

A macskabunda mintázatának, színének és típusának öröklődése

ÍRTA: PAVELKA ALEXANDRA

állattenyésztő mérnök

A macskák küllemét alapvetően meghatározza, hogy milyen bundát viselnek, ez mind tenyésztők, mind hobbi állattartók szempontjából fontos.

A színek, minták és szőrzettípusok jellemzésével kapcsolatban elengedhetetlenül fontos a domináns-recesszív öröklésmenet megértése. Minden tulajdonságot két allél határoz meg, az egyiket az apjától, a másikat az anyjától örökli az utód. A dominánsan öröklődő tulajdonságok fenotípusban (küllemben) való megjelenéséhez elegendő, ha az utód egyik szülőtől örökli a mutációt okozó allélt (heterozigóta). A recesszív tulajdonságok esetében mindkét szülőtől ugyanazt a génváltozatot kell örökölnie ahhoz, hogy az a küllemében szemmel láthatóan megjelenjen (homozigóta). Ha csak egyet örököl, akkor hordozónak nevezzük. A domináns allélokat nagy-, a recesszíveket kisbetűvel szokás jelölni.

Genetikailag minden macska cirmos, azok is, amelyek egyszínűnek látszanak. A cirmos minta jele az aguti elnevezésből eredően nagy *A* betű. A cirmos macskák genotípusa *AA*, vagy *Aa* lehet. A nem aguti génnek maszkírozó, episztatikus hatása van, a csíkokat kialakító gén hatását befolyásolja, szinte teljesen elnyomja. Hatását a fekete és a barna pigmenten tudja a legjobban kifejteni, a vörösön nem. Ezért a vörös és a krém macskákon még a legszigorúbb szelekció ellenére is marad bizonyos mértékű szemmel látható csíkozottság. Az egyszínű bunda úgy alakul ki, hogy a nem-aguti gén (*a*) a cirmok közötti területeken gátolja a szőrszálak gyűrűzöttségét (ticking) és így a bunda egyöntetű lesz. Ez csak akkor jelenik meg, ha a genotípus *aa*. A csíkokat kialakító gén azonban továbbra is megvan. Ezt bizonyítja az is, hogy néhány egyszínű kölyök macskán halványan látszik a csíkos minta, úgynevezett szellemrajzolat, mely a fejlődés során eltűnik.

A vadon élő macskák színe és mintája eredetileg barna tigriscsíkos, ennek segítségével jól beleolvadnak a környezetükbe, mely az eredményes vadászathoz szükséges. A házasodás során azonban ez már nem volt annyira fontos, valamint az emberek is inkább a szokásostól eltérő, különlegesebb színű és mintájú macskákat részesítették előnyben a ház körül, így lehetőség volt a mutációk elterjedésére. A tenyésztés segítségével ma már rengetegféle szín, minta és szőrzettípus rögzítésére és további tökéletesítésére van példa.

A cirmosnak négy változata van. A tigriscsíkos (tabby, jele *T*, más néven makréla cirmos) a legáltalánosabb. Az aguti minta esetében csak az arc részén és esetleg a lábakon vannak

csíkok (az abesszin fajtánál ez utóbbi hiba). A makrelához képest domináns, jele *Ta*. A pettyes változat esetén a makrela minta csíkjai „darabokra törnek”, emiatt a valójában csíkos macska pettyesnek látszik. Rögzítése nehéz, szigorú szelekcióra van szükség a szép pettyek további generációkban való megtartásához. A márványcirmos minta recesszív a makrelához és az abesszinhez képest, jelölése *tm*. A csíkok jellegzetes mintákat alkotnak a testen. A tarkón pillangó, a has oldalán osztrigaforma, a háton pedig két hosszanti csík jellemző, valamint a fajtatiszta macskák esetében elvárás is. Egyszínű macskával történő párosítás során előfordul, hogy a megszülető márványcirmos utódok hátán a két csík elmosódik. Korábban a márványcirmos változat ritka volt, ma már nagyon elterjedt, köszönhetően a tenyésztőknek és a macskakedvelőknek. Nevezik még klasszikus cirmosnak (classic tabby) és foltoscirmosnak (blotched tabby) is.

