https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-9 Тип статьи: оригинальная
УДК: 636.934.571 Type of article: original

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ТИПА САМЦОВ АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ С АКТИВНОСТЬЮ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ

Алексеева З.Н., Некрасова М.А., (✉)Степанова М.А.
Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия
(✉)e-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Доместикация американской норки (*Neovison vison*) приводит к проявлению такого признака, как ручное поведение. Отбор животных по этому признаку весьма привлекателен с позиций товарного производства. Поскольку работа с хищниками достаточно сложна, то селекция на ручное поведение представляется актуальной. Существует предположение, что гены, контролирующие поведение, в силу плейотропного действия могут быть вовлечены в процессы синтеза пищеварительных ферментов, что может приводить к снижению характеристик продуктивности. В связи с этим были проведены эксперименты по определению ферментативной активности протеаз, липаз и α-амилаз у особей агрессивного и ручного поведения. Установлено, что у агрессивных линий самцов американской норки активность протеаз и липаз выше, чем у ручных, тогда как амилолитическая активность у ручных зверей выше, чем у агрессивных.

Ключевые слова: американская норка, протеаза, липаза, амилаза, ручные норки, агрессивные норки, желудочно-кишечный тракт

RELATIONSHIP BETWEEN THE BEHAVIORAL TYPE OF AMERICAN MINK MALES AND THE ACTIVITY OF DIGESTIVE ENZYMES

Alekseeva Z.N., Nekrasova M.A., (✉)Stepanova M.A.
Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia
(✉)e-mail: stepanova_maria98@mail.ru

The domestication of the American mink (*Neovison vison*) leads to the manifestation of such a trait as “tame” behavior. The selection of animals on this basis seems to be very attractive from the standpoint of commodity production. Since work with predators is rather complicated, selection for the “tame” behavior of animals seems relevant. Assuming that the genes that control behavior, due to their pleiotropic action, can be involved in the synthesis of digestive enzymes, which can lead to a decrease in productivity characteristics. In this respect, experiments were carried out to determine the enzymatic activity of proteases, lipases, and α-amylases in aggressive and tame animals. It has been established that the activity of proteases and lipases is higher in aggressive lines of American mink males than in the tame ones, while the amylolytic activity in tame animals is higher than in the aggressive ones.

Keywords: American mink, protease, lipase, amylase, tame minks, aggressive minks, gastrointestinal tract

Для цитирования: *Алексеева З.Н., Некрасова М.А., Степанова М.А.* Взаимосвязь поведенческого типа самцов американской норки с активностью пищеварительных ферментов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 7. С. 73–79. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-9

For citation: Alekseeva Z.N., Nekrasova M.A., Stepanova M.A. Relationship between the behavioral type of American mink males and the activity of digestive enzymes. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 7, pp. 73–79. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-9

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

По мере одомашнивания у диких животных меняются многие присущие им свойства. Так, недоверчивость и злобность по отношению к человеку переходят в толерантность и дружелюбность у определенной части популяции. В любой дикой популяции есть крайне агрессивные, умеренно агрессивные и легко приручаемые особи [1]. В основе реакций, обусловливающих ответ на внешние сигналы, лежит активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпатоадреналовой систем[1] [2].

При клеточном разведении норок отбор особей более спокойного (ручного) типа сопровождается перестройкой многих систем и функций в их организме: от нервной и гормональной [1–3] до пищеварительной[2] [4, 5]. Установлено, что селекция американской норки на ручное поведение приводит к изменению окраски, роста и развития щенков, содержания серотонина и катехоламинов в коре головного мозга животных [5].

Известно, что перевод хищников с естественного питания на легкоусвояемые мясо-рыбные фарши достаточно часто становится причиной перестройки их желудочно-кишечного тракта как морфологически[3] [6], так и функционально [6–8]. Например, у некоторых видов увеличилась длина кишечника с тем, чтобы увеличилось время переваривания пищи с меньшим содержанием белка. У псовых мутациям подверглись гены, отвечающие за метаболизм липидов и углеводов. Однако исследований по влиянию поведения зверей на физиологию желудочно-кишечного тракта крайне недостаточно.

