

№8 1999 год О СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К “ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ” ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современные живые организмы и среда их обитания находятся под постоянным антропогенным давлением. Это давление многолико и разнообразно. Но общим для него является уменьшение биологического разнообразия, изменение хода эволюции, генетическая эрозия и, как следствие, падение качества жизни самого человека.

Среди множества факторов, негативно влияющих на популяции, биоценозы и биоту в целом, следует назвать так называемые “загрязнители” окружающей среды. Хотя в атмосфере обнаружено свыше трех тысяч посторонних химических веществ, основными компонентами загрязнения являются озон, сернистый газ, окись углерода, окислы азота, углеводороды и другие соединения, основными источниками которых являются ГРЭС и ТЭЦ, транспорт, пестициды и удобрения. Токсическим действием обладают также тяжелые металлы. Подсчитано, что количество отходов, загрязняющих среду обитания, ежегодно увеличивается в среднем на 4%.

Особое место в загрязнении окружающей среды занимает радиоактивное загрязнение. В наше время радиация стала вездесущей, всепроникающей и в каком-то смысле бесконечной. По образному выражению одного из исследователей радиоактивности, “мы купаемся в море радиации, носим её в себе” (цит. по Булатову, 1996). Поражающим действием обладают не только высокие дозы радиации, но, как показали независимые исследования профессора Гофмана (1994), малые дозы (до 20 Гр) также способны вызывать различные заболевания у человека, в том числе и рак.

Источников радиоактивного загрязнения много, но главные из них следующие:

- добыча и обогащение урана;
- производство плутония;
- полигоны и испытание ядерного оружия;
- атомная энергетика;
- исследовательские реакторы;
- спецкомбинаты “РАДОН” и пункты захоронения радиоактивных отходов;
- атомные корабли (Булатов, 1996).

Действие загрязнителей на живые организмы ощущается на разных уровнях. Повышенные фоны загрязнения могут действовать на отдельные организмы, их органы и ткани, на клетки и отдельные внутриклеточные структуры, а также на более высокие уровни организации живых систем – популяции и сообщества.

В многочисленных исследованиях показано, что загрязнение воздуха оказывает значительное влияние на рост и развитие разных видов растений. Общим эффектом этого действия является снижение продуктивности растений. Так, например, загрязнение воздуха окислителями на восточном побережье США снизило урожайность картофеля на 50% (Marx, 1975). Токсичность озона проявляется в появлении хлоротических пятен и опадении листьев. Нередко на корнях поврежденных растений наблюдается образование колоний грибов в количествах больших, чем у здоровых растений. Озон и другие загрязнители ингибируют функциональную активность митохондрий и увеличивают проницаемость клеточных мембран. Под действием озона эпидермальные клетки лопаются, теряют протоплазму и разрушаются. Озон окисляет сульфогидрильные группы многих биологически активных соединений, участвующих в энергетических процессах организмов.

Установлено, что устойчивость растений табака и лука к повреждающему действию озона контролируется доминантными генами, которые регулируют чувствительность мембран устьичных замыкающих клеток к озону (Engle, Gabelman, 1966).

В.П.Бессонова (1992) исследовала влияние загрязнения среды тяжелыми металлами на древесные и кустарниковые растения. Она показала, что в условиях загрязнения наблюдаются различные нарушения в мейозе и, как следствие, образование стерильной пыльцы. В наших исследованиях установлено, что тяжелые металлы в количествах, превышающих ПДК (предельно допустимые концентрации), затормаживают рост картофеля, этиолируют его листья, изменяют гелиотропизм. В то же время присутствие в питательной среде таких элементов, как кадмий и свинец в концентрациях, равных ПДК, стимулировало рост растений на 10–20% в сравнении с контролем.

