



A szarvasfélék (*Cervidae*) agancsfejlesztése (Irodalmi összefoglalás)

Bokor¹ J., Szabari² M., Bokor² Á., Nagy¹ J.

¹Kaposvári Egyetem, EC Vadgazdálkodási Tájékoztatópont, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40.

²Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

*Irodalmi összefoglalójukban a szerzők a szarvasfélék agancsnövekedését, mineralizációját, tisztítását és hullatását befolyásoló hatásokat ismertetik. A szarvasfélék (*Cervidae*) különleges képessége az agancs fejlesztése, mely egy többnyire elágazó csontos képződmény, általában a hím nemű egyedek fején. Ez egy évente megújuló extraproduktum, melyet bonyolult élettani folyamatok vezérelnek. Méretét, formáját többek között a genetikai képesség valamint a mikro- és makro környezet határozza meg. A vadászati kultúra alapját képezi, és ezen keresztül jelentős nemzetgazdasági jelentőséggel bír. A szarvasok első agancsuk építésekor homlokcsontjukon (os frontale) ún. agancstövet fejlesztenek, majd ennek folytatásában növesztik agancsukat. Az agancs először egy finom szőrű bőrrel borított porc képződmény (ún. barkás agancs), mely a párzási időszak előtt elcsontosodik (mineralizáció). A csontos agancsot a szarvasok 6–8 hónapig viselik, ekkor lehullatják és elkezdik fejleszteni a következőt.*
(Kulcsszavak: szarvasfélék, agancs)

ABSTRACT

Antler development in *Cervidae* (A review)

J. Bokor¹, M. Szabari², Á. Bokor², J. Nagy¹

¹Kaposvár University, Health Center, Deer Branch, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Kaposvár University, Faculty of Animal Science, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

*Authors are going to summarize the effects influencing the development, mineralisation, cleaning and casting of the antler in *Cervidae*. *Cervidae* have a special capacity to grow an antler, which is usually a branched, bony formation on the head of the male individuals. This is an annually regenerating extra product, which is controlled by many difficult physiological processes. The size and the formation of the antler are by genetically and the micro- and macro environment. The antler as a trophy constitutes important part of the hunting culture and through this it has considerable national economic effect. At the growth of their first antler on the frontal bone (os frontale) develop a so-called pedicle, then on this basis grows the first antler. The antler initially is a cartilage formation covered with soft hairy skin (velvet), which ossifies (mineralisation) and will be cleaned before the breeding season. The bony antler (hard antler) is worn until 6-8 months, then the *Cervidae* cast it and they start to develop the next new antler.*
(Keywords: *Cervidae*, antler development)

BEVEZETÉS

A szarvasfélék (*Cervidae*) sajátossága, hogy évente új agancsot növesztenek, majd a letisztított „fegyvert” kb. fél év múlva lehullatják. Az agancs szezonális megújulása egyedülálló példája az élettani szervregenerációnak, ami más gerinces fajokban nem fordul elő. Szociális funkciója miatt az agancsfejlődés szoros kapcsolatban van az adott faj szaporodásbiológiai ciklusával. Az agancsfejlődés képesség mindkét ivarban előfordulhat, normál körülmények között, az ivari dimorfizmus jeleként, azonban csak a hímivarú egyedek növesztenek agancsot a rénszarvas (*Rangifer tarandus*) kivételével (Bubenik, 1982).

A GÍMSZARVAS AGANCSNÖVEKEDÉSÉNEK SZAKASZAI

A szarvasok első agancsuk építésekor homlokcsontjukon (*os frontale*) ún. agancstövet fejlesztenek, majd ennek folytatásában növesztik agancsukat. Az első agancs növekedésének kezdete fajonként eltérő. Ez gímszarvas (*Cervus elaphus*) borjak esetében 34–38 hetes korban következik be (Gaspar-López és mtsai., 2008). Az agancs először egy finom szőrrel borított porc képződmény (ún. barkás agancs), mely nyár közepén elcsontosodik (*mineralizáció*). Az elcsontosodás vége felé megjelenik a hímivarra jellemző magatartásforma, a tisztítás. Ekkor a bikák fákhoz, bokrokhoz dörzsölik az agancsukat, ezzel a bőrt letisztítják róla, illetve az ágak végét kiférik. Így készülnek a párzási időszakokra, melyre nyár végén, ősszel kerül sor az északi féltekén. A csontos agancsot a szarvasok következő év kora tavaszáig viselik, ekkor lehullatják (kivéve az őz (*Caprolus capreolus*) és a dávid szarvas (*Elaphurus davidianus*), amelyek ősszel hullatnak) és elkezdik fejleszteni a következőt.

A fiatalkori agancsnövekedés

Már születés előtt, magzati korban is fellelhetők a jelek a növesztendő agancsról, a homlokcsontokon található, épphogy tapintható bütyök formájában (Lincoln, 1973). Újszülött korban a kis bütykök helyét szőrforgók is jelzik. Az első agancs fejlődése az agancstő növekedésével kezdődik, mely a homlokcsont csonthártyájából képződik. A kezdeti agancstő különbözik a környező koponyacsontoktól, mert szivacsos felépítésű. Az agancstövek nagysága fajonként eltérő hosszú fiatal szarvasféléknél (gímszarvasoknál 7–8 centiméter), majd a kor előrehaladtával fokozatosan rövidülnek (Goss, 1982).

