

УДК 612

ГОМЕОСТАЗ. ЧЕМ И КАК ИЗМЕРЯТЬ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ ?

Е.В. Давыдова, В.А. Смирнов, В.В. Смирнова

ФГУП «ВНИИФТРИ»

Введение

Всю предшествующую историю человек, наблюдая за интересующими его биологическими объектами, отбирал, скрещивал, создавал им оптимальные условия и снова скрещивал, однако к концу 20-го века ресурс природной изменчивости человеком был исчерпан [Жученко], радиационный и химический мутагенез [1,2], к сожалению, не привели к увеличению хозяйственно-ценной генетической variability. Всё увеличение производства сельскохозяйственной продукции в период зелёной революции [3] достигается за счёт оптимизации условий культивирования.

Сегодня вступил и начал набирать скорость третий период развития селекционной деятельности человека, а именно период целенаправленного изменения «святая святых» организмов – генотипа. Для гармоничного развития природы и человека политику охраны природы необходимо строить на основании достижений современной биологической науки, прежде всего, на результатах эволюционно-экологических исследований [4].

Экологический мониторинг является важнейшей частью изучения и анализа динамики природных процессов, позволяет выявить наиболее общие закономерности организации экосистем, ценологических связей и биологии отдельных видов животных и растений, т.е. получить временной срез состояния биосферы в целом. Поэтому весьма актуально развитие унифицированных методов экологического мониторинга, которые позволяли бы не только фиксировать изменения и нарушения природных сообществ, но и выявлять причины и прогнозировать направление и характер их дальнейшей трансформации.

Традиционные методы мониторинга состояния окружающей среды основаны на наблюдениях за изменением отдельных элементов природных экосистем (колебания климатических факторов, естественные или антропогенные нарушения местообитаний, изменение численности отдельных видов животных и растений и т.д.). Практически отсутствуют методы оценки состояния экосистем в целом. Это связано с доминированием до недавнего времени популяционного подхода в исследованиях отечественных и зарубежных экологов.

Можем ли мы измерить гомеостаз, установить его границы, ввести единицу измерения гомеостаза, создать методику выполнения измерения гомеостаза? Решения задачи измерения одного из самых универсальных процессов в природе позволило бы значительным образом упростить любые мониторинги природных сообществ, сделать возможными сличения результатов мониторингов различных групп исследователей и различных сообществ в одном ареале. Количественное определение гомеостаза позволит придать совсем иной статус охране биосферы, количественно определять граничные условия адаптивности живых систем.

В живых системах гомеостаз определяется двумя процессами, а именно процессами анаболизма и катаболизма. Определив количество анаболических и катоболических реакций и, или их продуктов и или субстратов в единицу времени, и или их соотношение и граничные температурные, световые и другие параметры среды, мы можем получить данные о гомеостазе или о состоянии организма.

Состояние работы и задачи в области эталоностроения в XXI веке и проведении фундаментальных и прикладных исследований в этом направлении достаточно полно отражены в докладе Секретаря МКМВ Роберта Каарлса «Эволюция метрологических потребностей в торговле, промышленности и социальной жизни», в докладе ВНИИМС «Развитие государственной системы обеспечения единства измерений».

В докладах подчёркивается повышение значимости метрологии в таких сферах человеческой деятельности, как химия, биологические науки, здравоохранение. Кроме того, все большее значение получают измерения в таких областях, как безопасность и испытание продуктов питания, измерения, относящиеся к определению качества жизни, мониторингу загрязнения окружающей среды и т.д. В США Национальная конференция эталонных лабораторий создала Химический метрологический комитет, а в 2000 г. ежегодная Конференция Американской организации по аналитической химии впервые организовала сессию по международным аспектам метрологии.

В настоящее время существует много видов измерений, более или менее тесно связанных с тем, что общество называет «качеством жизни». К таким измерениям относятся измерения шума, пыли, вибрации и даже измерение субъективных величин, таких как вкус, запах и внешний вид (например, глянец красок автомобилей).

В области измерений, относящихся к окружающей среде, можно отметить создание Всемирной метеорологической организацией (WMO) сети «Глобальное наблюдение за атмосферой» для контроля возможных климатических изменений и обеспечения достоверных данных для моделирования климата. Точки, в которых проводятся климатические

измерения, распределены по всему миру. Осуществляется контроль различных параметров, таких как амплитуда волн, температура, и даже параметров оранжерейных газонов и т.д. в течение длительных периодов времени.