A cirmos minta nem csak vadas, illetve barna, hanem bármilyen ismert színben (kék, vörös, csokoládé, lila, ezüst stb. létrejöhet, fehértarka, teknőctarka vagy színjegyes (himalája) változatban is.

A bengáli fajtának van egy nagyon különleges változata, ez a szénfekete. A minta a házimacska nem-aguti (*a*) és a fajta kialakításában résztvevő ázsiai leopárdmacskából származó aguti allél kombinációjából jön létre.

A színeket alapvetően a melanociták által termelt kétféle pigment, az eumelanin (fekete, illetve barna pigmentek) és a feomelanin (vöröses pigmentek) határozzák meg.

Az első színmutáció valószínűleg a fekete volt, az aguti gén megváltozásának hatására a gyűrűzöttség elmaradt, a bunda pedig egyszínű fekete színt öltött. Ezt követően további mutációk hozták létre a többi színváltozatot. A pigmentrészecskék méretének csökkenésével jött létre a barna (csokoládé) szín (*b*). A barnából alakult ki a világosbarna (*bv*), más néven fahéj szín. A csokoládé recesszív a feketéhez képest és domináns a fahéjhoz képest. A tömör pigmentáció domináns tulajdonság (*D*), a hígulás (*dilute*, *d*) során a szőrszálakban pigmentben szegény részek váltakoznak összetapadt pigmenteket tartalmazó részekkel, így a szín halvány, szürkés lesz, ezt nevezzük kéknek (pl. karthauzi, brit kék, orosz kék). A lila szín úgy jön létre, hogy az egyedek mindkét szülőtől öröklik mind a barna, mind pedig a kék színt létrehozó allélokat.

A vörös és a krém macskák tulajdonképpen sosem látszanak teljesen egyszínűnek, hiszen a nem aguti gén nem tudja száz százalékosan kifejteni a hatását a vörös pigmenteken. A vörös szín nemhez kötötten, az X ivari kromoszómán öröklődik. Ahhoz, hogy egy nőstény (XX) vörös színű legyen, mindkét szülőjétől örökölnie kell a vöröset kialakító gént (*O*), ha csak az egyiketől öröklí, akkor teknőctarka lesz (pl. vörös-fekete, vagy hígult változata a kék-krém,

csokoládé-krém vagy lila-krém tortie). Ez az oka, hogy több vörös hím van, mint nőtény, hiszen a hím ivari kromoszóma párja XY, így, ha az X-szel öröklő az *O*-t, vörös színe lesz. A krém a vörös hígult változata, recesszív a vöröshöz képest. A vörös vagy krém tarkázottság kiterjedése és alakja teljes mértékben a véletlennek múlik, nagyon nehéz rá szelektálni. Ahogy írtam, a teknőctarka nőtények genotípusa *Oo*. A sejtekben a két X kromoszóma közül az egyik inaktiválódik, a véletlennek múlik, hogy az *O*-t, vagy az *o*-t tartalmazó marad-e aktív, így lesz a vörös/krém szín elhelyezkedése szórt. Természetesen a teknőctarkák lehetnek cirmosak is, ilyenkor torbie-nak nevezik őket. Nagyon ritkán előfordulnak teknőctarka hímek is. Ezeknek az egyedeknek az ivari kromoszómapárja rendellenes, nem XY, hanem XXY (Klinefelter-szindróma) és terméketlenek.