Az őz (Zimmer, 1905; Lebedinsky, 1939; Tegner, 1961) és a jávorszarvas (*Alces alces*) gida- ill. borjúkorban is növesztenek agancsot. Ez általában gomb méretű és alig látható a szőrben (Peterson, 1955), de előfordult már, hogy jávorborjúnál meghaladta a 10 centimétert is (Sugden, 1964). Ez az ún. „baba agancs” ősszel fejlődik, amelyet az állat télen tisztít le. A gidaagancsot a bakgidák január-február (8-9 hónapos korban), a jávorborjak általában áprilisban (10–11 hónapos korban) hullatják, és ekkor kezd el nőni az új. Így az őzbaknak egyéves korára elkészül a második agancsa is. Ehhez hasonló fehér farkú szarvasnál (*Odocoileus virginianus*) (Anderson és Medin, 1971) is megfigyeltek. Gímszarvasok esetében Vogt (1937) tapasztalt hasonló jelenséget a schneebergi vadaskertben folytatott gímszarvas takarmányozási kísérletei során.

Az első agancsot a gímszarvasok 8,5–14 hónapos korukban építik fel, melynek ideje egybeesik a nemi aktivitás kialakulásával.

Suttie és Kay (1982) szerint a fiatal gímszarvas bikák megfelelő fejlettségi szint (testtömeg) elérésekor kezdik növeszteni az agancstövüket, függetlenül a kortól és az uralkodó fényviszonyoktól. A hullatás ellenben erősen függ a hosszabbodó nappalok melatonin-szint csökkentő hatásától.

Suttie és Kay (1982) tanulmánya azt is mutatja, hogy az agancstő fejlődése a pubertás következménye, mely az agancsfejlődéshez vezet függetlenül az uralkodó fényviszonyoktól. Az agancstő fejlesztést követően a további növekedés hasonlóan történik, mint hullatás után az idősebb egyedek esetében. Azonnal elkezdi fejlődni fejkön a barkás agancs.

A barkás agancs nagyon gyorsan fejlődik, ez a jávorszarvasok és a wapiti esetében akár naponta a 2 cm-t is eléri (*Goss*, 1983). Az agancsnövekedés iránya a középponttól kifelé sugaras. Az ágak eltérő irányba nőnek, majd ezek nyúlása lassul, míg a szár hosszirányú növekedése eltart az agancsnövekedés végéig. A növekvő (barkás) agancs idegekkel és erekkel bőven ellátott szerv, hiszen az intenzív anyagcsere folyamatokhoz ezek a feltételek szükségesek. Ebben az időszakban a bikák nyugodtak. A nap nagy részét evéssel pihenéssel, pozáással töltik.

Az agancs mineralizációja

Mint más csontot, a szarvasagancsot is két egyidejű folyamat eredményezi: a csontszövet képződése és hanyatlása. Az agancsszövet hasonló fejlődésű a teljes mineralizációja előtt, mint a vázalkotó csontoké a születés utáni időszakban. Az intenzív agancsfejlődés során a Havers csatornák felépítése és a közbeeső lemezek megalkotása viszont csak ritkán történik meg (*Bubenik*, 1982). A látszólag gyors agancskeményedés az agancsnövekedési szakasz végén van. A gyors meszesedés, az agancs letisztítását megelőző néhány hétben történik, mikor az ásványi sók beépülnek a szilárd csontgyűrűbe. Az agancs belső szerkezetének mineralizációja a koponya felé, fentről lefelé haladva fokozatosan történik (*Bubenik*, 1982).

Az agancstisztítás

Az agancs-elcsontosodás befejezésének közeledtével a bikák viselkedése is változik. A tisztításra jellemző magatartásforma a barka száradásakor, illetve azt követően jelentkezik. A fenési, dörzsölési viselkedés pontos oka nem ismert. Ez általában nem sokkal a barka-száradás után kezdődik. Számos esetben megfigyelhető, hogy bár már elkezd dörzsölni az agancsot a bika, de még nem száradt a barka, emiatt nagyon vérzik (*Bubenik*, 1982).

A csontos agancs és a hullatás ideje

A tisztítás után az agancskapcsolatban marad az agancstövön keresztül az élő szövetekkel. Ez a kapcsolat egyedülálló az emlősök között, mert a szervezet általában gyorsan elszeparálja és eltávolítja az ilyen részeket. Ezt a csontos agancsot az egyedek 6–8 hónapig viselik, majd lehullatják (*Goss*, 1983).

AZ AGANCSCIKLUS FOTÓPERIÓDIKUS SZABÁLYOZÁSA

A mérsékelt és palearktikus égövben az évszakos (cirkannuális) fotóperiódus, a nappalok és éjszakák arányának a napi (cirkadian) változása szabályozza a szaporodásbiológiai folyamatokat. Az éjszaka hosszával arányos mennyiségben termelődő melatonin alakulás vezérli az azokat előidéző neurohormonális változásokat, amelyek felelősek a szezonálisan jelentkező élettani megnyilvánulásokért (*Lincoln*, 1985).