В области обеспечения безопасности и испытаний продуктов питания, в соответствии с Кодексом пищевых продуктов, ряд рабочих групп (ВНО и ФАО) разрабатывают более надёжные и современные методы измерений. В области биотехнологий и биологии следует отметить большой интерес к проведению измерений на уровне эталонных продуктов питания, производимых из генетически изменённых продуктов.

В живых организмах известен гомеостат, состоящий из различных подсистем гомеостатов эритроцитарно-гемоглобиновом, бикарбонатном, фосфатном, белков плазмы. Выход этих гомеостатов за границы рабочих параметров приводит в сторону либо превалирования акцепторных (отнимающих электроны), либо в сторону донорных (отдающих электроны) молекулярных соединений и отдельных ионов. В связи с их высокой реакционной способностью (повреждающие свойства кислот и щелочей) происходит повреждение структур организма и нарушение его функций. Кроме того, некомпенсированное превалирование акцепторных или донорных молекулярных соединений приводит к расширению и деформации структур, вплоть до разрыва химических связей с соответствующими последствиями для жизнедеятельности организма. Все экстремальные энергетические факторы внешней и внутренней среды ведут структуры организма к перегреву и расширению, вплоть до разрыва связей и гибели организма. При гипоэнергетическом состоянии организма клетки вынужденно переходят на вспомогательный, менее выгодный энергетический цикл – гликолиз, приводящий к образованию большого количества молочной кислоты, а вследствие этого – к некомпенсированному сдвигу электронно-зарядного равновесия в сторону превалирования акцепторных соединений. Нарушение единства внутренней среды приводит к гибели организма.

В настоящее время ведётся большое количество научных работ по генетической трансформации растений, где практически не ведутся количественные измерения трансформированных объектов а проводящиеся измерения не имеют надлежащего метрологического обеспечения. Более того, результаты, получаемые в различных лабораториях не сопоставимы.

Причины данного явления ясны и понятны, ведь в биологии в целом и в агробиологии в частности отсутствуют специфические – свои эталоны, и если это единственная причина, то всё кажется очень простым: взять и ввести свои, специфические для живых объектов эталоны. Однако в реальной жизни всё далеко не просто, и очень даже не просто, так как в данном случае приходится иметь дело с двумя фундаментальными свойствами живого

(собственно и характеризующих отличие живого от неживого): наследственностью и изменчивостью.

Какими должны быть эталоны живого, какие параметры должны быть измерены и поверены для каждого вида, сорта, организма?

Ответ кажется очень простым, расшифруем все цепочки ДНК и будем всё знать о данном организме, и каждый раз трансформируя растение или животное, мы будем добавлять в генокарточку добавленный новый ген. Однако в таком случае мы будем иметь терминологический словарь без описания терминов.

С нашей точки зрения, к решению проблемы создания эталонов живых систем необходимо идти через ряд итераций и разделений, а именно:

- генетической инженерии заниматься генноинженерными манипуляциями и исследованием искомого вновь приобретённого признака и его наследованием;

- генетикам исследовать влияние трансгена на генотип и фенотип;

- токсикологам и аллергологам определять аллергенность и токсичность нового продукта;

- селекционерам и агрономам и экологам исследовать поведение нового организма в агробиоценозах и его влияние на ценоз;

- метрологи должны сформулировать парадигмы «Биометрологии» и определить специфичные параметры измерений и методы измерений.

Анализируя возможные подходы к решению поставленных задач, мы остановились на таком свойстве живого, как гомеостаз, которое наиболее полно отражает любое изменение, как внутренней среды организма, так и внешней среды.

ФГУП «ВНИИФТРИ» ведёт научную работу в части метрологического обеспечения физико-химических параметров контроля биотехнологических продуктов и окружающей среды с использованием Государственного эталона единицы концентрации растворённого в воде кислорода УВТ – 108-А2008 и Государственного первичного эталона единицы дифференциальной резонансной парамагнитной восприимчивости ГЭТ 8375 (отдел 67, НИО-6 и НИО-9). Изучение гомеостаза биотехнологических продуктов начато на примере исследования условий сохранения постоянства внутренней среды натурального вина и натуральных соков, а также метрологического обеспечения измерения показателей вина и соков, которые являются основными критериями подтверждения натуральности их происхождения. Гомеостаз вина, как сложный многокомпонентной физико-химической системы – это самый сложный процесс саморегуляции, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего постоянства посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

