

3. Смирнов В.А., Королев Е.В., Данилов А.М., Круглова А.Н. Фрактальный анализ микроструктуры наномодифицированного композита // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2011. № 5. С. 78–86.
4. Мельник М.А. Фрактальный анализ извилистости рек (на примере томской области) // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 335. С. 168–176.
5. Казначеева А.О. Фрактальный анализ зашумленности магнитно-резонансных томограмм // Альманах современной науки и образования. 2013. № 2 (69). С. 73–76.
6. Виноградова А.А., Казначеева А.О., Мусалимов В.М. Фрактальный анализ томограмм головного мозга // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 12. С. 14–19.
7. Крылов А.К. Фрактальный анализ активности нейронов и поведения модели // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2011. Т. 19. № 6. С. 109–116.
8. Антипов О.И., Захаров А.В. Фрактальный метод определения границы бодрствования и сна // Сборник материалов Международной научной конференции «Современная клиническая медицина: изучение этиологии и патогенеза заболеваний, разработка методов их профилактики, диагностики и лечения». 2013. С. 135–139.
9. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. San Francisco: W.H. Freeman, 1982. 470 p.
10. Хьюбел Д. Мозг / Мозг (пер. с англ.). М.: Мир, 1984. С. 9–30.
11. Коган А.Б. Функциональная организация нейронных механизмов мозга. Л.: Мед., 1979. 224 с.
12. Цырлин В.А. Влияние нейротропных средств на интрацентральные взаимоотношения различных уровней регуляции артериального давления // Нейрофизиология процессов центрального регулирования. Л.: 1-ый Лен. мед. инст. 1969. С. 331–387.
13. Боголепова И.Н. Строение и развитие гипоталамуса человека. Л.: Медицина, 1968. 176 с.
14. Weibel E.R. Fractal geometry – a design principle for living organisms. American Journal of Physiology/ 1991, 261. P. 361–369.
15. Коуэн У. Развитие мозга / Мозг (пер. с англ.). М.: Мир, 1984. С. 113–139.
16. Макаренко Н.Г. Фракталы, аттракторы, нейронные сети и все такое // Научная сессия МИФИ-2002. IV всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2002»: лекции по нейроинформатике. Часть 2. М.: МИФИ, 2002. 172 с.

FRactal Organization of the Animal and Man Brain Nuclei

© 2014

S.L. Molchatsky, Candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of Department of Chemistry, Geography and Their Teaching Methodology
Samara State Academy of Social Sciences and Humanities, Samara (Russia)

Annotation: The article presents the fractal cluster analysis of the ventromedialis and lateralis hypothalamus nuclei in hypothalamus of the cat and man brain. It proves that the clusters of the brain nuclei of both cat and man are monofractals with different fractal dimensions. The nuclei themselves are multifractals. Estimating the fractal dimensions of the clusters mentioned above results in identifying their structural similarities and differences.

Keywords: fractal; fractal dimension; fractal analysis; ventromedialis nucleus; lateralis hypothalamus nucleus.

УДК 378.14

МОНГОЛЬСКАЯ ПЕСЧАНКА КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИКИ В ВУЗЕ

© 2014

И.В. Наливайко, кандидат педагогических наук, доцент кафедры ботаники, общей биологии, экологии и биоэкологического образования

Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, Самара, (Россия)

Аннотация: В статье рассматривается возможность формирования специальных компетенций студентов вузов по генетике при изучении наследования признака окраса шерсти у монгольской песчанки. Приводятся примеры разработанных студентами схем скрещиваний животных определенного фенотипа, анализа генотипов при полигибридном скрещивании с применением программы Microsoft Office Excel, задач по генетике монгольской песчанки.

Ключевые слова: генетика; студенты; специальные компетенции; фенотип; генотип; схемы скрещиваний; генетические задачи.

Целью ООП бакалавриата по направлению подготовки 050100.62 Педагогическое образование (профили «Биология и Химия») [1] является развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных, профессиональных и специальных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВПО [2] и примерных образовательных программ [3]. Реализация ООП осуществляется на основе компетентностного подхода. Специальными биологическими компетенциями генетики являются:

- владение основными биологическими понятиями, знаниями биологических законов и явлений (СКБ-1);
- способность ориентироваться в вопросах биохимического единства органического мира, молекулярных основах наследственности, изменчивости и методах генетического анализа (СКБ-4);
- владение знаниями о закономерностях развития

органического мира (СКБ-5);

- способность применять биологические и экологические знания для анализа прикладных проблем хозяйственной деятельности (СКБ-7).

Формирование специальных биологических компетенций на базе основных разделов классической и современной генетики осуществляется во время аудиторных занятий (лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 34 часа), самостоятельной работы – 54 часа и экзаменационных часов – 36. Освоение генетических законов наследования проводится на основе рекомендованного учебно-методического материала [4; 5; 6], выполнения традиционных лабораторных работ, решения генетических задач, включающих примеры модельных объектов генетики.