A gímszarvas úgynevezett rövidülő nappalos állatfaj. A neurohormonális szabályozás folyamán az agykérgen keresztül a nyárvégi nappalok rövidülése, a sötétség időtartamának hosszabbodása a tobozmirigyben egyre fokozódó mértékű melatonin termelést indukálnak. A melatonin a hipotalamuszban a gonadotrop-rilízis hormon (GnRH) termelését serkenti,

ami az adenohipofízis növekvő folliculus stimuláló (FSH) és luteinizáló hormon (LH) elválasztását eredményezi. Ez a két hormon szabályozza a célszervek, a here és a petefészkek működését (*Fennessy és mtsai.*, 1986; *Lincoln*, 1998).

A bikákban szezonális jellegű változás az ivarsejtképződés (herciklus) és az ehhez szorosan kapcsolódó agancsciklus. A februári agancslevetést a barkás agancs fejlesztése követi. Az áprilistól bekövetkező azospermiás időszakot a bögésre való felkészülés váltja fel. Nő a bikák heretömege megindul a spermatogenezis és a *Leydig*-sejtekben a tesztoszteron szintézis, ezzel egyidejűleg megváltozik az állatok másodlagos nemi jellege, külleme, viselkedése, majd a barkás agancs elcsontosodik (*Haigh és mtsai.*, 1984; *Lincoln*, 1971, 1985; *Gosch és Fischer*, 1989).

A mérsékelt égövi fajok agancsciklusa pontosan 12 hónapig tart. Fiatal állatokban a tobozmirigy eltávolítása felborítja a szezonalitást. Idősebb állatokban a tobozmirigy kivétele vagy a melatonin immunológiai blokkolása kevésbé feltűnő, mert a ritmus már beállt, ami megközelítőleg 12 hónapos, és az állatok nem tudnak más külső faktorokra reagálni (mint azonos fajú egészséges feromonok, hőmérséklet-változás stb). A belső ritmus valószínűleg velük született, mert az egyenlítő környékén élő szarvasfélék ritmusa is hasonló állandó fényviszonyok mellett (*Bubenik*, 1982).

Goss (1983) szerint az agancstő- és az agancs növekedés kezdete az első életévben endokrin szabályozás alatt áll, és úgy tűnik, hogy a hormon szekréció nem fény hatására történik a második éves korig.

AZ AGANCSFEJLŐDÉS NEUROENDOKRIN SZABÁLYOZÁSA

Az idegi tényezők

Az agancsfejlődés szabályozása idegi- és hormonális úton történik. Az idegrendszer szabályozó szerepét különböző módszerekkel többen is vizsgálták.

Bubenik (1982) megfigyelései alapján idő előtti agancsnövekedést sérülés is előidézhet. Fehérfarkú szarvasnál, melynek növekvő agancsa vagy agancstöve korai fejlődési szakaszban eltört, elváltozást mutatott a következő évben is. A sérült oldalon közel két hónappal korábban kezdett el nőni az agancs, mint az ép oldalon.

Lincoln és Fletcher (1976) szerint a hullatás utáni seb alkotta heg az agancstövön nélkülözhetetlen faktor az új agancs növekedéséhez. *Bubenik* (1977) kísérletei alapján, fontosak a hullatás-kori sérülés által stimulált idegvégződés az agancstőben és az agancs szövetben a későbbi agancs fejlődéséhez.

Az idegrendszer szabályozó szerepe több kísérletekben is bizonyítást nyert. Wapitinél (*Cervus canadensis*) a homlokcsonti csonthártya CaCl_2 által előidézett sérülése beindítja az agancsnövekedést mindkét ivarban szezonon kívül is (*Bubenik*, 1982).

Növekedési faktorok

A növekedési faktorok különleges sejtek (vérlemezkék, porc) által előállított kisméretű fehérjék (polipeptidok). Nincsenek kitüntetett célszervei, serkentik a csontok és a különböző lágy részek fejlődését (pl. bőr). Ezek jelenlétével és szerepével az agancsban foglalkoztak többen a közelmúltban és napjainkban. *Lijuan és mtsai.* (2008) vizsgálatai szerint az agancs többféle növekedési faktort tartalmaz, melyek stimulálják a *fibroblast* szaporodást a bőrben.

A növekedési hormon az agancsnövekedésre gyakorolt hatását közvetlenül a szomatomedinek útján váltja ki (*Husvéth*, 1994). *Lijuan és mtsai.* (2007) szintén megfigyelték, hogy az inzulin-szerű növekedési faktor (*IGF*) részt vesz az agancsnövekedés

szabályozásában. A *chondrocyta* és *osteoblast* sejtekből kimutatott IGF-I arra enged következtetni, hogy fontos szerepet játszik a porc és csontalakulásban.

Chunyi és mtsai. (2007) a gímszarvasok agancsának idegi fejlődését vizsgálták. Azt tapasztalták, hogy az idegi növekedési faktor (NGF) a másodlagos szabályozó az agancs érző idegeinek fejlődésében.

