



Alliance

(<https://www.aquaculturealliance.org>).



Health & Welfare

Estimación de la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en camarones blancos del Pacífico

Monday, 16 December 2019

By Dr. Jie Kong

Los resultados muestran potencial para programas de mejoramiento para la tolerancia al amoníaco a salinidades específicas



Los resultados de este estudio mostraron el potencial de programas de mejoramiento para la tolerancia al amoníaco a salinidades específicas en *Litopenaeus vannamei*.

Debido a las ventajas de su eurihalinidad (tolerancia a amplios rangos de salinidad), tasas de crecimiento rápidas y una alta tasa de supervivencia a altas densidades de población, el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es la especie de camarón cultivada más popular del mundo.

Las altas concentraciones de amoníaco son el factor tóxico más común e importante en los estanques de cultivo de camarones. El aumento de amoníaco en el agua puede suprimir el sistema de defensa inmune de los camarones y aumentar su sensibilidad a los patógenos. Previamente realizamos un estudio para comprender los mecanismos moleculares de los efectos perjudiciales del estrés por amoníaco en *L. vannamei* y determinamos que la mayoría de los genes clave involucrados en la respuesta al estrés por amoníaco están potencialmente involucrados en la función de defensa inmune.

Estudios previos han revelado que el estrés por amoníaco es más tóxico para el desarrollo ontogenético más temprano de los organismos acuícolas, y se ha encontrado ampliamente que ejerce efectos letales sobre los juveniles de camarones peneidos. Los camarones juveniles más jóvenes son críticos para la reproducción exitosa porque a menudo ocurren altas tasas de mortalidad durante este período. Y el fenotipo (características o rasgos observables de un organismo) de un rasgo cuantitativo (fenotipos controlados por múltiples genes) está determinado por los recursos genéticos y ambientales y sus interacciones; así, las interacciones genotipo por ambiente (G × E) jugarán un papel importante en la mejora genética.

L. vannamei se cultiva a diferentes niveles de salinidad debido a su eurihalinidad, pero varios estudios han revelado que la baja salinidad puede aumentar la toxicidad del amoníaco para los camarones, y también hemos verificado que el estrés por amoníaco puede influir en la vía involucrada en la osmorregulación. Si la interacción G × E para la tolerancia al amoníaco es significativa a diferentes niveles de salinidad, la respuesta de selección para este rasgo variará según los diferentes niveles de salinidad. En base a esto, es necesario comprender la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en la etapa temprana y las interacciones G × E a diferentes niveles de salinidad en *L. vannamei*.

Este artículo, adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173835>), reporta sobre un estudio para estimar la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en juveniles de *L. vannamei* en salinidades de 30 ppt y 5 ppt. Estimamos la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en juveniles de *L. vannamei* en la etapa inicial (peso corporal promedio, 0.5 gramos) a dos niveles de salinidad diferentes (30 y 5 ppt) y estimamos las correlaciones genéticas entre la longitud corporal y la tolerancia al amoníaco en los dos ambientes para verificar la relación entre la tolerancia al amoníaco y el desarrollo ontogenético.

Este trabajo fue apoyado por el Fondo de Investigación Basal de la Institución Científica de Interés Público Central, CAFS (No. 2016HY-ZD04), la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (No. 31302179), el programa académico de Taishan para la industria de semillas, la Introducción Internacional del Plan Avanzado de Ciencia y Tecnología Agrícola (No. 2016-X39), y la Fundación China de Ciencias Postdoctorales (No. 2015M572095).

Configuración del estudio

Este estudio se llevó a cabo en una instalación de Hebei Xinhai Aquatic Biological Technology Co., Ltd. en Huanghua, Provincia de Hebei, China. Los animales fundadores fueron recolectados de siete cepas comerciales mejoradas que fueron introducidas por diferentes compañías en los Estados Unidos y Singapur. Los individuos libres de virus de las siete cepas se utilizaron para producir la población base (G0) con 130 familias de hermanos completos utilizando inseminación artificial con 114 hombres y 108 mujeres e incluyeron 69 familias de medio hermano. Las familias con bajos índices de selección fueron eliminadas del programa de reproducción, y los machos y hembras con altos índices de selección de las familias restantes fueron seleccionados para producir la próxima generación.