Нами замечено, что при выращивании молодняка норки на одном и том же рационе показатели роста у самцов агрессивного типа были выше в среднем на 16% по сравнению с представителями ручного типа. Кроме того, агрессивные самцы съедали корма на 3% больше. При этом между самками ручного и агрессивного типов по поедаемости корма и среднесуточному приросту различий не отмечалось.

С учетом того, что поедаемость корма связана с перевариваемостью питательных веществ, а перевариваемость определяется активностью ферментов желудочно-кишечного тракта, была предпринята попытка определить активность протеаз, липаз и амилаз в пищеварительном тракте агрессивных и ручных самцов, что и представляло цель настоящей работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на экспериментальной звероводческой базе Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук. Объектом изучения являлись самцы американской норки (*Neovison vison*) с агрессивным и ручным поведением генотипа Standard dark brown (+/+) клеточного разведения. Отбор по реакции на человека проводили по методике «hand catch test» [9]. Животные, получившие от +3 до +6 баллов, отличались миролюбивым отношением к человеку, набравшие от −1 до −4 баллов проявляли агрессию (см. рис. 1). Необходимо отметить, что при специальном отборе по оборонительной реакции на человека возникло *de novo* уникальное ручное поведение, когда звери сами проявляют активность по отношению к человеку и исследуют его руку. Такие особи по балльной системе оцениваются в (+6) баллов.

В результате для исследования были отобраны четыре группы самцов норки 11-месячного возраста (см. табл. 1).

Звери, уровень агрессивности которых составляет (−2) балла, атакуют руку из укрытия, (−3) – атакуют независимо от укрытия, (+3) – проявляют любопытство, не прячутся, тянутся мордочкой к рукам, (+6) – без страха идут к рукам, готовы к контакту с человеком.

[1] *Belyaev D.K.* Destabilizing selection as a factor in domestication // Journal of Heredity. 1979. Vol. 70. N 5. P. 301–308.

[2] *Trapezov O.V.* Behavioural polymorphism in defensive behaviour towards man in farm raised mink (*Mustela vison* Schreber, 1777) // Scientifur. 2000. Vol. 24. N 2. P. 103–109.

[3] *Kitchener A.* The Scottish Wildcat – a cat with an identity crisis? // British Wildlife. 1998. N 9. P. 232–242.