Az agancsnövekedés hormonális szabályozása

Korai feltételezések a minden évben megújuló agancsra *Wislocki* (1943) hipotézisén alapultak, mely szerint létezik egy „agancsnövekedési stimulus (*AS*)”, ami a hipofízisből származik. Az elmélet szerint, az *AS* szekrécióját csak a magas koncentrációjú tesztoszteron blokkolja. Normál ciklusban a legmagasabb az „agancsnövekedési stimulus” koncentráció tavasszal, de bármikor emelkedhet, ha az androgén szint hirtelen csökken (például ivartalanítás után). Megerősítést nyert az elmélet a hipofízis eltávolítás eredményeként négy hónapos fehér farkú szarvas bikákban. Az állatok, melyeket naponta adrenokortikotrop hormonnal (ACTH) és kortizollal kezeltek nem növesztettek agancsot, ellentétben azokkal, melyeknek növekedési hormont, tiroxint, és tesztoszteront adtak. A szerzők úgy vélték, hogy hipofízeális „agancsnövekedési stimulus”-, illetve növekedési hormon (Growth Hormone, GH) nélkül agancsnövekedés nem lehetséges (*Hall mtsai.*, 1966).

A glükokortikoidok blokkolják a csontok növekedését, beleértve az agancsot is, a porc- és a porcos váz képződésének zavarásával. Nagyon nagy dózisú kortizol kezeléssel gátolható legnagyobb valószínűséggel az agancsnövekedés (*Bubenik*, 1982).

Több tanulmány eredménye alapján úgy tűnik, hogy egyetlen hormon nem lehet felelős az agancsszövet növekedésért. *Bubenik* (1982) szerint legvalószínűbb, hogy több faktor együttes jelenléte segíti a folyamatot.

A hipofízisből származható „agancsnövekedési stimulus”-ként szóba került a prolaktin és a növekedési hormon. Ezenkívül számításba jöhetnek a szintén anabolikus hatású, nagyon fontos tiroid hormonok, melyek a pajzsmirigyben termelődnek.

Prolaktin (PRL)

Bubenik (1982) kimutatta, hogy a PRL hormon szintje nagyon megemelkedik májusban és júniusban. Ez egybeesik az agancs legintenzívebb növekedésével. Korábban ivaréres előtt ivartalanított gímszarvas bikákat PRL-lel kezeltek agancs vagy agancstő növekedés serkentése céljából, ennek ellenére a bikák nem növesztettek agancsot. További indok a PRL-lel, mint „agancsnövekedési stimulus”-sal szemben az, hogy a tavaszi hormonemelkedés összefüggésben van a fotoperiódussal.

Növekedési hormon (GH – growth hormon)

Az egyik még lehetséges hipofízisből származó „agancsnövekedési stimulus” a növekedési hormon. A maximum szintet fehér farkú szarvasbikákban csak az agancsnövekedés kezdetét megelőzően éri el. Utána gyorsan csökken és a legintenzívebb agancsnövekedéskor – kora nyáron – a GH majdnem mélyponton van. Ráadásul a GH gátlásával nem lehet lényegesen csökkenteni az agancsnövekedést.

Bubenik (1982) szerint egyik hipofízis hormon sem sorolható a legfontosabb agancsnövekedést támogató faktorok közé.

Tiroid hormonok (trijódtironin, T₃; tiroxin, T₄)

A pajzsmirigy aktivitás tavasszal emelkedik a szarvasfélék szervezetében. A szezonális T₄ és T₃ szint május–júniusban éri el a maximumot őzbakokban. A T₄ hormonnal kezelt fiatal őzbaknál, fokozott agancsnövekedést tapasztaltak. Ezen kívül dám szarvasokban

(*Dama dama*) az intramuscularis T₄ kezelés is serkentette az agancsnövekedést. Ezekkel ellentétben T₄-gyel kezelt ivartalanított őzbak- vagy pajzsmirigy eltávolított fehér farkú szarvasbikánál nem tapasztaltak változást az agancsfejlődésben. Ezekre az információkra alapozva nem biztos, hogy a tiroid hormonok részt vesznek a fokozott agancsnövekedésben jóllehet, mint szinergista anabolikus hormonok minden növekedési folyamatot segítenek. Ebben a tulajdonságban hasonlóak a növekedési hormonhoz, amellyel a csontnövekedést segítő hormonok erős kombinációját alkotják, és ezáltal fontosak lehetnek az agancsfejlődésben (Bubenik, 1982).

Tesztoszteron

1940 óta ismert, hogy a tesztoszteron indukálja az agancs mineralizációját. Ismert az is, hogy az androgének kétféle módon hatnak a csontszövet növekedésére. Egyrészt a tesztoszteron segíti a csontok növekedését azzal, hogy aktiválja az anabolikus anyagokat, melyek részt vesznek a csontmátrix szintézisben. Másik nagy jelentősége a véráramban keringő androgéneknek a pubertás végén van, mert segítik a gyors mineralizációt és az epifizis porc csontosodását, mely a hosszanti növekedés megállását eredményezi (Bubenik, 1982).

