

ГЕНЕТИКА ЦВЕТА ГОЛШТИНСКОЙ МАСТИ

Большинство производителей молока, имеющих голштинский скот, знают, что в породе бывают животные двух цветов: черно-пестрые и красно-пестрые. Хотя визуально определить фенотип коровы просто, генетика голштинской масти сложна, и многие возможные генотипы определяют внешний вид животного. Существует две разных локации в геноме голштинов, которые влияют на цвет масти¹. Одна локация влияет на рецессивный красный цвет масти и черно / красную цветовую форму, в то время как другая локация влияет на доминантный красный цвет. Рецессивный красный является наиболее распространенной формой красной масти животных голштинской породы. Важно отметить, что рецессивный красный расположен в одной части генома, а доминантный красный - в другой, это разные условия, которые влияют на цвет масти. Существуют генетические тесты для обеих локаций, и продолжаются исследования генетики, определяющей цвет масти.

РЕЦЕССИВНЫЙ КРАСНЫЙ И ЧЕРНЫЙ / КРАСНЫЙ

Существуют 4 известных формы гена в локации рецессивного красного. Есть две копии гена (одна от отца и одна от матери), которые взаимодействуют друг с другом, и в зависимости от имеющейся формы (форм) создают цвет масти. Это взаимодействие представляет собой простую иерархию доминирования, описанную в таблице 1.

Таблица 1. Порядок доминирования для форм рецессивного красного

Аллель	Описание	Функция
E ^D	Доминантная форма	Код для черно-пестрой масти
E ^{BR}	Форма черный/красный	Код для черно/красного состояния
E ⁺	Форма "Дикого типа"	Код для красно-пестрой масти
e	Рецессивная форма	Код для красно-пестрой масти

Животные, у которых есть по крайней мере одна копия формы гена E^D будут черно-пестрыми, независимо от другой копии (если только она не изменена доминантным красным, как описано ниже). E^D доминирует над другой копией в локации рецессивный красный.

Животные с черным / красным состоянием обычно рождаются красными и становятся черными со временем, иногда сохраняя красную окраску вокруг носа, ушей и по основанию позвоночника. Черный / красный иногда называют «Telstar Red» по имени животного, определенного как носитель этого состояния, Roybrook Telstar. Эти животные имеют по меньшей мере одну копию формы гена E^{BR} и не имеют доминантной формы E^D.

Форма дикого типа была идентифицирована недавно и по своему действию сходна с рецессивной формой гена (e). Животные с двумя копиями дикого типа или двумя копиями рецессивного или одного дикого типа и одного рецессивного будут иметь наиболее распространенный красно-пестрый вид.

Таблица 2. Пример генотипов и связанных с ними фенотипов объясняет потенциальные генотипы, связанные с рецессивным красным, с соответствующими результатами гаплотипов и фенотипов

Генотип	ННР код гаплотипа	НВР код гаплотипа	Фенотип	Генетический код
E ^D E ^D	ННРТ	НВРТ	Black	TR
E ^D E ^{BR}	ННРТ	НВРС	Black	B/R
E ^D E ⁺	ННРС	НВРТ	Black	RC
E ^D e	ННРС	НВРТ	Black	RC
E ^{BR} E ^{BR}	ННРТ	НВРН	Black/Red	B/R
E ^{BR} E ⁺	ННРС	НВРС	Black/Red	B/R RC
E ^{BR} e	ННРС	НВРС	Black/Red	B/R RC
E ⁺ E ⁺	ННРН	НВРТ	Red	-RED
E ⁺ e	ННРН	НВРТ	Red	-RED
e e	ННРН	НВРТ	Red	-RED

World Wide Sires Russia

Хотя существует множество потенциальных генотипов, рецессивный красный следует традиционной модели наследования рецессивных признаков. В таблице 3 приведены примеры использования аллелей E^D и e, но этот пример может быть применен к любой комбинации генотипа.

Таблица 3 Пример результатов скрещивания рецессивного красного

Генотип родителя	Вид потомства	Генотип потомства
E ^D E ^D x E ^D E ^D	Все черно-пестрые	Все E ^D E ^D
E ^D E ^D x E ^D e	Все черно-пестрые	50% E ^D E ^D и 50% E ^D e
E ^D E ^D x e e	Все черно-пестрые	Все E ^D e
E ^D e x E ^D e	75% черно-пестрые, 25% красно-пестрые	50% E ^D e, 25% E ^D E ^D , 25% e e
E ^D e x e e	50% черно-пестрые, 50% красно-пестрые	50% E ^D e и 50% e e
e e x e e	Все красно-пестрые	Все e e

ДОМИНАНТНЫЙ КРАСНЫЙ

Доминантный красный это новый признак, который полностью независим от рецессивного красного. Основателем является канадская корова по имени Suriname Sheik Rosabel-Red, доминантный красный ранее назывался «Красный вариант». Очень редко встречаются животные, выражающие доминантный красный в популяции североамериканских голштинов. Доминантный красный следует модели наследования, типичной для других доминирующих признаков, таких как комолость.

Важно отметить, что доминантная (D) форма этого гена также будет доминировать над рецессивным красным, поэтому животное, которое ожидается будет черно-пестрым из-за рецессивной красной части генома, на самом деле будет красно-пестрым, если оно имеет по крайней мере одну копию формы D гена доминантного красного. Существует множество генетических кодов, которые напечатаны в родословных животных и других официальных документах, связанных с каждым генотипом.

