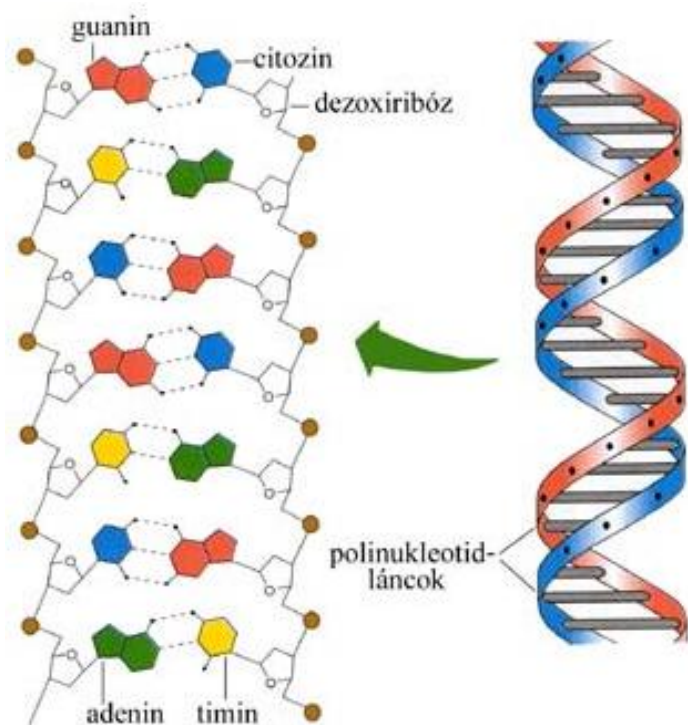


# Kisokos a színek genetikájáról

## Az alapokról

Minden élőlény testének tervrajzát, sőt kifejlődésének menetrendjét, működésének mikéntjét, a



környezeti hatásokhoz való alkalmazkodás, a terhelhetőség és a gyógyulás, a termékenység lehetőségeit az örökítő anyag tárolja. Az örökítő anyag a sejt magjában összetekercselt kb. 1-2 m hosszú és 2/100000 mm vastagságú kettős spirálú molekula lánc a **DNS**. Az élő működéséhez szükséges utasításokat, négy bázis (Adenin, Guanin, Citozin, Timin), háromtagú (kodon) elrendezése formájában kódolja. Ezen információkészlet működési egységeit nevezzük **géneknek**.

Mindez a kutyának **39 pár kromoszómáján** kb.  $2 \times 19000$  **génhelyén, lokuszán** tárolódik. Minden egyes új egyed létrejöttkor a fél apai és fél anyai génkészlet kombinálódik új egésszé. Az azonos génhelyhez kötődő génvariációkat **alléloknak** nevezzük. Minden allélhely ún. **lokusz** vonatkozásában rendelkezünk egy apai és egy anyai példánnyal. Ha ezek egyformák, akkor arra az allélra

**homozigóta (pl. aa vagy BB)**, ha különbözőek, akkor **heterozigóta (pl. aB)** a vizsgált **genom**. Az azonos lokusz génvariációinak (allélok) egymáshoz képesti megnyilvánulását a szomszédos géneken túl az úgynevezett **dominancia képességük** dönti el.

A különböző lokuszok alléljai közötti „hatalmi viszonyt” pedig az episztatikus sorba rendezésükkel jelöljük.

- Az „erősebb” allélt a lokusza betűjelének „NAGY BETŰS” formájával, míg gyengébb párjait a „kicsi” formával és indexelve jelöljük. (Pl: **K** és **kbr** és **k**)
- Gregor Mendel (1868) munkássága iránti tiszteletből a legegyszerűbb két allélos domináns-recesszív öröklésmenetet „Mendeli”-nek nevezzük. A tulajdonságok sokasága azonban többgének és kodomináns vagy intermedier módon örökítődik.
- Génenként átlagosan 5 alléllal számolva optimális esetben, kutya fajtánként ez legalább 100 000 allélos készletet feltételez.
- Amit ránézésre látunk az a **paratípus**, ami a **fenotípus** és a **környezeti hatás** eredője. Ami öröklődik az a **genotípus**.