Az éves agancsnövekedési ciklus szoros kapcsolatban van a reprodukciós ciklus aktivitásával (Lincoln (1971) „ismétlődő pubertás”). A pubertás alatt a szarvasok heréje rövid időre aktiválódik, szabályszerűen indukálva az agancstő növekedést. Ivarérett szarvasfélékben rövid a tavaszi here aktiváció (melyet a nappalok hosszának növekedése indukál), mely együtt jár a gonadotropin szint emelkedéssel. Ezzel együtt az ösztadiol szint is emelkedik, mely jelentős mennyiségben a hím nemi mirigyben termelődik. Valószínűleg ez fő inhibitora a gonadotropinnak és enzim gátlással közvetlenül csökkenti a tesztoszterontermelést a herében, beleértve a tesztoszteron szintézis enzimét is. Valószínű, hogy ezen feedback mechanizmusoknak köszönhetően ilyen rövid a tavaszi tesztoszteron szintézis. Annak ellenére, hogy a tesztoszteron szint tavasszal elég magas ahhoz, hogy elkezdődjön az agancsnövekedés, mégsem éri el a csontszövet mineralizációjához- és a bőgésre jellemző viselkedés kialakításához szükséges szintet (Bubenik, 1982).

Az eddigi ismeretek alapján elmondható, hogy a tesztoszteron a legfontosabb „agancs növekedési stimulus”. Egyetértve Wislocki (1943) elméletével, a gonád tengely serkentése hipofízis faktorokat igényel (Bubenik, 1982).

A szarvasfélék törzsfejlődése

Más-más szarvasfajok evolúciója különböző hosszúságú. Hosszú törzsfejlődés után vált a agancs érzékenyebbé a nemi hormonok működésére. A törzsfejlődéstanilag fiatalabb (később kialakult) szarvas fajok agancsa – mint például a rénszarvas – kevésbé érzékeny a nemi hormonokra, mint a törzsfejlődéstanilag öregebb őz (Bubenik, 1982).

Az ivartalanított rénszarvas bikák agancsa szinte teljesen mineralizálódik, de barkás marad. Ellenben más szarvas fajokkal, az ivartalanított rénszarvas normális időben hullatja az agancsát (Bubenik, 1982).

Ezzel szemben őzek esetében csak a hímnek van agancsa és annak növekedése szinte teljesen a nemi hormonok jelenlététől függ. Ivartalanítás után az agancsszövet egy felismerhetetlen, bizzar tumorszerű képződményt hoz létre, melyet „parókának” hívnak, és általában néhány hónapon belül az állat elhullásához vezet (Leitold, 2004). Ivartalanítva egy közepes törzsfejlődésű gím-, dám- vagy fehér farkú szarvast, sokkal kevésbé mineralizálódott agancsot építenek, ami lassabban nő, mint az ép állaté.

A nőivarú rénszarvas agancsciklusát legalább részben a petefészek vagy placenta hormonok szabályozzák. A nem vemhes rénszarvas tehének májusban hullatják az agancsukat, míg a vemhesek csak az ellés után, júniusban (Bubenik, 1982).

A mineralizáció szabályozása

A GH, a PRL, és a tiroxin hatás is lehetséges az agancsnövekedésben, azonban valószínű, hogy nem ezek a fő hormonok az agancs mineralizációjában. A rendelkezésre álló adatok azt mutatják, hogy a legfontosabb hormoncsoport az agancsszövet mineralizációjában, száradásában és tisztításában a szteroidoké. Alacsony szintű tesztoszteron az inaktív szaporodásbiológiai fázisban szükséges a fokozatos agancscsontosodáshoz. Elegendő mennyiségű androgén nélkül az agancsfelépítése megáll az elsődleges csont szintjén és barkában marad. Ezen állatok agancsa csak a szivacsos csontok gerendás szerkezetét formázza, a körkörös tömör csont nélkül, ami jellemző a normális bakok, bikák agancsára (*Bubenik, 1982*).

A női szteroid hormon, a szintetikus ösztadiol, nagyon hatásosnak bizonyult az agancs-mineralizáció szempontjából. Az ösztrogén-aktivitás blokkolásának eredményei az agancsfejlődésben kimutatják, hogy az ösztrogén hozzájárul az agancsfejlődés végéhez azzal, hogy lassítja a csontépítés folyamatát. Ezzel lehetővé teszi az agancs átférféldését és az összes szükséges összetevő beépülését a végső éréshez (*Bubenik, 1982*).

A barka száradása néhány napig tart. A vérkeringés megszűnése nagyon gyors. Úgy gondolják, ez a folyamat sok szempontból hasonlít egy szívizominfarktushoz. Az ásványi anyagok beépülése miatt érlemeszesedés következik be, mely az artéria megkeményedését okozza. Ez korlátozza a vérkeringést a szívizomban. Ezt követően bármilyen stressz (például az oxigén ellátás csökkenése) simaizom összehúzódást okoz az artéria falában. A véredények néhány percig tartó eltömődése trombózt és szöveti elhalást eredményez az erek által ellátott helyeken. Hasonló lehet a helyzet az agancs mineralizációjában is, mikor nem sokkal tisztítás előtt a barkás agancs artériáinak falában ásványi anyagok rakódnak le (*Wislocki és Singer, 1946*), és azok elzáródnak. Az agancsot tápláló artéria falának összehúzódását okozó stimulus a helyi szövetekből vagy a hypothalamus szimpatikus központjából eredhet. A hypothalamus visszahat az androgén bizonyos küszöbére, mely általában kicsit a szükséges küszöb alatt van a tisztítási viselkedés kezdetéig. A célszervek különböző androgén küszöbértékeket igényelnek (*Lincoln, 1971*). Bizonyos hypogonadikus (alacsony nemi hormon szintű) állatokon a barkás agancs teljesen kiszárad, viszont tisztítatlan marad (*Taylor, 1964*).