Таблица 4. Возможные доминантные красные генотипы и связанные с ними фенотипы

Генотип	HDR код гаплотипа	Фенотип	Генетический код
d d	HDRT	Black	DR0
D d	HDRC	Red	DR1
D D	HDRH	Red	DR2

Таблица 5 Пример результатов скрещивания по доминантному красному

Генотип родителя	Вид потомства	Генотип потомства
DD x DD	Все красно-пестрые	Все DD
DD x Dd	Все красно-пестрые	50% DD и 50% Dd
DD x dd	Все красно-пестрые	Все Dd
Dd x Dd	75% красно-пестрые, 25% черно-пестрые	50% Dd, 25% DD, 25% dd
Dd x dd	50% красно-пестрые комолые, 50% черно-пестрые	50% Dd и 50% dd
dd x dd	Все черно-пестрые	Все dd

Таблица 6 Описание официальных генетических кодов и обозначений, связанных с выражением красной масти

Генетический код	Интерпретация
TR	Отрицательный результат на любые аллели красной масти
RC	Носитель красной масти (или e или E ⁺)
B/R	Носитель аллеля, вызывающего черный / красный фенотип
-RED	Не официальный генетический код - животные красной масти, отмечены «-RED» в имени.
DR0	Отрицательный результат на доминантный красный
DR1	Носитель доминантного красного
DR2	Гомозиготный по доминантному красному

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ОТЧЕТА CLARIFIDE

Результаты CLARIFIDE® будут включать информацию о генотипе по рецессивному красному и доминантному красному, и использовать информацию о гаплотипах по черному / красному. В таблице 7 показаны масти голштинов для понимания отчетов и их интерпретации.

Таблица 7 Голштинская Ассоциация США (HAUSA) График отчетности по цвету масти

	Действительный генотип	Генотип от CLARIFIDE	Гаплотипы от CDCB	CLARIFIDE Отчет	Интерпретация	Фенотип	Приблиз. частота у голштинов	HAUSA отчет без прямого тестирования генов	HAUSA отчет с прямым тестированием генов
Доминантный красный (из прямого тестирования или HDR)	Генотип из ZL2								
	dd	DR0	HDRT	DR0	Черный, смотри рецессивный красный	Black	>99%	HDR0	dd
	Dd	DR1	ADRC	DR1	Гетерозиготный доминантный красный	Red	HDR1	DR1	Dd
	DD	DR2	HDRH	DR2	Гомозиготный, доминантный красный	Red	HDR2	DR2	DD

	Генотип от CLARIFIDE	Гаплотипы от CDCB							
Рецессивный красный (от прямого тестирования HHR и HBR)	E ^D E ^D	E ^D E ^D	HHR=0/HBR=0	E ^D /E ^D	Black	Black	91.0%	HHRH, HBRT	TR
	E ^D E ^{BR}	E ^D E ⁺	HHR=0/HBR=1	E ^D /E ^{BR}	Black, носитель black/red	Black	0.9%	HHRH, HBRC	B/R*
	E ^D E ⁺	E ^D E ⁺	HHR=1/HBR=0	E ^D /E ⁺	Black, дикий тип носитель красной масти	Black	0.4%	HHRH, HBRT	RC*
	E ^D e	E ^D e	HHR=1/HBR=0	E ^D /e	Black, носитель рецессивного красного	Black	5.6%	HHRH, HBRT	RC
	E ^{BR} E ^{BR}	E ⁺ E ⁺	HHR=0/HBR=2	E ^{BR} /E ^{BR}	Гомозиготный black/red	Red, потом Black	0.1%	HHRH, HBRH	B/R*
	E ^{BR} E ⁺	E ⁺ E ⁺	HHR=1/HBR=1	E ^{BR} /-	Black/red, носитель красной масти (рецессивный или дикий тип)	Red, потом Black	0.1%	HHRH, HBRC	RC B/R*
	E ^{BR} e	E ⁺ e	HHR=1/HBR=1	E ^{BR} /-	Black/red, носитель красной масти (рецессивный или дикий тип)	Red, потом Black	0.1%	HHRH, HBRC	RC B/R*
	E ⁺ E ⁺	E ⁺ E ⁺	HHR=2/HBR=0	E ⁺ /E ⁺	дикий тип красный	Red	0.1%	HHRH, HBRT	
	E ⁺ e	E ⁺ e	HHR=2/HBR=0	E ⁺ /e	Дикий тип red, носитель рецессивного красного	Red	0.3%	HHRH, HBRT	
	ee	ee	HHR=2/HBR=0	e/e	Гомозиготный, рецессивный красный	Red	1.8%	HHRH, HBRT	

ВЫВОДЫ

Селекционеры, которые хотят увеличить количество красных животных в своем стаде, должны сначала определить тех животных, которые могут быть носителями. После идентификации эти животные могут быть частью программ скрещивания для увеличения количества соответствующих генов для красного масти.

*Так как прямой анализ генов недоступен в CLARIFIDE для различения между E + и B / R, генотип, содержащий E +, код RC или B / R не будет помечен в родословных или официальных продуктах; анализ родословных будет сделан по запросу, и соответствующий код будет добавлен, если он может быть определен.

¹Lawlor TJ, VanRaden PM, Null D, Levisse J, Dorhorst B. Using haplotypes to unravel the inheritance of Holstein coat color for a larger audience, in Proceedings. 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production 2014.