Los camarones experimentales provenían de 91 familias de hermanos completos (52 familias de medios hermanos) de la quinta generación (G5). Aproximadamente a los 45 días, se seleccionaron al azar alrededor de 400 postlarvas de cada familia y se colocaron en jaulas de malla de arrastre (0,5 metros cúbicos) que se fijaron por separado en dos

grandes estanques (60 metros cúbicos) para la cría por separado a la misma densidad para cada familia. El agua de mar en uno de los estanques se diluyó con agua dulce filtrada de 30 ppt a 5 ppt, que duró aproximadamente tres semanas. Sin embargo, el agua de mar en el otro estanque se mantuvo a 30 ppt. Aparte de la salinidad, se mantuvieron otras condiciones de manejo de forma idéntica entre los dos estanques.

Para obtener información detallada sobre el origen de la población base y el procedimiento de selección; el desafío con alta concentración de amoníaco; y los análisis estadísticos, incluidos los componentes de varianza y las estimaciones de heredabilidad; y la estimación de la interacción genotipo por ambiente, consulte la publicación original.

Resultados y discusión

En este estudio, primero informamos la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco (adaptabilidad adversidad-estrés) para los juveniles en la etapa inicial en condiciones de salinidad normal (30 ppt) y baja salinidad (5 ppt) y la interacción $G \times E$ entre los dos ambientes para explorar la posibilidad de reducir la mortalidad de camarones por selección. Muchos estudios han reportado que el estrés por amoníaco es más tóxico para los camarones en las primeras etapas, y este hallazgo se corroboró en el presente estudio.

En el presente estudio se obtuvieron y analizaron un total de 7.221 registros individuales, incluidos 3.624 registros de la condición de salinidad normal y 3.597 registros de la condición de baja salinidad. El número de individuos de pruebas finales fue menor que el número total de individuos iniciales (7,280), lo que podría deberse al canibalismo durante el proceso experimental. Se dan los números de muestras, medias simples, mínimos, máximos, desviaciones estándar y los coeficientes de variación para la tasa de supervivencia de cada familia en el tiempo medio letal (SS_{50}), los tiempos de supervivencia (ST) y la longitud corporal (BL) en (Tabla 1). Los percentiles 25, percentiles medios, percentiles 75, mínimos, máximos y valores atípicos de la SS_{50} y los valores promedio de ST de cada familia se muestran en la Fig.1.

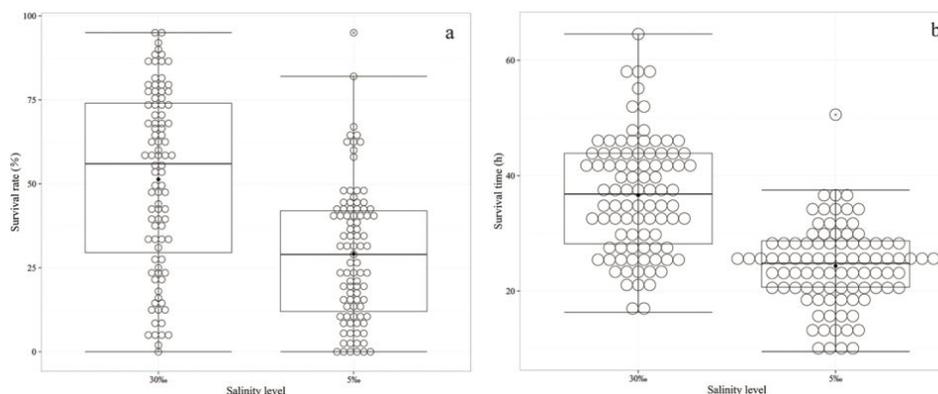


Fig. 1: (a) Diagrama de caja de las tasas de supervivencia de las familias en el tiempo medio letal. (b) Diagrama de caja de los tiempos de supervivencia promedio de las familias. Los percentiles 25 (línea superior), mediana (línea interior) y 75 (línea inferior) de las familias se trazan como cuadros. Los valores mínimos, máximos y observados se muestran como -, - y o, respectivamente.

Traits		N		Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation	Coefficient variation (%)
ST (h)	30‰	individuals	3624	36.64	2.00	78.00	16.94	46.23
		families	91	36.64	16.32	64.56	10.03	27.38
	5‰	individuals	3597	24.80	2	69.00	13.51	54.48
		families	91	24.80	9.50	50.58	7.26	29.27
SR ₅₀ (%)	30‰	families	91	50.78	0	94.87	26.80	52.78
	5‰	families	91	50.27	2.78	95.00	19.29	38.37
BL (cm)	30‰	individuals	3624	3.77	1.00	8.80	0.93	23.85
		families	91	3.77	2.84	4.94	0.42	11.14
	5‰	individuals	3597	3.70	1.00	9.30	0.90	24.32
		families	91	3.70	2.63	4.79	0.40	10.81

Tabla 1. Números de muestras/familias (N) y las medias, mínimos, máximos, desviaciones estándar y variación de coeficientes de los valores ST, SR₅₀ y BL.