A színeket nagyjából 36 felismert vagy valószínűsíthető és esetleg még max. kevesebb, mint 15 tehát kb. 50 alél szabályozza mintegy 13-15 lokuszon. Tehát ha csak a színekre koncentrálnak, akkor a genetikai tényezők kevesebb, mint 2 ezrelékéről beszélgetünk. Miért érdemes mégis beszélni róla? Mert ezt mindenki láthatja és azt gondolnánk, hogy mindenki számára egyértelmű a látvány. Ezért a többi tulajdonsághoz képest egyszerűbb az elméleti levezetés szemléltetése. De ha belemélyedünk egy kicsit, rögtön kiderül sem nem egyértelmű, sem nem egyszerű. Viszont tanulságosan jellemzi az egész bonyolultságát. Azért is figyelemre méltó ez a téma, mert a pigmentáltság fejlődéstörténetileg (csíralemez szinten), szoros összefüggést mutat az érzékszervek, a hormonális rendszer, az exokrin mirigyek, erek kifejlődésével, működésével. Tehát bizonyos pigmentációs variánsokhoz gyakran társulnak az említett rendszerek hibás kifejlődésével összefüggő betegségek.

**Kutyáink színeit** bármilyen hihetetlen, csak kétféle pigment ill. a pigmentek hiánya határozza meg.

Az eumelanin a feketét, a feomelanin a „sárgát” vagyis ahogy errefelé szokás emlegetni a fakót.

A pigmentek hiánya pedig a fehéret.

Igazából a két pigment közötti különbséget a tirozinhoz társuló cystein növekvő aránya eredményezi.

## A színek legfontosabb lokuszairól, alléljaikról összefoglalóan

S: A fehér foltosság lokusza: S(no folt), si(írfoltosság), sp(tarka), sw(extrafehér) Ez az allélsor minden mást képes felülrírni.

A „különös” E lokusz csak a szőrzetben hat és szintén nagy átütő erővel rendelkező géncsoport. E lokusz: az 5. kromoszómán –Em, – E0, – „e”

**A „fekete” lokuszok...** A test és a szőrzet minden fekete részére befolyással vannak.

- B lokuszon a „B”, a feketeség alapja, de ha a recesszív párja homozigóta, vagyis „bb” akkor gesztenye-, csoki- v. máj- barnának nevezett színt okozva átalakítja a fekete pigmenteket.
- D, d a hígító gén született szürke-kék, (bb barnából → izabella, mint a weimári vizsla)
- G, g az ősztő, világosító hatását csak a szőrzet fekete részeire fejti ki az „E lokusz” valódi maszkosságot okozó „Em” kivételével.
- K lokuszon:
  - K a domináns egyszínű feketét örökít,
  - k<sub>br</sub>, a csíkos (brindle), az egyéb nem csak feketét meghatározó allélok kifejeződését engedi ugyan, de a vörös-sárga szőrzetet változó vastagságban „csíkosítja”
  - k<sub>y</sub> a nem egyszínű fekete, az egyéb nem csak feketét meghatározó allélok kifejeződését módosításokat nem okozva engedi

**A „fakó” lokuszok** (csak a szőrzetben hat)

- Az Aguti (24.kr) lokuszon: Ay;(aguti:sable, csúcssable, árnyalt sable), Aw,(ordas), as(nyergesség), at(a cserjegy, B&T), „aa” (a kivételes recesszív fekete)
- C lokusz: cch(chinchilla), ce(extrach), cp(platina), c (albinó) teoretikusan jó fogódzók, de a kutyánál nincs ezeknek a géneknek szerepe (kutatni kéne), helyette hasonló szerepkörben javasolják az intenzitás szabályzó lokusz elméleti bevezetését.
- I lokusz: i, i2, i3 elhelyezkedésük, létük kutatandó.

Az egyéb: azon lokuszok, melyekre a pumik esetében nem számítunk. (Merle, és a csak mellette érvényesülni tudó Harlekin, a S folt esetén működő T pettyezettség/t → no petty, vagy a dalmaták speciális alléljai vagy a „sarki” kutyákban érvényesülő más külön lokuszok).

**Az összkép** értékelésekor, hogy nagyon el ne tévedjünk, kulcsfontosságú a

- testi (orr, szemhéjak, talp, bőr, nyálkahártyák, írisz)
- és a szőrzeti pigmentáció különálló értékelése.

A szőrzeti pigmentáció értékelését többszörösen bonyolítja az életkor és a szőrnövekedési periódusok megfelelő figyelembe vétele.