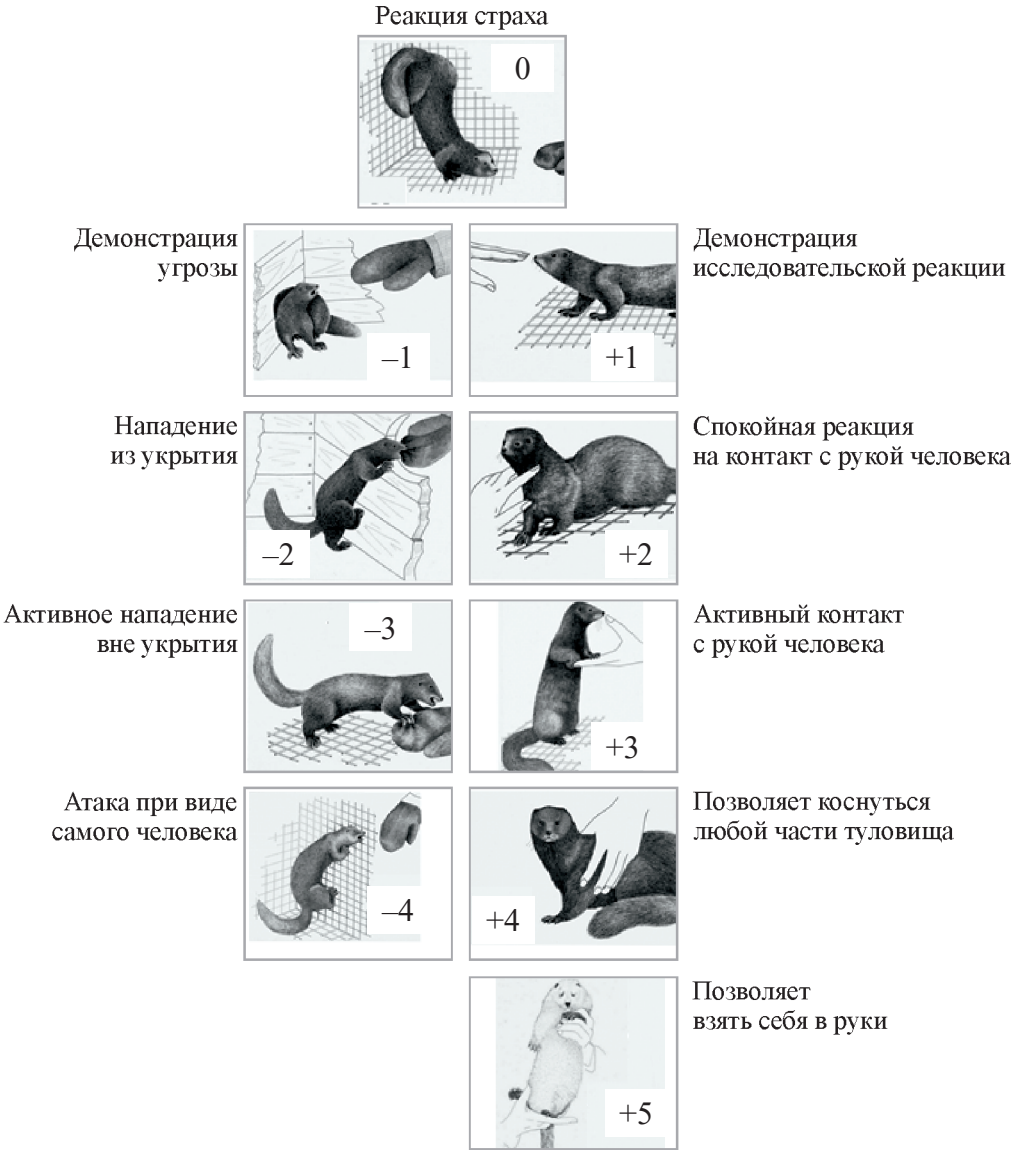

Рис. 1. Оценка оборонительной реакции самцов норки на человека в баллах

Fig. 1. Evaluation of the defensive reaction of male minks to humans in points

Табл. 1. Схема опыта

Table 1. Scheme of the experiment

Группа	Балл агрессивности	Количество голов в группе	Рацион кормления	Определяемые показатели
1-я – агрессоры	−3	10	Общий	1) общая протеолитическая активность, мкмоль/мин; 2) липолитическая активность, мкмоль/мин; 3) амилолитическая активность, мг мин/г
2-я – агрессоры	−2	10	»	
3-я – ручные	+3	10	»	
4-я – ручные	+6	10	»	

Оценку активности пищеварительных ферментов проводили на базе Карельского научного центра Российской академии наук (г. Петрозаводск). Определяли общую протеолитическую активность (ОПА), активность липазы и амилазы в поджелудочной, двенадцатиперстной и тощей кишках с использованием спектрофотометрии.

ОПА определяли по приросту тирозина при гидролизе гемоглобина, активность липазы – по приросту глицерина при гидролизе трибутирина, α-амилазы – по убыли крах-

мала по методу Смита и Роя в модификации [10]. Активность ферментов выражается скоростью гидролиза продуктов, на которые воздействовали ферментом. Полученные материалы обработаны с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что общая протеолитическая активность желудочно-кишечного тракта норок с разным поведением значительно различается (см. рис. 2, *а*).