Los resultados revelaron que los valores de SS₅₀ bajo estrés de amoníaco agudo en condiciones normales y de baja salinidad variaron sustancialmente entre las familias, pero la variación fue mayor después de la exposición al estrés por amoníaco agudo en la condición de salinidad normal. Además, los tiempos de supervivencia bajo estrés agudo de amoníaco en condiciones normales y de baja salinidad también variaron sustancialmente entre las familias y los individuos en general, pero la varianza fue mayor cuando se analizó a nivel individual que a nivel familiar como lo indica la desviación estándar (SD) y coeficiente de variación (CV) más altas.

Los CV de los ST fueron 27.38 por ciento y 29.27 por ciento entre las 91 familias en los dos ambientes, pero estos valores fueron 46.87 por ciento y 54.48 por ciento entre los individuos en los dos ambientes. Aunque la concentración de amoníaco (32 mg/L) fue mayor en la condición de salinidad normal que en la condición de baja salinidad (18 mg/L), el ST promedio bajo estrés por amoníaco agudo en la condición de salinidad normal (36.64 horas) fue sustancialmente mayor que en la condición de baja salinidad (24,80 horas), y la varianza fue mayor en la condición de salinidad normal. Con respecto al BL, también exhibió una mayor varianza cuando se analizó a nivel individual que a nivel familiar, pero no hubo diferencias significativas entre los dos entornos.

La mortalidad acumulada y el tiempo de supervivencia promedio de cada familia bajo estrés de amoníaco agudo en condiciones normales y de baja salinidad se muestran en la Fig. 2 y la Fig. 3, respectivamente. Las mortalidades acumuladas de las familias bajo estrés agudo de amoníaco en la condición de baja salinidad fueron sustancialmente mayores que las de la condición de salinidad normal en cada punto de muestreo (Fig. 2). Todos los individuos en la condición de baja salinidad estaban muertos después de 69 horas de exposición al estrés por amoníaco agudo, pero en este momento, 115 animales (3.5 por ciento) en la condición de salinidad normal todavía estaban vivos. Esto mostró que el tiempo de supervivencia promedio exhibió una gran variación entre las familias dentro del mismo ambiente y entre los dos ambientes, pero el tiempo de supervivencia promedio de la mayoría de las familias bajo estrés de amoníaco agudo en la condición de baja salinidad fue sustancialmente menor que el del familias en condiciones normales de salinidad (Fig. 3).

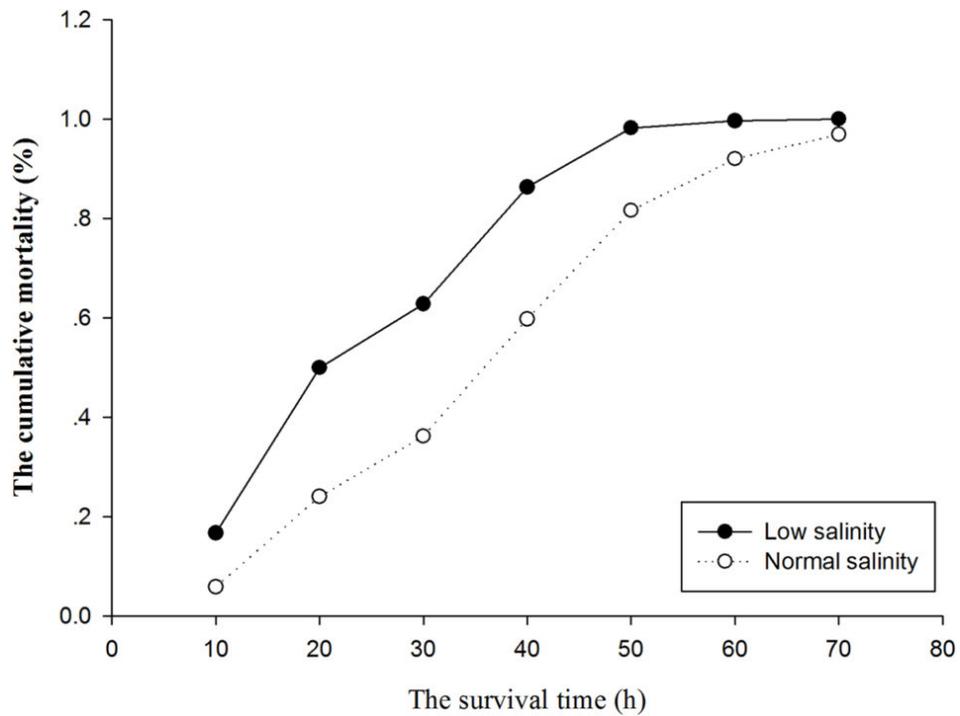


Fig. 2: Mortalidad acumulada de juveniles de *L. vannamei* durante el estrés agudo por amoníaco en condiciones normales y de baja salinidad.