О действии радиации на живые организмы имеется огромная литература, так как изучение этого вопроса началось еще в начале XX столетия. Общебиологическое действие радиации в зависимости от дозы облучения может выражаться в стимуляции, угнетении и летальном эффекте. Ионизирующие излучения могут вызывать различные уродства на ранних стадиях развития организма. В стадии гаметогенеза – нарушения этого процесса, ведущие к стерильности. Радиация также действует на метаболизм растений и животных, затрагивая самые различные функции организмов. Так, например, при изучении реакции

растений житняка гребенчатого (*Agropyron cristatum*) на различные дозы облучения нами установлено более высокое, чем в контрольных растениях, содержание сахаров, аскорбиновой кислоты, хлорофиллов "а" и "в". Действуя на физическую и химическую структуру хромосом, радиация вызывает наследственные изменения – мутации.

Многочисленные исследования показали, что эффекты радиоактивного облучения в значительной степени зависят от радиочувствительности организмов, от вида радиации и от режима облучения, т.е. от распределения дозы во времени или от ее мощности. Е.И.Преображенская (1971) изучила радиочувствительность у 700 видов и сортов растений и разделила их по этому свойству на три больших группы: радиочувствительные, выдерживающие дозы облучения от 150 до 250 Гр, среднеустойчивые – 250–1000 Гр и радиоустойчивые – более 1000 Гр. По современным представлениям радиочувствительность-радиочувствительность определяется следующими основными факторами: а) объем и структурная организация генома; б) активность природных защитных и сенсibiliзирующих систем; в) уровень активности ферментов репарации; г) гетерогенность клеток и возможность репопуляции (Кузин, Каушанский, 1981).

Наиболее важной особенностью всех загрязнителей окружающей среды является их способность вызывать наследственные изменения – мутации. Для иллюстрации приведем лишь один пример из множества экспериментальных данных, полученных к настоящему времени. При оценке последствий воздействия ядерных испытаний и других антропогенных загрязнений было проведено сравнительное изучение популяций дикорастущих и культурных растений из чистых (контрольных) и подвергшихся радиоактивному загрязнению районов Алтайского края. При этом была установлена более высокая частота клеток с перестройками хромосом у гороха, житняка, гречихи, собранных в загрязненных районах, по сравнению с частотой перестроек у тех же видов, взятых из контрольных районов. Кроме того, методом электрофореза в полиакриламидном геле установлен широкий полиморфизм по спектру запасного белка семян дикорастущих популяций житняка гребенчатого (*Agropyron cristatum*). При этом выявлено, что число вариантов запасного белка в популяциях из контрольных районов оказалось существенно ниже, чем в популяциях из загрязненных районов. Эти данные указывают на повышенный уровень мутационного процесса в растительных популяциях загрязненных районов (Шумный и др., 1993).

При рассмотрении эффектов действия загрязнителей, и в первую очередь действия радиации на природные популяции, выявляется сложное взаимодействие повышенного уровня мутирования и отбора, направленного на элиминацию вновь индуцированных мутаций, которые, как правило, понижают жизнеспособность. Однако действие отбора неоднозначно. Он направлен не только на элиминацию полупетальных и летальных мутаций, но и на поддержание мутаций, повышающих жизнеспособность и резистентность организмов к мутагенному фактору. Возникновение и отбор таких мутаций ведет к глубоким изменениям популяций, подвергнутых воздействию загрязнителей.

В естественных условиях обитания растительные организмы представлены преимущественно в виде более или менее сложных сообществ (фитоценозов), в которых все составляющие тесно связаны друг с другом и с компонентами внешней среды. Общим биологическим эффектом загрязнителей среды является снижение биомассы фитоценоза и обеднение его видового состава.