Как у ручных, так и у агрессивных особей максимально высокая активность протеаз характерна для поджелудочной железы со снижением в двенадцатиперстной и тощей кишках. При этом показатели общей протеолитической активности у агрессивных зверей значительно выше, чем у ручных: в поджелудочной железе 95–105 мкмоль/мин против 85–87 мкмоль/мин, в двенадцатиперстной кишке – 8–10 мкмоль/мин против 4–5 мкмоль/мин. Однако в тощей кишке активность протеаз у ручных животных была выше на 14,3–16,7%, чем у агрессивных. Возможно, это связано с тем, что агрессивные особи сохраняют свой «дикий» тип благодаря характеру питания, при котором основным питательным веществом является белок, а высокая скорость прохождения корма через кишечник обеспечивает их энергией лишь при максимальной активности гидролиза питательного вещества в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта[4, 5] [11].

Аналогичная закономерность отмечена и при оценке активности липазы (см. рис. 2, *б*). Липолитическая активность поджелудочной железы у агрессивных самцов выше, чем у ручных из 3-й группы, на 30,5%, из 4-й – на 69,2%. В двенадцатиперстной кишке активность липазы снижается до 0,4–0,45 мкмоль/мин у агрессивных зверей и до 0,25–0,15 мкмоль/мин у ручных. Следует отметить, что различий в липолитической активности у животных раз-

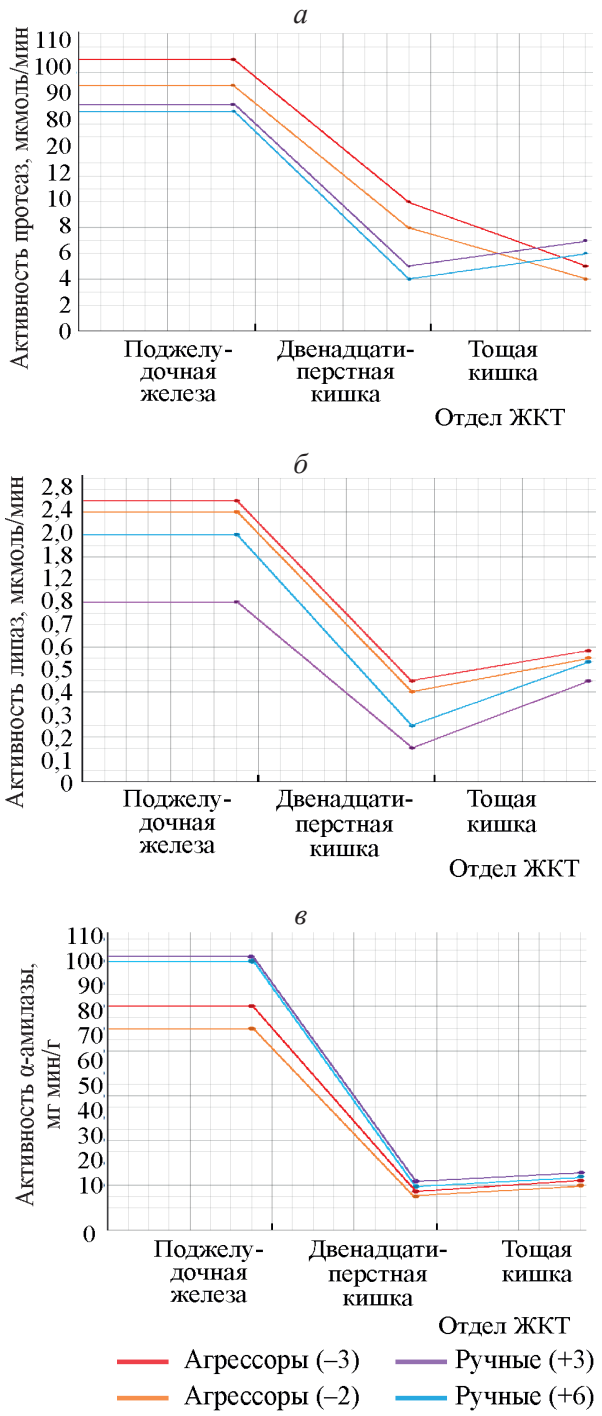

Рис. 2. Общая протеолитическая активность (*а*), активность липаз (*б*) и α-амилазы (*в*) желудочно-кишечного тракта у норок разного поведенческого типа

Fig. 2. Total proteolytic activity (*a*), lipase (*б*) and α-amylase (*в*) activity of the gastrointestinal tract in minks of different behavioral types

[4]*Skrede A., Berge G.M., Storebakken T., Herstad O., Aarstad K.G., Sundstol F.* Digestibility of bacterial protein grown on natural gas in mink, pigs, chicken and Atlantic salmon // Animal Feed Science and Technology. 1998. Vol. 76. N 1-2. P. 103–116.