Az agancs szilárdulása együtt jár az ásványi anyagok mobilitásával a vázcsontokból (főleg bordák), amely a *parathormon* és *kalcitonin* segítségével lehetséges. A kalcitonin nagy mennyiségben termelik az őzbak pajzsmirigyének parafollikuláris sejtjei a mineralizáció szakaszában. A kalcitonin első csúcspontját júliusban éri el a gímszarvas vérében, mely az intenzív agancsnövekedés hónapja (*Bubenik, 1982*).

A tisztítás szabályozása

Feltehető, hogy a barka ledörzsölését egy központi idegrendszeri stimulus androgénnel indukálja. Ez a sarkkörhöz közelebb élő fajoknál nyár végén gyorsabban emelkedik, mint távolabb élő rokonaiknál. A dörzsölő viselkedés előidézője lehet a szenzoros pálya megszakítása az agancs és a központi idegrendszer között, melyet a barka elhalása okoz (*Bubenik, 1982*).

Élő barka dörzsölését tapasztalták már olyan egyedeken is, melyek agancsában előltek az idegeket (*Wislocki és Singer, 1946*).

A csontos agancs viselésének és a hullatás idejének hormonális szabályozása

Ismert tény, hogy a látszólag elhalt agancs és az élő agancstő közötti kapcsolat alapja a magas tesztoszteron szint. Mesterségesen előidézett magas tesztoszteron szint mellett a hím ivarú szarvasok nem hullattak agancsot (*Waldo és Wislocki, 1951; Goss, 1963; Fletcher, 1978*).

A hullatás komoly stresszel gátolható gímszarvas bikákban. Úgy tűnik, hogy az adrenokortikoidok, melyek hatással vannak az agancsnövekedésre (Bubenik, 1976), gátolhatják a hullatást. Topinski (1975) vizsgálatai szerint a kortizol kezelés nem késleltette a hullatást, viszont lehet, hogy a stressz ACTH szekréciót váltott ki és ez az adrenokortikoidok felszabadulását okozta, ami gátolta a hullatást. Ezenkívül tapasztaltak már egyoldali hullatást nagyobb stressznek kitett állaton (Topinski, 1975).

Az idegrendszeri szabályozás nem zárható ki az agancs hullatás esetében sem. Abnormális hullatást figyeltek meg fehér farkú szarvasokon, melyeknek agancsából eltávolították az idegeket (Wislocki és Singer, 1946). Előfordult már, hogy a hullatás nem következett be, bár az új stimulus az agancsnövekedésről már megérkezett. Ekkor az új agancs elkezdett nőni az agancstő jobb oldalán (Jaczewski és Galka, 1967; Topinski, 1975). Mikor a régi agancs véglegesen elkülönült az agancstőtől, már nem válhatott le, mert egészen körbe vette, magába foglalta az új agancs (Bubenik, 1966). Másrészt a tesztoszteron bizonyos küszöb alá esése előidézi az elhalt agancs elkülönülését az agancstőtől. Az ivartalanítás vagy antiandrogénnel való kezelés is hullatást eredményez 2–3 héten belül, tekintet nélkül az évszakra (Goss, 1963). A tesztoszteron szint küszöbértéke a hullatás indukálásához valószínűleg meghatározott.

Idő előtti agancshullatást idéz elő a *cyproterone-acetát* (CA), ami egy specifikus androgén receptor blokkoló. Néhány nappal a teljes tisztítás után az ezzel kezelt állatok 3–4 héten belül lehullatják az agancsukat, míg normál esetben ez csak később 6–8 hónap múlva következik be. A tisztítás egyáltalán nem történt meg, ha a CA kezelés kezdete még barkában történt (Bubenik, 1982).

Ismert, hogy a domináns (rangelső) hímivarú egyedek hullatnak először (Waldo és Wislocki, 1951; Bartos, 1980). Az ilyen állatokban a tesztoszteron szint gyorsan esik (Lincoln és mtsai., 1976; Mirarchi és mtsai., 1978). Ez a tesztoszteron-szintre történő erős *feedback* válasznak köszönhető. A párzási időszak (üzekedés) alatt sokkal magasabb a hormonszint tenyésztett egyedek vérében, mint a fiatalabbakéban (Bubenik és mtsai., 1977, 1979).

A fent leírtak alapján tehát a hullatás folyamatát általában a vér androgénszintjének csökkenése indítja el. A hullatást homogenizált mellékpajzsmirigy orális úton történő befecskendezésével is próbálták indukálni, de ez nem volt sikeres (Goss, 1963).

A régi agancs hullatásával a ciklus a végéhez ér, amelynek ideje függ a fajtól és a kortól. A következő agancs nagyon hasonló lesz az előzőhöz, de sosem lesz ugyanolyan. Az agancsnövekedés egy nagyon gyors folyamat, melyet számos külső és belső tényező befolyásol (Bubenik, 1982). Ezek optimális megléte nélkül nem fejlődik ki az agancs. A hiányos takarmányozás gyengébb agancsot eredményez számos szerző tapasztalatai szerint (French, 1956; Cowan and Long, 1962; Vogt, 1937; Hyvarien és mtsai., 1977).

