

SELECCIÓN GENÉTICA POR RESILIENCIA: RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS

Los programas de mejora genética en los que están basados las líneas maternas de conejo están vigentes desde hace más de 50 años, siendo el objetivo de selección principalmente el tamaño de camada al nacimiento o al destete. Con estas líneas clásicas se ha conseguido mejorar la productividad de las explotaciones ganaderas. Sin embargo, la cunicultura ha sufrido grandes cambios a nivel de manejo (lotes con gran número de hembras), sanitarios (desmedicalización, no uso de antibióticos, estrés térmico como consecuencia del cambio climático) o reproductivos (la inseminación artificial como metodología reproductiva más utilizada) y el ganadero demanda animales adaptados a estas nuevas condiciones de cría sin mermar su productividad. Ante esta situación, el equipo de la Universidad Miguel Hernández de Elche ha llevado a cabo un programa de selección divergente por resiliencia a través de la selección por la variabilidad del tamaño de camada.

D. SERRANO-JARA, I. AGEA, M.J. ARGENTE, M.L. GARCÍA
CIAGRO. Universidad Miguel Hernández de Elche



PROGRAMA DE SELECCIÓN DIVERGENTE

La selección divergente implica que, a partir de una población base común, se inicia la selección de dos líneas con objetivos contrarios. En nuestro caso la línea HO es seleccionada para homogeneizar el tamaño de camada de las hembras y la línea HE es seleccionada para incrementar la variabilidad del tamaño de camada de las hembras.

La línea HE no tiene interés a nivel productivo, pero sirve de control a la línea HO. El hecho de ser ambas líneas coetáneas en el tiempo y estar siendo seleccionadas en el mismo ambiente (mismas instalaciones, manejo y alimentación) implica que las diferencias fenotípicas entre las líneas serían diferencias genéticas. Esta es la primera vez que se realiza la selección por variabilidad del tamaño de camada con resultados exitosos. La línea seleccionada para incrementar

la variabilidad del tamaño de camada presenta más variabilidad (línea HE; 4,4 gazapos²) que la línea seleccionada para disminuir la variabilidad (línea HO; 2,7 gazapos²).

RESILIENCIA DE LAS LÍNEAS

Una de las definiciones de resiliencia es la de ser un proceso de desarrollo dinámico que abarca la capacidad de un animal para adaptarse positivamente después de una adversidad significativa. Sin embargo, esta aptitud no es similar en todos los animales y una respuesta inadecuada ante un estímulo estresante puede desembocar en el empeoramiento de las condiciones de bienestar y, consecuentemente, en la disminución del rendimiento productivo. La variabilidad del tamaño de camada está relacionada con la capacidad de adaptación de la hembra a los cambios ambientales adversos y con su sensibilidad al estrés y a las enfermedades, o lo que es lo mismo con su resiliencia. En este sentido, la línea HO tiene una menor concentración basal de cortisol y una menor respuesta al estrés que la línea HE. Es sabido que el estrés crónico conduce a la desregulación del sistema inmune y aumenta la predisposición a enfermar. Esto está de acuerdo con el menor porcentaje de eliminación involuntaria que presenta en la línea HO. Por tanto, disminuir la variabilidad del tamaño de camada tiene implicaciones en la mejora del bienestar de las hembras. También, la línea HO ha mostrado una mayor capacidad de movilizar reservas corporales al parto que la línea HE. El parto es un momento de gran demanda energética y aquellas hembras que no sean capaces de recuperar sus reservas corporales tras el parto tenderán a una menor fertilidad y a una disminución de su defensa inmune. Por lo tanto, la selección para disminuir la variabilidad del tamaño de camada produce hembras que manejan adecuadamente sus reservas corporales y gestionan la movilización energética correctamente, y en consecuencia presentan menor riesgo de morir o ser eliminadas. La temperatura corporal es utilizada como un parámetro de gran interés para valorar la respuesta al estrés en un animal. La termografía infrarroja constituye un método no invasivo capaz de detectar satisfactoriamente la

temperatura de la superficie corporal. En estas líneas, la termografía ha sido utilizada para la medición de la temperatura corporal tras la exposición a situaciones de estrés agudo como la monta en el caso de las hembras o la extracción de semen con vagina artificial en el caso de los machos. En ambos sexos se produce un incremento de la temperatura medida en el globo ocular entre el minuto 1 y 5 después del estímulo estresante, siendo este incremento de temperatura superior en la línea HE que en la línea HO. La termografía también ha sido utilizada para estudiar la adaptación de los machos a situaciones de estrés térmico. Bajo estrés térmico ambiental, la temperatura basal de la línea HO fue más baja (37,66°C) que la línea HE (37,92°C). Así, los machos de la línea HO en situación de estrés térmico, tienen una mayor capacidad para regular su temperatura y, por lo tanto, una mejor adaptación al medio.

PRODUCTIVIDAD DE LAS LÍNEAS

La línea HO además de tener un número de gazapos más constante en todos sus partos que la línea HE, tiene un mayor tamaño de camada que la línea HE (aproximadamente 1 gazapo más por parto).

Ambas líneas tienen la misma tasa de ovulación. Sin embargo, un desarrollo más avanzado del embrión en las primeras etapas de la gestación y un mayor número de embriones implantados en la línea HO parecen ser determinantes en el mayor tamaño de camada posterior.

GENOTIPADO Y MICROBIOTA DE LAS LÍNEAS

El genotipado de las líneas HO y HE han permitido identificar genes candidatos relacionados con importantes procesos biológicos para la resiliencia del animal, como son la respuesta inmune (DOCK2, HDAC9, ITGB8, HUNK), la respuesta al estrés (ENSOCUG00000021276, MC2R), el bienestar (FBXL20) y el sistema nervioso (MC2R, SLC18A1, FBXL20). Además, el gen HDAC9 puede controlar la expresión de genes relacionados con la familia HSP (Heat-Shock Proteins) como el HSP70, directamente relacionada con la adaptación de los animales al estrés térmico.