[5]*Buddington R.K., Malo C., Sangild P.T., Elnif J.* Intestinal transport of monosaccharides and amino acids during postnatal development of mink // American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2000. Vol. 279. N 6. P. 2287–2296.

ной степени агрессивности (−2 и −3) не отмечено, тогда как группа (+3) характеризуется большей активностью, чем группа (+6), особенно в поджелудочной железе.

Амилолитическая активность ферментов для практической деятельности звероводов представляет реальный интерес, так как именно амилаза гидролизует корма растительного происхождения, расщепляя сахара и крахмал. В связи с этим увеличение доли зерновых в рационе животных без ущерба для продуктивных качеств представляется выгодной идеей.

Данные амилолитической активности самцов норки разного поведенческого типа представлены на рис. 2, *в*.

Активность α-амилазы у ручных самцов оказалась на 22,7% выше в поджелудочной железе. В двенадцатиперстной и тощей кишках не отмечено различий в активности амилазы как между 1-й и 2-й группами (агрессоры), так и между 3-й и 4-й (ручные), а также между линиями «агрессоры – ручные». Наблюдалась лишь тенденция к увеличению активности амилазы в тощей кишке у представителей 4-й группы.

Известен тот факт, что амилолитическая активность у плотоядных животных низкая, однако при постоянном включении в их рацион концентрированных зерновых кормов активность амилолитических ферментов увеличивается[6, 7] [12, 13]. В настоящем эксперименте это подтверждается лишь в отношении ручных зверей.

Таким образом, у агрессивных самцов отмечается более высокая активность протеаз и липаз (особенно в поджелудочной железе), у ручных – α-амилазы. Этим объясняется более активный рост агрессивного молодняка, так как для плотоядных биологическая ценность гидролизуемого белка выше, чем ценность углеводов. Высокая липолитическая активность обеспечивает зверей необходимой энергией. Зависимость роста самцов от их поведенческого типа отражена в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что агрессивные самцы на момент рождения имели большую массу, чем самцы доместикационного, или ручного, поведения.

Табл. 2. Влияние поведенческого типа на рост самцов американской норки

Table 2. Effects of behavioral type on the growth of male American minks

Группа	Живая масса, г		
	при рождении	при отъеме	в 11-месячном возрасте
1-я	7,9 ± 0,18	619,5 ± 17,8	2030,0 ± 28,3
2-я		559,2 ± 8,1	2006,2 ± 14,9
3-я	6,9 ± 0,19	569,9 ± 27,7	1892,7 ± 68,5
4-я		523,7 ± 15,8	1987,7 ± 36,2

При отсадке молодняка в возрасте 7 нед наблюдали отличие в массе по крайним формам проявления агрессивного и ручного поведения (−3 и +6) – разница составила 95,8 г в среднем на голову.

Аналогичная ситуация зафиксирована и в 24-недельном возрасте. Самцы с проявлением крайней формы агрессивного поведения (−3) были тяжелее ручных самцов (+6) на 42,3 г. Масса животных с умеренной агрессивностью (−2) на 114,2 г превышала массу ручных самцов (+3).

Полученные результаты подтверждают доминирование в массе агрессивных самцов над самцами с ручным типом поведения с момента рождения до достижения половой зрелости.

ВЫВОДЫ

1. Наивысшую активность протеаз как у ручных, так и у агрессивных норок наблюдали в поджелудочной железе со снижением показателя в двенадцатиперстной и тощей кишках. При этом общая протеолитическая активность у агрессивных особей значительно превосходила активность у ручных животных.