A takarmányozás mellett fontos a szociális rangsorban elfoglalt hely, illetve annak megőrzése. A rangsorban alacsonyabban álló egyedek esetleg kevesebb takarmányhoz jutnak, valamint küzdenek az előre jutásért. Ezen kívül természetesen bármi, ami stresszt okoz az állatoknak, negatívan hat az agancsfejlődésre (Draskovich, 1951).

KÖVETKEZTETÉSEK

A szarvasfélék jellegzetes tulajdonsága, hogy minden évben agancsot fejlesztenek, majd később lehullatják. Az agancs szezonális megújulása egyedülálló példája a szervregenerációnak, ami más gerinces fajokban nem található meg. Szociális funkciója miatt az agancsfejlődés szoros kapcsolatban van minden egyes faj szaporodásbiológiai ciklusával.

A hím egyedek első agancsuk építésekor homlokcsontjukon (*os frontale*) ún. agancstövet fejlesztenek, majd ennek folytatásában növesztik agancsukat. Az első agancs növekedésének kezdete fajonként eltérő. Az agancs először egy finom szőrű bőrrel borított porcképződmény (ún. barkás agancs), amely nyár közepén elcsontosodik (mineralizáció). Az elcsontosodás befejezése közeledtével kialakul a hímivarra jellemző magatartásforma, a tisztítás. Ekkor az állat fákhoz, bokrokhoz dörzsöli az agancsát, ezzel letisztítja róla a barkát, illetve az agancs ágainak végét kifeni. Így készülnek fel a pázási időszakra, amelyre fajtól függően a nyár derekán, vagy ősszel kerül sor az északi féltekén. A csontos agancsot a szarvasok következő év kora tavaszáig viselik, ekkor lehullatják és elkezdik fejleszteni a következőt (kivétel az őz, és a dávid szarvas).

A gímszarvas rövidülő nappalos állatfaj. A bikákban szezonális jellegű változás az ivarsejtképződés (hereciklus) és az ehhez szorosan kapcsolódó agancsiklus. Ennek szabályozásában fontos szerepet játszik a melatonin. Ellenben az első agancs fejlődésében a fénynek csak kis szerepe van.

Az agancsfejlődés szabályozása neurohormonális úton történik. Az idegrendszer szabályozó szerepe számos kísérletben is bizonyítást nyert. Ezenkívül jelentős hatással bírnak a hormonok, melyek közül kiemelkedők az androgének. Ezek működését számos egyéb hormon és faktor segíti. Ezek mennyisége a bikák szervezetében az agancsfejlődés folyamán változik és együttesen eredményezik a szarvasfélék agancsának megújulását minden évben.

IRODALOMJEGYZÉK

- Anderson, A.E., Medin, D.E. (1971). Antler phenology in a Colorado mule deer population. *Southwest. Nat.*, 15. 485-494.
- Bartos, L. (1980). The date of antler casting, age and social relationships in the red deer stag. *Behav. Proc.*, 5. 298-301.
- Bubenik, A.B., Tachezy, R., Bubenik, G.A. (1976). The role of the pituitary-adrenal axis in the regulation of antler growth process. *Saugetierkundl. Mitt.*, 24. 1-5.
- Bubenik, G.A. (1982). The endocrine regulation of the antler cycle. A Proceeding of the First International Symposium of the Caesar Kleberg Wildlife Research Institute. 73-107.
- Bubenik, G.A., Bubenik, A.B., Brown, G.M., Wilson, D.A. (1977). Sexual stimulation and variation of plasma testosterone in normal, antiandrogen and antiostrogen treated white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) during the annual cycle. *Proc. 12th Int. Congress of Game Biol. Atlanmta.* 377-386.
- Bubenik, G.A., Bubenik, A.B., Zamecnik, J. (1979). The development of circannual rhythm of estradiol in plasma of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 62. 869-872.
- Chunyi, L., Stanton, J.L., Robertson, T.M., Suttie, J.M., Sheard, P.W., Harris, A.J., Dawn, E.C. (2007). Nerve growth factor mRNA expression in the regenerating antler tip of red deer (*Cervus elaphus*). *Plos one.* 2. 1. 148.
- Cowan, R.L., Long, T.A. (1962). Studies on antler growth and nutrition of white-tailed deer. Paper No. 107 Pennsylvania Cooperative Wildlife Research Unit. 54-61.
- Draskovich, I. (1951). Szarvasgazdálkodás: Tanulmány a hibás gazdálkodásról és a tévedésekről, Javaslat az országban alkalmazható állománykezelésre. Budapest Kiadó.
- Fennessy, P.F., Suttie, J.M. (1985). Antler growth: nutritional and endocrine factor. In: *Biology of deer production. Proc. R. Soc. N.Z.* 22.239-250.

