő magzatot, illetőleg csikót nevelnek a megfelelő mennyiségben keletkező növekedési hormonoknak, és a kolosztrumnak köszönhetően.

Opponensem által idézett közlemény (Lutzer és mtsai, 2022) a vemhesség végén fénykiegészítésben részesített kancákból született csikók felszőrét értékeli, annak hosszában. Mi a felszőr számos mechanikai tulajdonságának megállapítását végeztük el és számos szempontból elsőként. A szálátmérő több helyen történő megállapítását azért tartottuk szükségesnek, mert ebből a magzatkori szőrnövekedésre vonatkozóan szereztünk nélkülözhetetlen ismereteket.

Komlósi István Professzor Úr következő kérdésére hasonló válasszal tudok szolgálni, mint amit Szabó Ferenc professzor úrnak adtam. Mind a vérplazma melatonin koncentráció, mind a felszőr tulajdonságai a kancák vemhesség végén – egyúttal télen -alkalmazott kiegészítő megvilágításnak hatására a magzatok úgy fejlődtek és olyan körülmények között jöttek a világra, melyek természetes esetben a tavaszra jellemzőek. Ebből a szempontból a megvilágítás nem jár kóros következményekkel. Azonban, azt hangsúlyozni szükséges, hogy ezeket a csikókat különleges figyelemmel, környezeti igényeik kielégítésével (istállózó tartás, magasabb hőmérséklet, megvilágított órák számának növelése, stb.), túlélési esélyeik biztosításával szabad csak felnevelni. A válasz egy része csatlakozik a kettővel korábban adott válaszhoz.

A melatonin koncentráció csikózaskori meghatározása és a koncentrációban való lényeges eltérések felvetik a csikó vérének melatonin koncentrációját is bevonni immunglobulinok passzív átvitele mellett a biokémiai panelbe az újszülöttek egészségi állapotának átfogóbb megállapítása érdekében.

A lovak sajátos helyet foglalnak el háziállataink között. Ez a különleges haszonvételük és a szoros emberi kötelék okán mindenképpen így van. Az is igaz általánosságban, hogy minél nagyobb, illetve minél iparszerűbb környezetben tartunk állatokat, az emberi munka szükségessége leapad. A szelídség és kezelhetőség érdekében a személyes jelenlét mindenképpen indokolt. A precíziós állattartás a lovak esetében a mikrochipes egyedi megjelöléssel és annak elektronikus leolvasásával már évtizedek óta megjelent. Az elektronikus egyedi azonosítást tovább lehet fejleszteni a digitális nyomonkövethetőség irányába. A transzponderekkel helyazonosítás és mozgásmegfigyelés (akár karámos, vagy szabad tartásban) történhet állományellenőrzési és az állatok mozgását kutató/ellenőrző céllal (Hampson és mtsai, 2010). A hangjelet kibocsájtó nyaktranszponder lovakban is alkalmazható szakaszos legeltetés esetében (e-villanypásztor a költségesen épített és telepített hagyományos villanypásztor, vagy kerítés helyett; Janicka és mtsai, 2022). A nyaktranszponder lehetővé teszi az egyedi abrakadagolás automatizálását. A nyaktranszponder mozgási aktivitást, szokásos és rendellenes mozgásformát (sántaság, rossz szokások) érzékelhet és közvetíthet. Videó felvétel kerülhet feldolgozásra a rossz szokások felderítése érdekében, de a csikózás lefolyásáról is. Ez utóbbi előrejelzésére a hüvelyszonda már ebben a fajban is bevetésre került. Izzadásmérő heveder, ami szőr elektromos vezetőképessége alapján jósolja a csikózás közeledtét. Az állat bőre alá ültetett hőmérsékletet mérő chip az életfolyamatok online ellenőrzését valósítja meg; a hőmérséklet csökkenése a csikózás közeledtét jelzi). Az itatóba épített szonda az egyedi vízfelvételről küld adatokat. Az állatmérlegbe épített érzékelő rendszeres, automatizált súlymérést (súly és súlygyarapodás megállapításához) tesz lehetővé. Az istállóban elhelyezett érzékelők a mikroklíma állapotáról tájékoztatnak folyamatosan. Az istállóba telepített műszerekkel akusztikus érzékelés valósul meg, ami az állatok normálistól eltérő hangadását veszi, és szoftver segítségével dolgozza fel a tulajdonos számára.