2. Липолитическая активность поджелудочной железы у агрессивных самцов была выше, чем у ручных. Более того, различий в липолитической активности у зверей разной степени агрессивности (−2 и −3) не выявле-

[6] *Таранов М.Т., Сабиров А.Х.* Биохимия кормов: монография. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

[7] *Бургер А.* О кормлении домашних животных: монография. М.: Биоинформсервис, 1997. 190 с.

но, однако группа ручных животных (+3) характеризовалась большей активностью, чем группа (+6), особенно в поджелудочной железе.

3. Активность α-амилазы была выше у ручных самцов норки в поджелудочной железе. В двенадцатиперстной и тощей кишках не выявлено различий в активности амилазы как между 1-й и 2-й группами (агрессоры), так и между 3-й и 4-й (ручные), наблюдалась лишь тенденция к увеличению активности амилазы в тощей кишке у ручных зверей (+6).

4. Оценка динамики средней живой массы самцов позволила выявить отличия в массе по крайним формам поведения (−3 и +6 баллов). На момент рождения агрессивные самцы имели большую массу, чем ручные. Как при отсадке, так и в возрасте 11 мес ручные животные также уступали по живой массе агрессивным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Eusebi P.G., Sevane N., O'Rourke T., Pizarro M., Boeckx C., Dunner S.* Gene expression profiles underlying aggressive behavior in the prefrontal cortex of cattle // BMC genomics. 2021. Vol. 22. N 1. P. 1–14.
2. *Albert F.W., Shchepina O., Winter C., Römpler H., Teupser D., Palme R., Pääbo S.* Phenotypic differences in behavior, physiology and neurochemistry between rats selected for tameness and for defensive aggression towards humans // Hormones and behavior. 2008. Vol. 53. N 3. P. 413–421.
3. *Giammanco M., Tabacchi G., Giammanco S., Di Majo D., La Guardia M.* Testosterone and aggressiveness // Medical Science Monitor. 2005. Vol. 11. N 4. P. 136–145.
4. *Wilkins A.S., Wrangham R.W., Fitch W.T.* The «domestication syndrome» in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics // Genetics. 2014. Vol. 197. N 3. P. 795–808.
5. *Некрасова М.А., Алексеева З.Н., Трапезова Л.И., Трапезов О.В.* Поведение и оплата корма на примере американской норки (*Neovison vison*) // Кролиководство и звероводство. 2019. № 3. С. 32–36.
6. *Axelsson E., Ratnakumar A., Arendt M.L., Maqbool K., Webster M.T., Perloski M., Lindblad-Toh K.* The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet // Nature. 2013. Vol. 495. P. 360–364.
7. *Gugolek A., Strychalski J., Konstantynowicz M., Zwolinski C.* Comparative analysis of nutrient digestibility and nitrogen retention in wild and farmed canids // Annals of Animal Science. 2014. Vol. 14. N 2. P. 307.
8. *Veenema A.H., Cremers T.I., Jongsma M.E., Steenbergen P.J., de Boer S.F., Koolhaas J.M.* Differences in the effects of 5-HT1A receptor agonists on forced swimming behavior and brain 5-HT metabolism between low and high aggressive mice // Psychopharmacology. 2005. Vol. 178. N 2. P. 151–160.
9. *Kulikov A.V., Bazhenova E.Y., Kulikova E.A., Fursenko D.V., Trapezova L.I., Terenina E.E., Trapezov O.V.* Interplay between aggression, brain monoamines and fur color mutation in the American mink // Genes, Brain and Behavior. 2016. Vol. 15. N 8. P. 733–740.
10. *Pajic P., Pavlidis P., Dean K., Neznanova L., Romano R.A., Garneau D., Gokcumen O.* Independent amylase gene copy number bursts correlate with dietary preferences in mammals // eLife. 2019. N 8. P. 44628.
11. *Eisert R.* Hyper carnivory and the brain: protein requirements of cats reconsidered // Journal of Comparative Physiology. 2011. Vol. 181. N 1. P. 1–17.
12. *Свечкина Е.Б., Тютюнник Н.Н.* Изменение в ходе промышленной доместикации активности пищеварительных ферментов у различных генотипов американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) // Информационный вестник Вавиловского общества генетиков и селекционеров. 2007. Т. 11. № 1. С. 99–108.
13. *Вертипрахов В.Г., Тесаривская Т.Б.* Влияние добавки гороха на секреторную функцию поджелудочной железы кур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 111–115.