Az abesszin macskák vöröses színe teljesen független az *O* géntől. Négy alapszínüket (vadas, sorrel (vörös), fawn (őzbarna) és kék a *B* (vadas) és *D* (*dilute*) gének irányítják. Ha az egyed genotípusa *BBDD*, *BbDD*, *BBdd*, vagy *BbDd*, akkor a színe vadas. Ha mindkét szülőtől a *B* gén recesszív változatát öröklő, de a halványító génhatás nem érvényesül, akkor a genotípusa *bbDd*, vagy *bbDD*, színe pedig vörös lesz. Ha emellett a *dilute* recesszív génhatás is érvényre tud jutni, akkor genotípusa *bbdd*, színe pedig fawn lesz. A kék színű abesszin macskák úgy jönnek létre, hogy a domináns *B* mellett érvényesül a *dilute* hatása is, vagyis genotípusuk *BBdd*, vagy *Bbdd* lehet. A fajtában már régen megjelent az ezüst szín is, ezt egyes szervezetek elfogadják, mások nem, de mindenképpen törekednek rá, hogy az ezüst vonalakból származó nem ezüst utódokat ne keverjék a hagyományos állománnyal.

A fehér színt alapvetően két mutáció alakíthatja ki. Az albínó fehér szín a teljes színerőhöz (*C*) képest recesszíven öröklődik. A *cc* genotípusú macskáknak a szeme is pigmenthiányos (piros). A *c^ac^a* albínó macskák szeme halványkék. A domináns fehér (*W*) szín dominánsan öröklődik. Macskák esetében ez utóbbi fehér szín a gyakoribb. A *W* génnek az agutéhoz hasonlóan szintén maszkírozó hatása van, így a látszólag fehér szín „alatt” gyakorlatilag bármilyen szín lehet, kék, fekete, vörös, cirmos stb. Az embrionális fejlődés során a neurális taréj működésében zavar keletkezik, ezért a pigmenttermelő sejtek nem egyformán oszlanak el a bőrben (foltozottság), vagy egyáltalán nem jutnak a bőrbe, így a pigmentek nélküli szőrszálakat fehérnek látjuk. A szembe szintén csökkent mennyiségű melanin jut, így kék színű lesz az írisz. A belső fül fejlődése is zavart szenvedhet, így felléphet sükettség is, de a sükettség és a kék szemszín nem minden domináns fehér macska esetében jelentkezik. A domináns fehér macska szemszíne jellemzően kék, sárga, zöld vagy felemás. Annak, hogy nem minden domináns fehér macska szeme kék, az is lehet az oka, hogy az írisz nem csak a

pigmentképző sejtek vándorlásával juthat pigmentekhez, hanem a recehártyáról is. A felemás szeműeknél nem ritkán csak a kék szem oldali hallószerv az érintett, de a sárga szemű fehér macskák is lehetnek süketek. A süket fehér egyedeket nem szabad tenyészteni. A fehér kölykök fején pár napos korukig látható lehet néhány sötétebb folt, ez arra utal, hogy a macskában több működőképes melanocita van jelen és a kölyök valószínűleg nem lesz süket. Megoszlanak a vélemények azzal kapcsolatban, hogy a fehér macskákat fehér vagy színes macskával szabad-e párosítani. A fehér-fehér párosítások nagy valószínűséggel felerősítik a hallószerv rendellenességének esélyét, főként a homozigóta (WW) utódokban.

A burma és a himalája színek az albínó sorozathoz tartoznak, szintén recesszívek a C -hez képest, de nem fehérek. A burma macskák genotípusa $c^b c^b$, a teljes színerő halványodásáról van szó. A himalája (más néven színjegyes, point) szín ($c^s c^s$) eredetileg a sziámi macskákra volt jellemző, de ma már számos fajtának létrehozták a színjegyes változatát. A törzs színe halvány, az arc, a lábvégek és a farok sötétebb színű. Ennek oka, hogy a gén hőérzékeny, a melegebb testrészekon világosabb a szőrzet, a hidegebbeken sötétebb. A himalája kölykök fehéren születnek, néhány hetes korra jelennek meg a színek. A tónus függ a környezeti hőmérséklettől is. A burma és a himalája keresztezésekor részleges dominancia figyelhető meg. A burma és a sziámi alléllal egyaránt rendelkező egyedek $c^b c^s$ színe köztes jellegű, a sziámi és a burma színe között helyezkedik el. Az így kialakult egyedeket tonkinéznek nevezik.