A pigmentációtól függetlenül öröklődő szőrminőség típusok, az összetevők aránya, hossza, eltérő növekedési üteme, szálak lefutása, vastagsága, ezért változatos fedőképessége és a környezeti hatások (hőmérséklet, napfény, kozmetikai beavatkozások) látványt befolyásoló kölcsönhatásai. Ezek szintén nagyon megtévesztőek lehetnek. A téma külön oldalakat érdemelne.

Például a kutyák orra lehet sérült, heges, ami néha visszasötétedik, máskor a mélyebb sérülések aszimmetrikus, vonalas jellegű szabálytalan világos pigment hiányokat okozó hegeket hagynak hátra.

A fehér foltosság „S lokusz” allélok szintén okozhatnak szabálytalan foltos jellegű színeződési zavarokat. Világosabb kutyáknál gyakran megjelenő szimmetrikus pigment hiány a „lepke orr”. A kifejezettebben pigmenthiányos orrot rózsaszín v. malac/ Dudley orrként szokás jellemezni. Ha évszakokhoz kötődően változó mértékben jelenik meg a pigmenthiány, akkor váltó orr vagy hó orr a helyes megjelölés.

A felsorolt eltérések néha nagyon megnehezítik a „kék” kutyák palaszürke orrának vagy a barna, esetleg izabella kutyák orrának a beazonosítását.



További támpontot a szem szivárványhártyájának az írisz színének a meghatározása adhat.

#### **A szivárvány hártya (íris)**

A "testi" eumelanin intenzitását totálisan "bb,dd" vagy lokálisan (C de sw, M, MM, H is) módosító gének, az írisz színét az alap sötétbarnáról sötét borostyán v. világosbarnára, csóka sárgára, világosszürkére, a pigment teljes hiányban savó kékre változtatják.

*A képen egy őszülő, hígított, májbarna és sárga szemű pumi.*



*Íme, egy világos fakó kutya középbarna írisszel.*

A hiány lokális módosítók eredményeként lehet, fél szemre kiterjedő un. Wall-szem (husky) vagy a szivárványhártyán belüli részleges un. split (hasadt) szem.

De a kék szemek teljesen külön gén segítségével is örökölhetők, amelynek nincs hatása a szőrzet színére, tehát fekete kutyánál is megjelenhet. Ez a gén azonban ritka. Állítólag előfordul a border collie-ban is, de főleg a szibériai huskynál figyelhető meg. Néha a fekete pigmenttel rendelkező kutyák szeme is lehet ugyan borostyán-sárga, de általában ez a szemszín csak májbarna és hígított egyedekben fordul elő.

### **A megjelenő FEHÉR szín genetikájáról**

Az „S lokusz” minden előző lokusz génjeit felülíró alléljai

- „S<sub>+</sub>”: nincs fehér jegy, szabadon érvényesülhet a többi lokusz

#### **EGYÉB FEHÉR/MARADÉK FEHÉR**

- Néha a fehér foltok nélküli (SS) kutyák legkülsőbb pontjain is lehet kis mennyiségű fehér jegy. Ezt az okozza, hogy a magzat növekedése közben a pigment nem terjedt ki elég messzire, és tulajdonképpen nem is számít fehér jegynek, hanem csak, mint egyéb/maradék fehérre utalunk rá, mivel hogy nincs genetikai alapja. Általában csak egy kis mellfolt, fehér lábujjak vagy fehér farokvég formájában találkozhatunk vele.
- s<sub>i</sub>: ír foltosság felelősek a fang, nyak, mell, lábvégi ill. esetleg a farok végen megjelenő fehér jegyességért
- s<sub>p</sub>: több mint 50% a fehér területek aránya és a fehér „túlér” a háton
- s<sub>w</sub>: extra fehér, egyéb színfoltok csak a farok tövénnél és a fejen, az egész kutya lehet fehér
- „T lokuszon”: a „T” az eredeti színnel egyező pettyeket okoz a fehér területeken, a „t,t” nem pettyezett



### A fehér:

- 1/ albinó: pigment nincs, szeme piros v. kék, kutyában extrém ritka és nem is cél
- 2/ rejtett v. minimál merle M<sub>-</sub> (szürke alapon fekete foltok) csak eumelaninnal pigmentált területek válhatnak merle színűvé szintén egészségügyi megfontolásokból kerülendő.

+H<sub>-</sub> (harlekin csak a „merle foltok” közötti részt fehéríti) A HH az MM-hez hasonlóan „halálos” lehet...