Модельными объектами генетических исследований являются виды живых организмов, содержание которых в лабораторных условиях не вызывает особых

трудностей (*Escherichia coli*, *Tetrahymena thermophila*, *Arabidopsis thaliana*, *Caenorhabditis elegans*, *Drosophila melanogaster*, *Mus musculus* и другие). На наш взгляд, объектом при изучении дисциплины «Генетика» может стать монгольская песчанка *Meriones unguiculatus* Milne-Edwards.

При кафедре ботаники, общей биологии, экологии и биоэкологического образования с сентября 2012 года действует виварий, в котором разводятся грызуны. Они удобны в содержании, кормлении и уходе, легко размножаются в лабораторных условиях и являются объектом морфофизиологических и этологических исследований студентов [7; 8]. Многообразие окрасов шерсти у монгольской песчанки может способствовать выбору темы исследовательской внеаудиторной работы по изучению генетики грызунов.

В начале исследования студентами изучаются литературные источники и ресурсы Интернет по генетике и хронологии возникновения мутаций у монгольской песчанки. Окрас шерсти – фенотипический признак, доступный для визуального осмотра: можно определить основной окрас шерсти, наличие тикинга (неравномерный окрас шерстинки по всей её длине), сплошной окрас или белый (светлый) живот, наличие или отсутствие белых пятен и вкраплений в основном окрасе, которые располагаются на голове, шее (воротничок Pied), животе и хвосте. Дикие монгольские песчанки имеют окрас Golden Agouti, который помогает им внешне сливаться с окружающей средой. Содержание в неволе устраняет необходимость в маскировке, а также защите от экстремальных климатических условий. В одомашненных популяциях возникают мутации, которые закрепляются и постепенно фенотип монгольской песчанки изменяется.

Современные представления о закономерностях наследования данного признака показывают его полигенный характер. Студентам необходимо осмыслить роль каждого из семи генов *A*, *C*, *D*, *E*, *G*, *P* и *Sp* в формировании признака и разобраться в наименованиях окрасов шерсти: Golden Agouti, Black, Argente Golden, Lilac и другие. В одомашненных популяциях насчитывается порядка сорока окрасов шерсти у монгольской песчанки. Например, фенотип Golden Agouti можно описать так: основной цвет шерсти мягко красновато-золотой, шерсть по бокам и задней части тела животного равномерно содержит черные волоски серые в корне. мех живота белый, четко видна граница между ним и основным окрасом особи. Хвост имеет ту же окраску, что и тело, но по нему проходит четкая полоска черных волосков, которая оканчивается в черной кисточке. Радужная оболочка глаз черная, глаза окружены серыми волосками. Генотип Golden Agouti: $A^*C^*E^*G^*P^*$ [9].

После выявления фенотипических характеристик монгольских песчанок можно приступить к определению генотипа животных, содержащихся в виварии, а также определить возможность выведения животных, отличных от окрасов шерсти родительских пар. Генетический анализ следует проводить в классическом варианте: от фенотипа к генотипу. Освоение методики необходимо осуществлять через анализ отдельных особей. Например, в виварии содержатся животные окраса Golden Agouti (самки №№ 6, 7, 8, 14, 35, 37 и самец № 36) и Golden Agouti Pied (самки № 17, самцы №№ 15, 16, 18). Согласно современным представлениям генотипы монгольских песчанок окраса Golden Agouti – $A^*C^*E^*G^*P^*spsp$; Golden Agouti Pied – $A^*C^*E^*G^*P^*Spsp$.

В лаборатории содержатся особи, генотип которых может быть как в гомо-, так и в гетерозиготном состоянии. Таких животных необходимо скрестить с особью, несущей рецессивный признак (генотип по определяемому гену однозначен – *aa*, *cc*, *pp*). По сути, провести анализирующее скрещивание, для осуществления кото-

рого необходимо выявить такие фенотипы грызунов, генотипы которых несут данные гены (в действительности один-два гена) в рецессивном гомозиготном состоянии. К ним относятся: Black (генотип – $aaC^*E^*G^*P^*spsp$), Lilac (генотип – $aaCCE^*G^*pp$), Burmese (генотип – $aac(b)c(b)E^*G^*P^*spsp$). Анализ скрещиваний фактически сводится к выполнению методической задачи: определить генотип родительской пары по потомству. Данная задача решается через выполнение определенных операций по написанию предполагаемого генотипа по фенотипу родительской пары по принципу полигибридного скрещивания (рисунок 1).