Természetesen mind a burma, mind a himalája esetében megjelentek az eredeti barna színen kívül más színek is, például kék, vörös, lila stb. Himalája esetében nehéz elkülöníteni a kék és a lila, valamint a fókabarna és a csokoládé színeket. Ez esetben a talppárna vizsgálata segíthet, ugyanis a csokoládé színűek talpa kissé rózsaszínes, a fókáké sötétebb barna, a kékeké szürke, a liláké halványabb színű. A himalája színnel együtt öröklődő kék szem miatt a himalája változatok annyira kedveltek lettek, hogy cirmos változatukat is létrehozták, ezek mai elnevezése a lynx point.

A bicolor macskák tarkázottságát (fekete-fehér, kék-fehér, cirmos-fehér stb.) egy dominánsan öröklődő allél (S) irányítja. A foltosság mértékét és a foltok helyét módosító gének befolyásolják, megfelelő párválasztással fenntartható a kívánt foltozottság. Az SS genotípusú macskákban több a fehér szín, mint az Ss genotípusúakban. Tarka macskához lehet párosítani egyszínűt is, például kék-fehérhez kéket vagy feketét. Vannak olyan fajták, melyeknél a standard szigorúan meghatározza a foltok méretét és elhelyezkedését, például a török van macska, vagy a japán csonkafarkú mi-ke színváltozata. A teknőctarka macskák is lehetnek

fehér foltosak (tricolor, vagy calico). Néha előfordul, hogy a fehér annyira kiszorítja az egyik színt, hogy első pillantásra kétszínűnek vélik a macskát. Ilyenkor érdemes megnézni a talpakat, mert ezek pigmentáltsága utalhat a teknőctarkaságra.

Nagyon kedvelt színváltozat az ezüst. Egy dominánsan öröklődő gén, az *inhibitor* (*I*) meggátolja, hogy a szőrszálak bizonyos részein pigmentek rakódjanak le, így ezüstös, fehéres hatást kelt. Azt, hogy ez milyen mértékben történik meg, több gén határozza meg, ez az úgynevezett wide-band hatás. A márvány és makréla, vagy pettyescirmos macskák esetében az alapszíneket elválasztó sárga csíkok világosodnak ki, így lesz a macska fekete-ezüst, kék-ezüst stb. cirmos. A sávozott (ticked tabby) macskák már egészen ezüstnek tűnnek. Ha a szőrnek még ennél is kevesebb hányada színes, akkor árnyalt ezüstnek (shaded) nevezzük őket, ha csak a szőrvégek színesek és a macska szinte fehérnek látszik, akkor spriccelt (shell vagy tipped) színű a bunda. Utóbbira jó példa a csincsilla perzsa macska. A shell színű macskák esetében már nem egyszerű elkülöníteni a kék és a lila, valamint a fekete és a csokoládé-ezüst egyedeket, ilyenkor a talpak színe adhat segítséget. A shaded esetében a kölykök lábain és testén még látszódhat az „eredeti minta”, ami az éréssel eltűnik és inkább csak a háton és a farkon lesz látható. Előfordulhat, hogy az inhibitor gén hatásába hiba csúszik és a szőrszálakat csak részben világosítja ki, így a csíkok sárgás színe néhol látható marad. Ez rozsdaszínű foltokat (tarnishing) eredményez, ami hibának számít.

A füstszínű macskák úgy jönnek létre, hogy öröklük az *I*-t és a non-agouti (*aa*) géneket is, vagyis valójában egyszínűek, nem cirmosak.

Az inhibitor gén kifejtheti a hatását vörös és krém macskákra is, ezeket vörös/krém-ezüst cirmosoknak, illetve a vörös/krém csincsillákat kámeáknak nevezik.