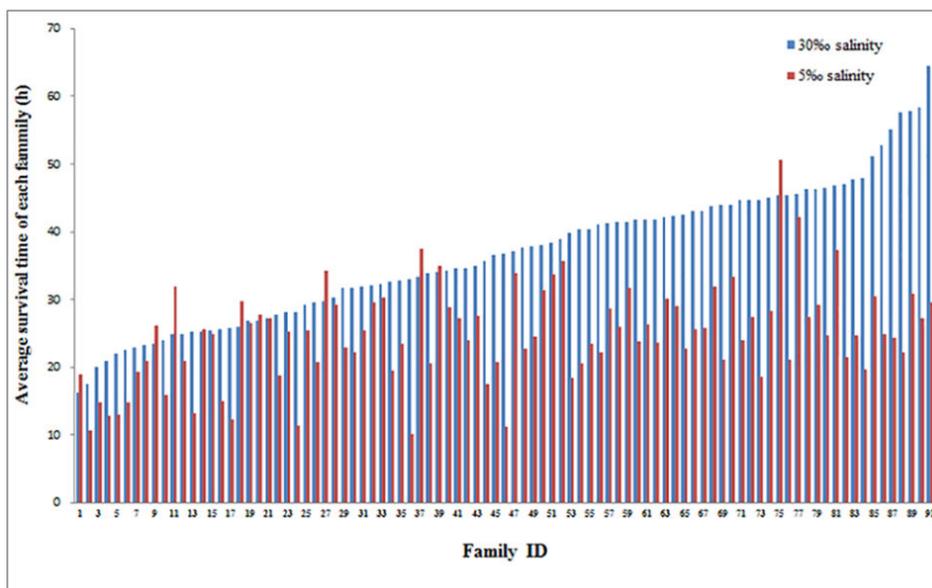


Fig. 3: El tiempo de supervivencia promedio para cada familia de juveniles de *L. vannamei* durante el estrés por amoníaco agudo en condiciones normales y de baja salinidad.

Aunque las altas temperaturas y las bajas salinidades pueden aumentar la toxicidad del estrés por amoníaco, el menor tiempo de supervivencia a concentraciones más bajas de amoníaco en nuestro estudio también sugiere que los camarones más jóvenes son más sensibles a la toxicidad por amoníaco. Además, también observamos que la menor salinidad aumentó la sensibilidad de los camarones a los efectos tóxicos del amoníaco. La concentración letal de amoníaco a las 72 horas en la condición de salinidad normal (30 ppt) fue de 32 mg/L, que es significativamente mayor que el valor de 18 mg/L observado en la condición de baja salinidad (5 ppt).

El tiempo de supervivencia promedio de todos los individuos bajo estrés de amoníaco agudo en la condición de salinidad normal fue de 36.61 horas, que es sustancialmente mayor que las 24.80 horas observadas en la condición de baja salinidad, y el tiempo de supervivencia promedio de la mayoría de las familias bajo estrés de amoníaco en la condición de salinidad normal fue significativamente mayor que en la condición de baja salinidad. Las mortalidades acumuladas de las familias en la condición de salinidad normal fueron significativamente más bajas que las de la condición de baja salinidad en cada punto de muestreo. Estos resultados indicaron que la baja salinidad aumentó la toxicidad del estrés por amoníaco para los camarones, lo que es consistente con los resultados de estudios previos. Nuestros resultados sugieren que la selección de camarones tolerantes al amoníaco debe realizarse en la etapa inicial y en agua de baja salinidad.

Estimamos la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco de los camarones con un peso corporal promedio de 0.5 gramos bajo estrés de amoníaco en condiciones normales y de baja salinidad. Las estimaciones de heredabilidad bajo estrés de amoníaco en los dos niveles de salinidad fueron significativamente mayores que las informadas en el estudio anterior, lo que indica que mejorar la tolerancia al amoníaco de los camarones mediante la selección realizada en la etapa inicial podría ser bastante ventajoso.