- Fletcher, T.J. (1978):). The induction of male sexual behavior in red deer (*Cervus elaphus*) by the administration of testosterone to hinds and estradiol-17B to stags. *Hrom. Behav.* 11:74-88
- French, C.E., McEwen, L.C., Magruder, D.N., Ingran, R.N. Swift, R.W. (1956). Nutrient requirement for growth and antler development in white-tailed deer. *J. Wildlife Manage.* 20. 221-232.
- Gaspar-López, E., José García, A.J., Landete-Castillejos, T., Carrión, D., Estevez, J.A., Gallego, L. (2008). Growth of the first antler in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Eur. J. Wildl. Res.*, 54. 1-5.
- Goss R.J. (1963). The deciduous of deer antlers. Mechanisms of Hard Tissue Destruction. *Am. Assoc. For the Adv. of Sci.*, 25. 339-369.
- Goss, R.J. (1982). Control of deer antler cycles by the photoperiod. Antler development in cervidae. A Proceeding of the First International Symposium of the Caesar Kleberg Wildlife Research Institute. 1-14.
- Goss, R.J. (1983). Deer antlers Regeneration, Function and Evolution. Academic Press.
- Hall, B., Canong, W.F., Taft, E.B. (1966). Hypophisectomy in Virginia deer; technique and physiologic consequences. *Growth.* 30. 383-392.
- Husvéth F. (1994). A háziállatok élettana és anatómiája. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 1994. 636
- Hyvarien, H., Kay, R.N.B., Hamilton, W.J. (1977). Variation in the weight, specific gravity, and composition of the antlers of red deer (*Cervus elaphus L.*). *Br. J. Nutr.*, 28. 301-311.
- Jawecki, Z., Galka, B. (1967). Effect of administration of testosterone propionicum on antler cycle in red deer. *Finnish Game Res.*, 30. 303-308.
- Lebedinsky, N.G. (1939). Beschleunigung der Geweihmetamorphose beim Reh (*Capreolus capreolus L.*) durch das Schilddrüsenhormon. *Acta Biol. Latv.*, 9. 125-132.
- Leitold, J., Hinger, S., Kulcsár, M., Huszenicza, Gy. (2004). Rendellenes agancsfejlődés előzetesen ivartalanított őzbakon (*Capreolus careolus L.*) és az agancs műtéti eltávolítása. *Állatorvosok Lapja.* 4. 126. 231-236.
- Lijuan, Gu, Eunkyong Mo, Zhihong Yang, Xuemei Zhu, Zheming Fang, Baishen Sun, Chunyan Wang, Jianfeng Bao, Changkeun Sung (2007). Expression and localization of insuline-like growth factor-I in four parts of red deer antler. *Growth Factors*, 25. 4. 264-279.
- Lijuan Gu, Eunkyong Mo, Zhihong Yang, Zheming Fang, Baishen Sun, Chunyan Wang, Xuemei Zhu, Jianfeng Bao, Changkeun Sung (2008). Effect of red deer antler on cutaneous wound healing in full-thickness rat models. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences.* 2008.
- Lincoln, G.A. (1971). Puberty in a sesonally breeding male the red deer stag (*Cervus elaphus L.*). *J. Reprod. Fert.*, 25. 41-54.
- Lincoln, G.A. (1973). Appearance of antler pedicles in early foetal life in red deer. *J. Embryol. Exp. Morphol.*, 29. 431-437.
- Lincoln, G.A., Fletcher, T.J. (1976). Induction of antler growth in a congenitally polled Scottish red deer stag. *J. Exp. Zool.*, 195. 247-262.
- Mirarchi, B.E., Howland, B.E., Scanlon, R.E., Kirkpatrick, R.L., Sanford, L.M. (1978). Saesonal variation in plasma Lh, FSH, prolactin and testosterone concentrations in adult male white-tailed deer. *Can. J. Zool.*, 56. 121-127.
- Peterson, R.L. (1955). „North American Moose.” Univ. of Toronto Press, Toronto.
- Sugden, L.B. (1964). An antler calf moose. *J. Mammal.*, 45. 490.

- Suttie, J.M., Kay, R.N.B. (1982). The influence of nutrition and photoperiod on the growth antlers of young red deer. In: Brown RD (ed) Antler development in Cervidae. Caesar Kleberg Wildlife Research Institute, Kingsville, TX, USA, 61-71.
- Tegner, H. (1961). Horn growth in infant roe deer. Proc. Zool. Soc., 137. 635-637.
- Topinski, P.(1975). Abnormal antler cycles in deer as a result of stress inducing factors. Acta Theriologica. 20. 267-279.
- Vogt, F. (1937). Neue Wege der Hege. 1 Auflage, Neudamm: Neumann, 1937. 165 p.
- Waldo, C., Wislocki, G.B. (1951). Observation on the shedding of the antler of Virginia deer (*Odocoileus virginianusborealis*). Am. J. Anat., 88. 351-396.
- Wislocki, G.B. (1943). Studies on growth of deer antlers. Essays in biology, Univ. Calif. Press. 631-653.
- Wislocki, G.B., Singer, M. (1946). The occurrence and function of nerves in the growing antlers of deer. J. Comp. Neurol., 85. 1. 19.
- Zimmer, A. (1905). Die Entwicklung und Ausbildung des Rehgehorns, die Grösse und das Körpergewicht der Rehe. Zool. Jahrb., Abt. Syst. (Dekol.) Geogr. Biol., 22. 1-58.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bokor Julianna

Kaposvári Egyetem, EC Vadgazdálkodási Tájékoztatópont,
7400 Kaposvár Guba Sándor u. 40.

Kaposvár University, Health Center, Deer Branch
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Tel./Fax: +36-82-570-519

e-mail: sebestyen.julianna@sic.hu