REFERENCES

1. Eusebi P.G., Sevane N., O'Rourke T., Pizarro M., Boeckx C., Dunner S. Gene expression profiles underlying aggressive behavior in the prefrontal cortex of cattle. *BMC genomics*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 1–14.
2. Albert F.W., Shchepina O., Winter C., Römpler H., Teupser D., Palme R., Pääbo S. Phenotypic differences in behavior, physiology and neurochemistry between rats selected for tameness and for defensive aggression towards hu-

mans. *Hormones and behavior*, 2008, vol. 53, no. 3, pp. 413–421.
3. Giammanco M., Tabacchi G., Giammanco S., Di Majo D., La Guardia M. Testosterone and aggressiveness. *Medical Science Monitor*, 2005, vol. 11, no. 4, pp. 136–145.
4. Wilkins A.S., Wrangham R.W., Fitch W.T. The «domestication syndrome» in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. *Genetics*, 2014, vol. 197, no. 3, pp. 795–808.
5. Nekrasova M.A., Alekseeva Z.N., Trapezova L.I., Trapezov O.V. On the role of behavior in the payment for food in American mink (*Neovison vison*). *Krolikovodstvo i zverovodstvo = Krolikovodstvo i Zverovodstvo*, 2019, no. 3, pp. 32–36. (In Russian).
6. Axelsson E., Ratnakumar A., Arendt M.L., Maqbool K., Webster M.T., Perloski M., Lindblad-Toh K. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature*, 2013, vol. 495, pp. 360–364.
7. Gugolek A., Strychalski J., Konstantynowicz M., Zwolinski C. Comparative analysis of nutrient digestibility and nitrogen retention in wild and farmed canids. *Annals of Animal Science*, 2014, vol. 14, no. 2, pp. 307.
8. Veenema A.H., Cremers T.I., Jongsma M.E., Steenbergen P.J., de Boer S.F., Koolhaas J.M. Differences in the effects of 5-HT1A receptor agonists on forced swimming behavior and brain 5-HT metabolism between low and high aggressive mice. *Psychopharmacology*, 2005, vol. 178, no. 2, pp. 151–160.
9. Kulikov A.V., Bazhenova E.Y., Kulikova E.A., Fursenko D.V., Trapezova L.I., Terenina E.E., Trapezov O.V. Interplay between aggression, brain monoamines and fur color mutation in the American mink. *Genes, Brain and Behavior*, 2016, vol. 15, no. 8, pp. 733–740.
10. Pajic P., Pavlidis P., Dean K., Neznanova L., Romano R.A., Garneau D., Gokcumen O. Independent amylase gene copy number bursts correlate with dietary preferences in mammals. *eLife*, 2019, no. 8, pp. 44628.
11. Eisert R. Hyper carnivory and the brain: protein requirements of cats reconsidered. *Journal of Comparative Physiology*, 2011, vol. 181, no. 1, pp. 1–17.
12. Svechkina E.B., Tyutyunnik N.N. Changes in the activity of digestive enzymes in various genotypes of the American mink during industrial domestication (*Mustela vison* Schreber, 1777). *Informatsionniy vestnik VOGiS = VOGiS Herald*, 2007, vol. 11, no. 1, pp. 99–108. (In Russian).
13. Vertiprakhov V.G., Tesarivskaya T.B. Pea additive influence of the hen pancreas secretary function. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*, 2011, no. 4, pp. 111–115. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеева З.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Некрасова М.А., аспирант

(✉)**Степанова М.А.,** аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: stepanova_maria98@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Zinaida N. Alekseeva, Doctor of Science in Agriculture, Professor

Maria A. Nekrasova, Post-graduate Student

(✉)**Maria A. Stepanova,** Post-graduate Student; **address:** 160, Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.02.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 03.04.2023
Дата публикации / Published 21.08.2023