- 3/ swsw+ tt(no folt), szép fehér kutyákat adhat ha egyébként az orr jól pigmentált
- 4/ teoretikusan ee+aa A homozigóta recesszív vörös ( a feketét tiltja) és a recesszív fekete (a vöröset tiltja) kombinációja. Nem bizonyított a valóságos léte, működése.
- 5/ a fakóból világosodott fehérek

### Kiegészítés

- „C lokusz”: ce (extrém csincsilla) és cp (csincsilla gének platina v. elefántcsont foka) alléltól kivilágosodott recesszív vörös vagy más fakók akik valójában "I", miatt fehérek és a GG is besegíthet így a fekete részek is eltűnnek. A "C" lokusz génjeinek szőkítő hatását, kutyákban nem tudták igazolni.

A még felfedezetlen "I" lokusz intenzitást szabályozó génjei csak a szőrzetben található aranyárga feomelaninra hatnak. Vörösre sötétítve vagy krémre, fehérre világosítva azt.

„Mivel ennek az intenzitás-variációnak a genetikai alapja nem igazán ismert, így nem is vehetjük számításba. Azt azonban nem szabad elfelejteni, hogy létezik ilyesféle variáció, és hogy ezt az intenzitást a szülők valahogyan átörökítik az utódaikra, még ha nem is tudjuk, hogy pontosan hogyan.”

### A Fakó színű pumik



## A FAKÓ színű pumik genetikájáról

Ökölszabályként el kell fogadni, hogy minden olyan pumi fakó fenotípusú, amelynek bármely életkorában nőtt, bármely testrészén feomelanint tartalmazó, azaz vörös/sárga/fakó szőrszál.

- Ha a ritkaságára való tekintettel az „E lokuszhoz” kötődő „ee” recesszív vöröst („C,I,S,T” allélok erre is hatnak) nem számítjuk, alapvetően az „A (aguti) lokusz” alléljeinek a megnyilvánulásához kötődik és a „C-I, S,T,M,H lokuszok világosítják”.

A „K” lokusz „K” allélja önmagában láthatatlanná teszi, letiltja az „A lokusz” génjeit.

Az „A” lokusz allélok részleges dominancia csökkenésük sorrendjében:

$A_y$ : vadas 3 típusa:

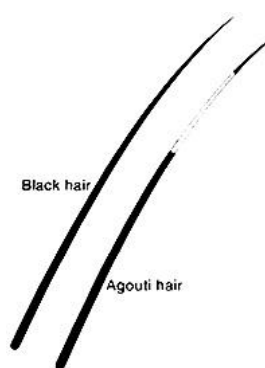
- simá sable**: vörös szőr, néha maszkkal,
- csúcs sable**: árnyékolt szőrvégek, gyakran maszkos,
- árnyalt sable**: özvegy csúcs, kölső szem zúg vonal  
(puminál felismerhetetlen)

$a_w a_w$ : ordas, aguti, „sáros vörös”,  
szőrök keresztbe fekete csíktak

$a_s a_s$ : nyerges, korral visszahúzódik, sötétítő  
hatású a sablera

$a_t a_t$ : cserjegy mely erősíti a nyeregjegyet és  
sötétítő hatású a sablera

aa: a ritka recesszív fekete



Talán ide sorolható a ritka seal szín allélja is.



A seal szín mely még tisztázatlan módon az „A (aguti) lokuszhoz” kötődik következésképpen genetikailag jelenleg fakónak tekintendő és igen ritka. Testi pigmentjei feketék és az avétosult (napsütés függvényében) feketéhez is hasonló, bizonyos fényszögben, sötétbarnának tűnő szín.



## A cserjegyesekről

A cserjegyeség is egy sorozat része. A klasszikus szemöldök, fang és pofa, mellkasi lepke és faroktő ill. csizmák vörös jegyeitől az alig látható vagy a csaknem feketéig. A kísérő allélok (nyerges, Emaszkos, Merle, Harlekin, Csincsilla vagy I sorozat, az Őszítő G és esetleg D) és a módosítók adott esetben felismerhetetlenségig elmoshatják.



Kölyökként ők is klasszikus cserjegyesek voltak.

## Fakó kölyökök maszk nélkül és maszkkal





## A maszkosokról

Az „E lokusz” „Em” a többi „E” allélhoz képest domináns gén okozná és ellenáll a „G lokusz” világosító hatásának. Dominanciája azt is jelentené, hogy ha csak az egyik szülő maszkos, akkor az utódok között is több maradó maszkosnak kéne lenni. De nem ez tapasztalható. A maradó maszkos ritka, mint a fehér holló!