Előfordul, hogy a wide-band az inhibitor jelenléte nélkül is kifejti a hatását. Ezek az igazi arany macskák, például fekete-arany, kék-arany stb. árnyalt vagy spriccelt. A wide-band megjelenhet vörös, vagy krém *ii* (nem ezüst) macskákra is, azonban ezek az egyedek egyszínűnek tűnnek, így nincs irántuk nagy érdeklődés.

A színeken túl a bunda felépítése és jellege is igen változatos. A szőrzet alapvetően alj-, fedő- és koronaszőrökből áll. Az aljszőrök pihések, melyek a fedőszálakat veszik körül. A fedőszőrök magasabbak az aljszőröknél. A koronaszőrök a háton, a nyakon, a combokon és a mellkason találhatóak meg, hosszabbak, mint a fedőszőrök. A rövid szőr az eredeti változat, mely domináns a hosszúszőrhöz képest. Tiszta származéksorú rövid és hosszúszőrű macska keresztezésekor az első generáció minden tagja rövidszőrű, de hordozzák a hosszúszőrűség génjét. Az utódokon megfigyelhető kevés intermedier jelleg, mert előfordul, hogy egy kicsit hosszabb a szőrük, mint a rövidszőrű szülőnek. A hosszúszőrűek legrégebbi képviselője a

perzsa macska, így ennél a fajtánál legnagyobb szelekciós előrehaladás. A bunda sűrűsége és a szálak hossza már olyan méreteket ér el, hogy a természetben nem is tudna fennmaradni, mindenképpen napi beavatkozás szükséges az ápolásába.

A félhosszúszőrűek közé tartozik pl. a Maine Coon, szibériai stb.

A göndörszőrű fajtákhoz sorolható a Selkirk, a Cornish, a Devon rex, a LaPerm, valamint a mára kevésbé népszerű német rex. A Selkirk rex és a LaPerm szőrének göndörségét egy domináns gén alakítja ki. A Cornish és a német rex ugyanazon recesszív mutáció miatt göndörszőrűek, nincsen koronaszőrük, a fedőszőr pedig göndör és alig hosszabb az aljszörnél. A Devon rexnél egy másik recesszív elváltozás okozza a göndörséget, korona és aljszőrzete is csökevényes, göndör.

Amerikai drótszőrű bundáját a szabálytalanul kunkorodó szőrszálak teszik durva textúrájává. A drótszőrűség dominánsan öröklődik.

Nagy rajongótábora van az ún. „szörtelen” macskáknak, melyek közül valójában nem mind szörtelen. A népszerű kanadai szfinx, valamint a szentpétervári (Peterbald) macska flock (pihés) változata első ránézésre kopasznak tűnik, azonban van szőrzetük, de gyengén fejlett. A Don szfinx és a belőle kialakított szentpétervári macska gummy változata teljesen kopasz. A kanadai szfinxre jellemző pihés szőrzet recesszíven öröklődik. A Don szfinx és a Peterbald szörtelenségét domináns gén irányítja. A szentpétervárinak valójában négy változata van: teljesen kopasz (gummy), pihés (1-2 mm piheszőrzet), velúr (3 mm-es szőrzet) és a brush (kefehajú), 4 mm-es szőrzettel, amely már kicsit hasonlít a fajta kialakításában résztvevő keleti macskák szőrzetéhez. A pihés és a velúr változat a gén intermedier jellegére vall. Ezek az egyedek heterozigóták (normál/kopasz genotípusúak), míg a teljesen kopaszok homozigóták, mindkét szülőtől a szörtelenséget örökölték. Figyelembe kell venni, hogy ezeket a macskákat sem szabad hipoallergénnek nevezni, hiszen az allergiások nem a macskaszőrre érzékenyek, hanem a nyálban, bőrben megtalálható FEL D1 nevű fehérjére.

2019.szeptember

Források:

Sarah Hartwell: Silver and gold: smoke, shaded and tipped cats

abyssiniandatabase.com: Color inheritance chart for abyssinian cats

UC Davis Vet.Gen. Laboratory: Charcoal pattern-bengal cat