A lovakon alkalmazott fényprogramot, Opponensem kérdésére/kérésére igyekszem beilleszteni a precíziós állattartásba. A hatékony ménesi ló tartás célja lehet a kancák rendszeres, akár évenkénti, de rövid, egyúttal korai szezonban történő csikózásának a megvalósítása. Ennek érdekében körültekintően kell figyelni az ivari folyamatokat, a fedeztetést (mesterséges termékenyítést) a külső környezetet, takarmányozást. A kancák ivari aktivitása erősen függ a világos órák hosszától, így fényprogram alkalmazása a vázolt esetben elengedhetetlen. A fényprogram kiegészülhet a lóban fentebb említett eszközök alkalmazásával. Az eszközök által gyűjtött adatokat a számítógép feldolgozza, az adott idő kívánt értékekhez viszonyítja, kijelöli a közvetlen és későbbi időhöz tartozó adatokat. Jelet küld azokhoz a berendezésekhez, amelyek ilyen mód irányíthatók, illetve értesíti a ménesi

dolgozókat abban az esetben, ha nekik szükséges valamit megtenniük. Jelzi a sürgős beavatkozást. Eltávozza az adatokat.

Köszönöm Opponensem támogató bírálatát, legtöbb új tudományos eredményem elfogadását, értekezésem nyilvános vitára bocsátásra javaslatát.

Tisztelettel,

Gáspárdy András

Budapest, 2025. május 16.

Felhasznált irodalom

Agnew KW, Mayne CS, Doherty JG (1996): An examination of the effect of method and level of concentrate feeding on milk production in dairy cows offered a grass silage-based diet. *Anim Sci.* 63(1):21–31.

Banos, G., Brotherstone, S., Coffey, M. P. (2004): Evaluation of Body Condition Score Measured Throughout Lactation as an Indicator of Fertility in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 87:2669–2676.

Cavero D, Tolle KH, Rave G, Buxade C, Krieter J (2007) Analysing serial data for mastitis detection by means of local regression. *Livest. Sci.* 110(1-2):101-110.

Cohen Y (2006) Alteration in cow live weight at the course of milk production cycles. Szakdolgozat, SZIE-AOTK Budapest, pp. 37.

Efrat G (2010): Rumination activity and its alteration in ill cows. SZIE-ÁOTK Budapest

Equilume: <https://equilume.com/us/lighting-breeding-performance/>

Gáspárdy A (2013): A tehénsúlyról - dr. Bozó Sándorra emlékeztén. *HOLSTEIN MAGAZIN*, 21:4, 50-51.

BA Hampson, JM Morton, PC Mills, MG Trotter, DW Lamb, CC Pollitt (2010): Monitoring distances travelled by horses using GPS tracking collars. *Australian Veterinary Journal*, Volume 88, Issue 5 pp. 176-181

Iweka P, Kawamura S, Mitani t, Kawaguchi T, Koseki S (2020): Online Milk Quality Assessment during Milking Using Near-infrared Spectroscopic Sensing System. *Environ. Control Biol.*, 58:1, 1-6, DOI: 10.2525/ecb.58.1

Janicka W, Wilk I, Próchniak T, Janczarek I. 2022. Can sound alone act as a virtual barrier for horses? A preliminary study. *Animals (Basel)*. 12(22):3151. doi: 10.3390/ani12223151.

Jeon S, Lemosquet S, Toulemonde A-C, Kiessé TS, Nozière P (2018): Sensitivity analysis of the INRA 2018 feeding system for ruminants by a one-at-a-time approach: Effects of dietary input variables on predictions of multiple responses of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 107:7, 4558 – 4577, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24361>

Johnson IR, France J, Cullen BR (2016): A model of milk production in lactating dairy cows in relation to energy and nitrogen dynamics. *Journal of Dairy Science*, 99:2, 1605-1618, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10068>.

Kim S, Jung H, Murphy BA, Yoon M (2022) Efficiency of Equilumé light mask on the resumption of early estrous cyclicity and ovulation in Thoroughbred mares. *J. Anim. Sci. Technol.* 64:1–9.

Lutzer A, Nagel C, Aurich J, Murphy BA, Aurich C (2022): Development of Foals Until One Year of Age When the Dam was Exposed to Blue Monochromatic Light Directed at One Eye During Late Pregnancy. *Journal of Equine Veterinary Science*, 112:103922, <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.103922>.

National Research Council. 1989. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. Natl. Acad. Sci, Washington DC.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Natl. Acad. Press, Washington DC.

Nolan MB, Walsh CM, Duff N, McCrarrren C, Prendergast RL, Murphy BA (2017) Artificially extended photoperiod administered to pre-partum mares via blue light to a single eye: Observations on gestation length, foal birth weight and foal hair coat at birth. *Theriogenology*. 100:126–133.

Paudyal S, Melendez P, Manriquez D, Velasquez-Munoz A, Pena G, Roman-Muniz IN, Pinedo PJ (2020): Use of milk electrical conductivity for the differentiation of mastitis causing pathogens in Holstein cows. *Animal*, 14:3, 588-596, <https://doi.org/10.1017/S1751731119002210>.