Tehát vagy nem valódi maszkosak kutyusaink, vagy a pumiban elterjedten működik valamilyen speciális „maszkradír” tényező. Mivel ez utóbbi valószínűtlen, nézzük mi utánozhatja a maszkot ilyen tünékenyen?



1 hetesen



6 hetesen



10 hetesen



Az „A lokusz” „Ay” csúcs sablejánál emlegetik a rejtélyes összefüggését a maszk gyakoriságával, főként, ha a háttérben egy **cserjegyesség** vagy **nyergesség** allél kíséri. Ez egyfajta tipikus gyermekkori mintaként, a feketén születettség hiányos verziójaként is felfogható, amit aztán a tapasztalatnak megfelelően szépen lenövesztenek a kölykök. A „G, D, C, I gének hiánya és az emlegetett részben kifejeződő kísérők esetén ez a mintázat megmaradhat.

A világosítók hiánya esetén és heterozigóta fekete és maszkos fakó szülőpárok utódaiban esélyes a megmaradó maszk „kihasadása” a tapasztalattal megegyezően.

De logikailag ez kijöhetne két „ál-maszkos” fakó szülőtől is, mint ahogyan erre is volt már példa.

### A mézesszürkék

Ők olyan eredetileg különböző típusú fakó kutyák, akik jelentős mértékben kiszürkülnek felnőtt korukra, de az aljszőrzet ill. egyes testtájakon halványan őrzik fakóságuk nyomait.

- Ilyen eredményt mutathat egy erőteljes csúcs sable, vagy „a<sub>w</sub>” ordas némi nyergességgel, ha a feketéket erős őszítő hatás „GG” és a vörös részeket szőkítő „Ce,Ce” vagy ezeknek megfelelő „ll” hatás éri.
- Kiőszülve az emlegetett **seal szín** is alakulhat így.
- A „K lokusz „k<sub>br</sub>” alállja „GG” őszítővel kombinálódva szintén hozhat mézes szürke árnyalatot

### A tigriscsíkoltság még rövidszőrű kölykön



A „K lokusz” dominancia sorának génje a „k<sub>br</sub>” jeleníti meg. Az „A lokusz „ alléljai által kijelölt vöröses területeket feketén csíkolja. A csíkok lehetnek alig látható vékonyak és szinte az egész területet lefedő szélességűek. Az összes világosító „I,C,G,d,M,H,S,T” módosíthatja. Rövidszőrű fajtákon jobban felismerhető. A puminál a szőr növekedésével, tincsesedésével elmosódnak a csíkok. Ha még a világosítók is hatnak, az adult kutyákon a csíkok alig sejtethetővé, felismerhetetlenné válhatnak. Születéskor



csak a domináns „K” allélt birtokló fekete fedi el és így adódhat tovább „láthatatlanul”.



### **FEKETE színű pumik genetikájáról**

**KK,gg,BB,DD,E<sub>m</sub>E<sub>0</sub>,S<sub>0</sub>S<sub>0</sub>,tt, mm, H--, A--, C--, I-**

Ime az ideális homozigóta fekete szülő képlete. Az „A” és „C” v. „I” lokuszok alléljai bármilyenek lehetnek, érvényre jutni nem tudnak. Persze azért ettől függetlenül örökítődnek.

Két ilyen szülő utódai is stabilan maradó feketék lesznek.

Ha azonban becsúszik az „E” lokuszra két „ee” allél az felülírja az egészet, és lesz egy fekete orrú, de „vöröses”, fekete szőrpigment termelésére képtelen, mégis genetikailag fekete kutyánk.

Ha a „B” lokuszra kerül két „b” allél, akkor viszont a kutya minden fekete porcikája gesztenye/máj/csoki barna lesz.

**KK,gg,bb,DD,E<sub>m</sub>E<sub>0</sub>,S<sub>0</sub>S<sub>0</sub>,tt, mm, H--, A--, C--, I-**

Tehát a „B lokuszon” homozigóta „bb” allélok okozzák, (recesszívítása miatt a „Bb” párban rejtve marad) amelyek szabadon kombinálódhatnak az őszítő hatású „G lokusz” „G” és a „D lokusz” d alléljával. Ez utóbbi kombináció eredményezi a középső őszülő izabella kölyköt.