Краткий экскурс в проблему загрязнителей окружающей среды приводит нас к убеждению в том, что они являются не только факторами, ингибирующими жизнеспособность живых организмов, но и мощными факторами процесса формообразования. Они могут изменять направление и темпы формирования естественных популяций и культурных форм, вплоть до биоценозов. К настоящему времени накопилось достаточно данных, свидетельствующих о том, что виды и популяции включают в свою структуру как устойчивые особи, так и восприимчивые к различным загрязняющим факторам. При этом наблюдается значительное варьирование по этому признаку. По данным Brennan, Halisky (1970), изучивших устойчивость некоторых травянистых растений к озону и двуокиси серы, полевица и однолетний мятлик оказались наименее устойчивыми, свиной был наиболее устойчив, а многолетний райграс и овсяница красная имели промежуточную реакцию.

Анализ литературных данных показывает, что имеются существенные различия между видами растений по их способности концентрировать радионуклиды. При прочих равных условиях наиболее эффективными накопителями стронция-90 являются зернобобовые (горох, люпин) и бобовые травы, затем корнеплоды; в меньшей степени радионуклиды накапливают зерновые (овес, пшеница) и кормовые злаки (Федоров и др., 1989).

Проведенный нами полевой и лабораторный анализ различных видов дикорастущих растений позволил установить наличие внутривидового полиморфизма по способности концентрировать стронций-90. Было установлено, что популяции состоят из растений, эффективно и не эффективно концентрирующих этот радионуклид, причем первые концентрируют в 2–37 раз больше, чем вторые. Доля растений с высокой концентрирующей способностью может достигать 10%.

Все это наталкивает на мысль о необходимости и возможности селекции на устойчивость к загрязняющим факторам среды. С другой стороны, способность некоторых форм концентрировать большие количества загрязнителей, и в первую очередь радионуклиды, порождает надежду на возможность создания форм растений-очистителей среды от активных изотопов, тяжелых металлов и других загрязнителей. Это предположение имеет под собой теоретическое обоснование. В.И.Вернадский (1940) указывал, что химический состав организмов может быть таким же видовым признаком, как и их морфологические особенности, и различал виды организмов, богатые данным элементом, и обычные. Иными словами, способность концентрировать различные элементы в больших количествах детерминирована генетической системой вида, популяции и отдельных особей и, следовательно, они могут быть подвергнуты искусственному отбору.

На сегодняшний день становится актуальной задача изучения генетики признаков устойчивости к загрязняющим факторам среды, поиска и сохранения геноисточников устойчивости и создания сортов, резистентных к высоким концентрациям "загрязнителей", а также сортов, способных абсорбировать в больших количествах токсические вещества.

Автор не оригинален в постановке обсуждаемой задачи. Она была рассмотрена в книге А.А.Жученко (1980) "Экологическая генетика культурных растений", но вопрос стал настолько злободневным (незагрязненные пространства уменьшаются с каждым днем, подобно "шагреновой коже"), что к нему приходится обращаться неоднократно.

1. Бессонова В.П. // Экология. –1992. – № 4. – С. 45– 50.
2. Булатов В.И. Россия радиоактивная. – Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. – 267 с.
3. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 387 с.
4. Гофман Дж. Рак, вызываемый облучением в малых дозах. – М: Социально-экологический союз, 1994. – 354 с.
5. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. – Штиинца, 1980. – 587 с.
6. Кузин А.М., Каушанский Д.А. Прикладная радиобиология. – М: Энергоиздат, 1981.
7. Преображенская Е.И. Радиоустойчивость семян растений. – М: Атомиздат, 1971. – С. 456.
8. Федоров Е.А. и др. // Экология. – 1989. – № 5. – С. 79–83.
9. Шумный В.К. и др. Генетические эффекты антропогенных факторов среды. – 1993. – Вып. 1. – С. 91–106.
10. Brennan D.L., Halisky P.M. // Phytopathology, 1970. – Vol. 60. – P. 1544–1564.
11. Engle R.L., Gabelman W.N. // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1966. – P. 89.
12. Marx J.L. // Science, 1975. – Vol. 187. – P. 4178.

А.В.Железнов, к.б.н.,
сектор генофонда растений,
ИЦиГ СО РАН, Новосибирск