Después de este experimento, se realizó un experimento de infección por el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) con las poblaciones sensibles al amoníaco y tolerantes al amoníaco para detectar la relación entre la tolerancia al amoníaco y la resistencia al WSSV. Los resultados revelaron que la población tolerante al amoníaco también exhibió una resistencia significativamente mayor al WSSV que la población sensible al amoníaco. Los camarones tolerantes al amoníaco pueden mejorarse en gran medida debido a la alta heredabilidad, que podría proporcionar un método alternativo para reducir la mortalidad, ayudar a mejorar la resistencia a los patógenos y reducir las enfermedades infecciosas.

Detectamos una fuerte correlación positiva entre la longitud del cuerpo y la tolerancia al amoníaco consistente con estudios previos. La fuerte correlación positiva entre el tamaño corporal y la tolerancia al amoníaco sugiere que es necesario seleccionar camarones tolerantes al amoníaco durante la etapa inicial, y que la selección de alto crecimiento no afectará negativamente el rendimiento de la tolerancia al amoníaco en los camarones.

Las interacciones $G \times E$ se refieren a genotipos que responden de manera diferente en diferentes entornos y, por lo tanto, dan como resultado diferentes rendimientos. Las correlaciones genéticas entre entornos que son significativamente diferentes de 1 indican la existencia de efectos de re-clasificación, es decir, genotipos que deberían clasificarse de manera diferente en diferentes entornos. En general, la selección de un rasgo en acuicultura siempre se realiza en el entorno principal; por ejemplo, la tolerancia al amoníaco se seleccionaría típicamente en condiciones normales de salinidad. Sin embargo, la descendencia del excelente camarón obtenido de la selección se transfiere a diferentes entornos de producción comercial en la mayoría de los casos.

En nuestro estudio, detectamos un fuerte efecto de re-clasificación (es decir, una baja correlación genética) para la tolerancia al amoníaco entre los diferentes niveles de salinidad, lo que sugiere que la salinidad puede influir significativamente en la ventaja genética de la tolerancia al amoníaco. Además, las correlaciones genéticas entre los entornos disminuirían junto con los aumentos en las diferencias entre los entornos. Cuando existe una fuerte interacción $G \times E$ para un rasgo, es mejor realizar la selección en múltiples entornos, como el entorno del núcleo y otros entornos de producción. Por lo tanto, los programas de mejoramiento en camarones para la tolerancia al amoníaco a salinidades específicas deben implementarse a propósito.

Perspectivas

Con base en nuestros resultados, primero reportamos la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en juveniles en la etapa temprana y la interacción $G \times E$ entre la salinidad normal y baja, para explorar el potencial para mejorar la tolerancia al amoníaco en camarones por selección. Los resultados revelaron que la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco era de media a alta en juveniles de *L. vannamei*, lo que sugiere que se podrían obtener ganancias

genéticas rápidas en términos de tolerancia al amoníaco al aumentar la intensidad de selección en nuestro programa de cría selectiva. Sin embargo, la heredabilidad de la tolerancia al amoníaco en la condición de salinidad normal fue significativamente mayor que en la condición de baja salinidad.

Además, se detectó una fuerte interacción $G \times E$ para la tolerancia al amoníaco entre la salinidad normal y las condiciones de baja salinidad, lo que sugiere que los programas de mejoramiento para la tolerancia al amoníaco en camarones para salinidades específicas deberían implementarse a propósito, y que el ambiente normal de salinidad es una mejor opción basada en la tasa más rápida de mejora genética debido a una mayor heredabilidad.

También, que la corrección positiva significativa y fuerte entre la tolerancia al amoníaco y el tamaño corporal sugiere que los camarones tolerantes al amoníaco deben seleccionarse en la etapa inicial.

Referencias disponibles del autor correspondiente.

Nota del editor: este artículo tiene 11 autores (mencionados en la sección de palabras clave), pero solo se enumera la afiliación y la información de contacto del autor correspondiente.

Siga al *Advocate* en Twitter [@GAA_Advocate](https://twitter.com/GAA_Advocate) (https://twitter.com/GAA_Advocate).

Author



DR. JIE KONG

Key Laboratory of Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources
Ministry of Agriculture
Yellow Sea Fisheries Research Institute
Chinese Academy of Fishery Sciences
Qingdao, China
Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes
Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology
Qingdao, China

kongjie@ysfri.ac.cn (<mailto:kongjie@ysfri.ac.cn>).

Copyright © 2016–2019 Global Aquaculture Alliance

All rights reserved.