Instalaciones de la Universidad Miguel Hernández.

Hoy en día, se considera que la microbiota intestinal desempeña un papel fundamental en la salud de los animales, por ello se completó el genotipado de las líneas con el estudio de su microbiota intestinal. Este estudio encontró una mayor abundancia de especies beneficiosas como *Rikenella*, *Lactobacillus*, *Alistipes prutedinis*, *Alistipes shahii*, *Odoribacter splanchnicus*, y *Limosilactobacillus fermentum*, y menor abundancia en especies dañinas como *Acetatifactor muris* y *Eggerthella sp.* en la línea HO que en la línea HE.

CALIDAD ESPERMÁTICA Y NIVELES DE TESTOSTERONA

Los machos de la línea HO pueden ser utilizados como "abuelos" en el esquema de cruzamiento a tres vías. Sin embargo, es necesario conocer si el proceso de selección ha podido modificar la calidad espermática de estos machos que

podría afectar a su rendimiento en los centros de inseminación artificial. La calidad espermática de los machos se ha estudiado en machos adultos de las líneas. Los resultados han mostrado que la línea HO produce un 22% más de volumen y presenta un 83% más de concentración que la línea HE (Tabla 1). Los parámetros de motilidad, medidos con metodología CASA, no difieren entre las líneas. Por tanto, no se ha producido una respuesta correlacionada a la selección para estos caracteres.

El potencial de dosis se ha estimado como el número de dosis comerciales que se producirían a partir de la muestra obtenida según la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración} \times \text{Volumen} / 20 \times 10^6$$

El potencial de dosis de la línea HO es de 16 mientras que el de la línea HE es de 10.

Además, se han medido los niveles de testosterona de los machos adultos mediante test ELISA, siendo un 9% superior en la línea HO que en la línea HE (1.645 ng/mL en la línea HO y 1.507 ng/mL en la línea HE). Por tanto, los machos de la línea HO parecen ser más productivos y con la misma calidad espermática que la línea HE.

PRÓXIMOS ESTUDIOS

Este material genético permite profundizar en los procesos biológicos que intervienen en la resiliencia. Por esto, entre los próximos trabajos a realizar está contemplado el estudio de las relaciones entre la resiliencia con el eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal. En este sentido, se conoce que los estímulos estresantes inducen una cascada de eventos que comienza con la descarga del factor liberador de corticotropina (CRF) del hipotálamo, que induce la liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) de la hipófisis a la circulación sistémica y culmina en la secreción de glucocorticoides de la glándula suprarrenal.

Con el fin de seguir investigando sobre las diferencias en la prolificidad de las líneas, se está trabajando en la actividad ovárica y en la calidad de los folículos. Estudios preliminares muestran que la línea HO presenta un mayor porcentaje de folículos preovulatorios y un mayor tamaño de los folículos primarios y secundarios. Las células de la granulosa presentan menor apoptosis y un mayor número de péptidos implicados en la diferenciación y proliferación celular. Puesto que se ha delimitado que las diferencias en el tamaño de camada de las líneas se producen en las primeras horas del desarrollo de embrión, se está determinando por un lado el perfil de ácidos grasos del fluido oviductal y por otro lado la caracterización de las vesículas extracelulares oviductales y su contenido en ARN para conocer el papel que desempeña el ambiente oviductal en desarrollo de los embriones.

Una vez que se ha confirmado que los machos de la línea HO estarían mejor adaptados a las condiciones de estrés térmico, nos planteamos diferentes estrategias extrínsecas al animal que podrían también ayudar a mitigar el efecto del estrés térmico.

Tabla 1.

Parámetros de la distribución marginal posterior de la diferencia estimada entre las líneas HO y HE para los parámetros de calidad espermática y niveles de testosterona

Parámetro	HO	HE	D	P
Volumen (mL)	1,1	0,9	0,2	97
Concentración (10 ⁶ /mL)	330	180	150	96
Motilidad (%)	88	85	3	68
VCL (µm/s)	134	140	-6	64
VAP (µm/s)	65	68	-3	66
VSL (µm/s)	37	38	-1	55
STR (VSL/VAP, %)	52	49	3	79
LIN (VSL/VCL, %)	25	24	1	67
WOB (VAP/VCL, %)	46	46	0	56
ALH (µm/s)	3	3	0	58
BCF (Hz)	13	13	0	50
Potencial de dosis	16	10	6	83
Testosterona (ng/mL)	1.645	1.507	0.138	90

HO: mediana de la línea HO. HE: mediana de la línea HE. D: mediana de la diferencia entre las líneas HO y HE. P: Prob (D>0) cuando D>0 y Prob (D<0) cuando D<0. Velocidad curvilínea (VCL), velocidad rectilínea (VSL), velocidad de trayectoria promedio (VAP), índice de linealidad (LIN), rectitud (STR), oscilación (WOB), amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza, (ALH) y frecuencia de batido (BCF)



Termografía de Infrarrojos

En este sentido, está previsto el uso de postbióticos en la alimentación con la finalidad de que este enriquecimiento de la dieta permita mejorar la calidad espermática de los machos en condiciones de estrés térmico.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT y ha sido financiado por MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y

por la Generalitat Valenciana. También por el proyecto PID2021-123702OB-100 del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI)-Agencia Estatal de Investigación (AEI) y los Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) “Una manera de hacer Europa”,

BIBLIOGRAFÍA

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com