Ha a „D” lokuszra két „d” allél kerül akkor a kutya minden fekete porcikája palaszürke lesz. Kék, született ezüst, vagy „bb” allélokhöz társulva barna kutyából Izabella.

Létezik egy kinézetre ugyanilyen fekete alternatív forma, amely recesszívvitása miatt is ritka. Az „A” lokusz leggyengébb allélja a recesszív feketét adó „a”. Az ilyen kutya genetikailag nem fekete és utódainak színe is a másik szülőé lesz, de képtelen „sárga” feomelanint termelni. Néha a „M” merle gén minimál megnyilvánulása is lehet feketének látszó.

## SZÜRKE színű pumi genetikájáról



A feketénél írottakból következően a szürke két valódi típusa az alábbiak szerint vezethető le:

KK, **gg**, **BB**, **DD**,  $E_mE_0$ ,  $S_0S_0$ , tt, mm, H--, A--, C--, I--

a pirosított helyekre „GG” v. „Gg” (ill. „dd” és izabella esetén „bb”vel) társulva kerülhet

- 1./ a feketén született kiszürkülő: itt a „G lokusz” dominás allélja a „G” viszi a főszerepet, mely a szőrtüsző korától ill. a szőrök növekedési sebességétől, a fedő és aljszőrzet arányától is függően rajzolatot (nadrág, csizma, tejfeles száj, fehér maszk) képezve a szőr világosodásának széles skáláját okozza. Fontos észben tartani, hogy csak az eredetileg fekete részekre és csak a szőrzetre hat.
  - 1/a) Feltételezik, hogy a „G” homozigóta (GG) ebek azok, amelyek 3-18 hónapos korukig és nagyobb mértékben kivilágosodók.
  - 1/b) A heterozigótáknál (Gg) pedig ez a folyamat akár három éves korukig is elhúzódhat és általában sötétebb szürkét eredményez.
- 2./ fő típus a szürkén született (kék, ezüst, barnából izabella): itt a „D lokusz” palaszürke szint eredményező homozigóta „dd”-je a főszereplő. Bár a „G” lokusz „G”-je ezzel is szabadon kombinálódva megtévesztő a többi szürkére jellemző árnyalatokat is adhat
- 3./ „áll” típus az igazából itt csak megemlítést érdemlő a fakóból szürkült kutyák mely variációkról már írtam a fakó színhez kapcsolva.
- 4./ fő típus a valódi öregségi őszülés lehetne mely 7-8 éves kor után jellemző, de ennek genetikájáról nem találtam anyagot





Az őszítő gén működésének ékes bizonyítéka a minden típusnál tapasztalható és csak átmenetileg kialakuló „**regenerációs folt**”.

A sérült részen a regenerálódó szőrtüszők ismét „lejátszák” az eredeti őszülési folyamatot.

Összeállította: dr. Herceg Róbert  
2017.06.20.

### Felhasznált források:

netes közlések, Facebook

<http://www.pumiworld.hu/en/about-en-colours-1.html>

- [Genetics of Coat Color and Type in Dogs](#)
- [Puli Coat Color DNA Study](#)
- [Canine Coat Color \(Vetgen\)](#)

[http://www.janus-facedfilabrasileiro.com/A\\_szinek\\_oroklodese\\_I.htm](http://www.janus-facedfilabrasileiro.com/A_szinek_oroklodese_I.htm)

<http://www.broadinstitute.org/mammals/dog/snp>

<http://www.mudiklub.fw.hu/32/szingenetika.html>

SPONENBERG, D.P. ÉS ROTHSCILD, M.F. (2001): Genetics of Coat Colour and Hair Texture

CARVER, 1984 a recesszív fekete ill. „I lokusz”

GROSS ÉS MTSAI., 1992 és HARGIS ÉS MTSAI., 1991 szőrtüsző diszplázia

LAUKNER (1998)

LITTLE, 1957, BURNS AND FRASER, 1966; WHITNEY, 1980; ROBINSON, 1990 „C és I lokuszok”

**Kovács Tibor: A színöröklés törvényszerűségei**

**Puskás Csilla 1999: A PUMI FAJTA HELYZETE MAGYARORSZÁGON**

Radacsi Andrea doktori értekezése: Szarv- és szőrszínváltozatok a magyar szürke szarvasmarhafajtában

Árkosi József, Répási Ildikó, dr. Herceg Róbert képei