P	♀ № 6 $AaC^*E^*G^*P^*$ Золотой Агути (Golden Agouti)	×	♂ № 11 $aaCCE^*G^*pp$ Лилак (Lilac)	×	♀ № 8 $AaC^*E^*G^*P^*$ Золотой Агути (Golden Agouti)
G	$ACEGP, aCEGP, \dots$ от 2 до 32 типов		$aCEGP, \dots$ от 1 до 4 типов		$ACEGP, aCEGP, \dots$ от 2 до 32 типов
F ₁	Золотой Агути: $AaC^*E^*G^*Pp$ 8 щенков		Чёрный: $aacC^*E^*G^*Pp$ 10 щенков		Золотой Агути: $AaC^*E^*G^*Pp$ 7 щенков
					Чёрный: $aacC^*E^*G^*Pp$ 4 щенков

Рисунок 1. Определение генотипа родительских пар (самка № 6 и самец № 11; самка № 8 и самец № 11) по потомству

Необходимый этап в решении задачи – написание типов гамет, возможных их сочетаний; определение соответствующих этим сочетаниям фенотипов потомства при полигибридном скрещивании, которые проявляют равную вероятность. Для выполнения действий удобно применять решетку Пеннета, которая в случае дигибридного скрещивания имеет шестнадцать ячеек. В случае скрещивания гетерозиготных по пяти генам животных окраса Golden Agouti (генотип $AaCcEeGgPp$, может образовать 32 типа гамет (2^5)) с гетерозиготной по двум генам особью окраса Lilac (генотип $aaCCEeGgpp$, может образовать 4 типа гамет (2^2)) она будет состоять из ста двадцати восьми ячеек. Ручным способом составить и проанализировать многообразие вариантов генотипов и фенотипов потомства данной пары достаточно затруднительно. Рекомендуется воспользоваться электронным табличным процессором Microsoft Office Excel 2013 и его макросом, который выводит все возможные варианты генотипов, и то количество раз, сколько они встречаются в таблице [10]. Например, с помощью данного процессора можно установить 72 генотипа потомков и 17 фенотипов, расщепление которых составит для рассматриваемого примера скрещивания следующие соотношения: Golden Agouti: Argente Golden: Black: Lilac: Sapphire: Grey Agouti: Ivory Cream: Slate: Red/Pink Eyed White: Dark Eyed Honey: Red Eyed Honey: Nutmeg: Saffron: Silver Nutmeg: Shadow: Red Eyed Polar Fox: Red Eyed Silver Nutmeg = 18:18:18:9:9:6:6:6:6:6:6:6:2:2:2:2.

После записи схемы скрещивания в соответствии с требованиями по оформлению, необходимо максимально подробное изложение всего хода рассуждений по решению поставленной задачи с обязательным логическим обоснованием каждого вывода. Например, анализ результата скрещивания данных пар может быть представлен студентами следующим образом: «Появление щенков окраса Black, в генотипах которых обязательно наличие гена *A* в рецессивном гомозиготном состоянии *aa*, доказывает, что у самок № 6 и № 8 данный ген находится в гетерозиготном состоянии *Aa*. Детеныши окраса Golden Agouti будут характеризоваться также гетерозиготным состоянием агуты гена, то есть *Aa*. Аллель *A* передана потомству каждой пары материнским организмом, то есть самками № 6 и № 8, аллель *a* – организмом самца № 11. Ген красных глаз *P* у монгольских песчанок окраса Lilac находится в гомозиготном рецессивном состоянии *pp*. Таким образом, детеныши исследуемых пар получают одну аллель *p* от самца № 11. Животные окраса Golden Agouti и Black гетерозиготные по указанному гену. Аллель *A* передана потомству

самками» (примерный ответ студента).

Задачи по генетике всегда являются средством углубления теоретических знаний и показателем уровня профессиональной компетенции. Новый подход к формированию генетической культуры, по мнению Г.Л. Рытова, требует существенной трансформации содержания и видов задач по генетике [11]. Студенты-бакалавры педагогического образования могут разработать учебные задачи для занятий по генетике в вузе и элективных курсов для учащихся старших классов. Результатом творческого подхода является создание примерных задач по наследованию окраса шерсти у монгольской песчанки:

1. Сколько типов гамет образуют особи монгольской песчанки, генотип которых: а) *aaCCEeG*pp* (Lilac – Лилак), б) *aac(b)c(b)EeGgPp* (Burmese – Бурмиз), в) *AaCcEeGgPpSpsp* (Golden Agouti Pied – Золотой Агути с воротником)?

2. Самка монгольской песчанки окраса Lilac – Лилак (генотип *aaCCEeGgpp*) скрещивается с самцом окраса Black – Черный (*aaCCEeGgPP*). Какого окраса детенышей можно ожидать от этой пары животных? Будут ли детеныши материнского окраса?

3. Верно ли утверждение: «При скрещивании песчанок окрасов Lilac – Лилак и Argente Golden – Золотой Аргент будут рождаться щенки окрасов Lilac и Argente Golden»?