Анализ существующих физических и физико-химических методов, а также применяемых для этого средств измерений, позволил нам остановиться в своём выборе методов (на первом этапе работы) на методах измерения содержания общего количества антиоксидантов, как в субоптимальных условиях, так и при граничных условиях существования, так как окислительно-восстановительное равновесие наиболее полно отражает адаптивные свойства живого. Разработанные в настоящее время методы измерения общего содержания антиоксидантов позволяют измерять их содержание на уровне 10^{14} г. Изменения условий внешней среды моментально вызывают изменение количества антиоксидантов. Исследовав поведение нормального организма, его трансгенного аналога, в субоптимальных и граничных условиях, мы сможем получить эталон, характеризующий общее количество антиоксидантов в нормальном организме. Наличие эталона позволит с высокой степенью достоверности идентифицировать генетически модифицированный организм.

В связи с этим возник вопрос, чем и как измерить гомеостаз. Следующим методом, с помощью которого можно количественно измерить изменившиеся параметры трансгена по отношению к нормальному аналогу, является возбуждённая лазерная флюоресценция.

Рекогносцировочные эксперименты, проведённые с использованием лазерной флюоресценции, и измерения общего содержания антиоксидантов, продемонстрировали приемлемость этих методов для создания параметрических эталонов растений.

В качестве объектов исследования нами также выбраны основные сельскохозяйственные культуры, традиционно используемые в генноинженерных манипуляциях, а именно: картофель, соя, кукуруза.

Для этого необходимо изучить возможность использования амперометрического определения окислительно-восстановительного равновесия, лазерно-флюорисцентной спектроскопии, ИК Фурье-спектрометрии, электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР); разработать основы метрологического обеспечения обнаружения трансгенных растений картофеля, сои и кукурузы.

Исследования по вопросам измерения гомеостаза и метрологическому обеспечению этого процесса имеют огромное значение не только применительно к отраслям сельского хозяйства и пищевой промышленности, но и для медицинских наук. Французский физиолог Клод Бернар, живший в XIX веке и целиком посвятивший себя изучению процессов пищеварения и регуляции кровотока, рассматривал жидкости тела как «внутреннюю среду» (*milieu interne*). У разных организмов концентрация определенных солей и нормальная температура могут быть несколько различными, но в пределах вида внутренняя среда индивидуумов

соответствует характерным для этого вида стандартам. Допускаются лишь кратковременные и не очень большие отклонения от этих стандартов, иначе организм не может оставаться здоровым и способствовать выживанию вида. Уолтер Б. Кэннон, крупнейший американский физиолог середины нашего столетия, расширил концепцию Бернара о внутренней среде. Он считал, что независимость индивидуума от непрерывных изменений внешних условий обеспечивается работой гомеостатических механизмов, которые поддерживают постоянство внутренней среды[5]. Рецепторы организма человека, участвующие в гомеостазе, действуют таким образом: они воспринимают изменения в химическом составе крови или колебания давления в сосудистой системе и в полых внутренних органах, таких как пищеварительный тракт и мочевой пузырь. Эти сенсорные системы, собирающие информацию о внутренней среде, по своей организации очень сходны с системами, воспринимающими сигналы с поверхности тела. Их рецепторные нейроны образуют первые синаптические переключения внутри спинного мозга. По двигательным путям вегетативной системы идут команды к органам, непосредственно регулирующим внутреннюю среду. Мир вокруг нас постоянно меняется, но жизнеобеспечивающие системы этого мира стремятся к гомеостазу. Чем и как измерить гомеостаз - это большая сфера деятельности современных ученых-метрологов.

Литература

1. Жученко А.А., Янковский Н.К. Разработка проблемы мутаций, рекомбинаций и отбора в популяциях микроорганизмов, радиационный и химический мутагенез.- М.: Наука, 2009.
2. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений.- М.: Наука, 2009.
3. Шевелуха В.С., Калашникова С.В., Дегтярёв С.В. и др. Сельскохозяйственная биотехнология.- М.: Высшая школа, 1998.
4. Четвериков С.С. Синтетическая теория эволюции. Роль эволюционной теории в формировании современной естественнонаучной картины мира.- М.: Наука.
5. http://lib100.com/book/brain_mind_and_behavior Гомеостаз- поддержание внутренней среды организма.