4. Желательно ли скрещивать особей монгольской песчанки окраса Golden Agouti Pied – Золотой Агути с воротником, гомозиготных по генам *A, C, D, E, G, P* и гетерозиготных по гену *Sp*, если особи с генотипом *SpSp* погибают еще до рождения. Какая доля детенышей погибнет? Какие фенотипы и генотипы будут у выживших детенышей?

5. Какой генотип и фенотип должны быть у родительских особей, чтобы родился детеныш Медовый Темноглазый – Dark Eyed Honey (*A*C*eeG*P**)?

Изучение особенностей наследования окраса шерсти у монгольской песчанки *Meriones unguiculatus* Milne-Edwards при выполнении исследовательской внеаудиторной работы способствует освоению студентами таких генетических понятий как «родительская пара», «потомство первого поколения», «потомство второго поколения», «генотип», «фенотип», «гаметы», «аллели», «множественный аллелизм», «чистая линия», «гомозигота», «гетерозигота», «анализируемое скрещивание» и других (СКБ-1). Создание схем генетической родословной скрещиваемых пар животных способствует формированию навыков решения генетических задач (СКБ-1, 4), а также выведению грызунов заданных окрасов шерсти (СКБ-4, 7). Формулирование задач по генетике монгольской песчанки способствует формированию специальных биологических компетенций студентов-педагогов (СКБ-1, 4, 5), росту уровня профессиональной компетенции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основная образовательная программа высшего профессионального образования. Направление подготовки 050100 Педагогическое образование. Профили Биология и Химия. Квалификация (степень) «бакалавр». Нормативный срок освоения 5 лет. Самара :

ПГСГА, 2011. 389 с.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 января 2011 г № 46 [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116451 (дата обращения: 28.04.2014).

3. Примерная основная образовательная программа высшего профессионального образования. Направление подготовки 050100 Педагогическое образование. Профиль Биология. Квалификация (степень) «бакалавр» [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/news/9/27> (дата обращения: 25.04.2014).

4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции : учебник для студентов высших учебных заведений. 2-е издание, перераб. и доп. СПб. : Изд-во Н-Л, 2010. 720 с.

5. Никольский В.И. Генетика : учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. М. : Издательский центр «Академия», 2010. 256 с.

6. Общая генетика : методическое пособие / под. ред. С.Г. Инге-Вечтомова. 2-е изд., перераб. и доп. СПб. : Изд-во Н-Л, 2008. 124 с.

7. Никифорова С.И., Наливайко И.В. Выявление особенностей размножения и репродуктивного потенциала монгольской песчанки (*Meriones unguiculatus* Milne-Edwards) в условиях лаборатории [Электронный ресурс] // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки. Электронный сборник статей по материалам XIII студенческой международной научно-практической конференции. Новосибирск: Изд. «СибАК». 2013. № 7 (10). С. 35–44. URL: [http://www.sibac.info/archive/nature/7\(10\)](http://www.sibac.info/archive/nature/7(10)) (дата обращения: 28.04.2014).

8. Наливайко И.В. Роль кружка «Общая биология» в формировании ключевых компетенций студентов-биологов // Биологическое и экологическое образование студентов и школьников: актуальные проблемы и пути их решения: Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора М.П. Меркулова. Самара : ПГСГА, 2014. С. 120–126.

9. Чичкова А.И., Никифорова С.А., Наливайко И.В. Наследование окраса шерсти у монгольской песчанки [Электронный ресурс] // Материалы VI Международного студенческого научного форума 2014 (электронной конференции). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/494/1923> (дата обращения: 28.04.2014).

10. Красноченко О.С., Наливайко И.В. Применение студентами программы Microsoft Office Excel для анализа полигибридного скрещивания [Электронный ресурс] // Материалы VI Международного студенческого научного форума 2014 (электронной конференции). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/494/1925> (дата обращения: 28.04.2014).

11. Рытов Г.Л. Инновационные методики формирования профессионально значимых качеств в процессе преподавания генетики // Вестник Самарского государственного университета. 2006. № 7. С. 186–190.

THE MONGOLIAN GERBIL AS AN OBJECT OF GENETIC STUDIES AT THE UNIVERSITY © 2014

I.V. Nalivaiko, Candidate of pedagogical sciences, associate professor of Department of Botany, General Biology, Ecology, Biological and Ecological Education
Samara State Academy of Social Sciences and Humanities, Samara (Russia)

Annotation: The article considers the possibility of developing university students' special genetic competences while going into the Mongolian Gerbil's fur coloration heritage. It gives the examples of interbreeding schemes of the certain phenotype animals, the analysis of genotypes through the polyhybrid interbreeding with the help of Microsoft Office Excel, the tasks on the Mongolian Gerbils' genetics.

Keywords: genetics; students; special competences; phenotype; genotype; interbreeding schemes; genetic tasks.