

жизненными формами кроме кустарников, и семью ценотипами, причем наибольшее количество видов относится к луговому. На этой дороге количество видов увеличивается с уменьшением влажности. На дороге средней антропогенной нагрузкой по сравнению с прошлым годом увеличилось количество видов и их проективное покрытие.

Дорога с минимальной интенсивностью использования отличается наибольшим видовым разнообразием – 72 вида, причем в сравнение с прошлым годом все показатели (высота, проективное покрытие, количество видов в целом и разных ценотипов и жизненных форм) значительно увеличились. На этом участке степень увлажнения значительно влияет на распространение видов. Наибольшее количество видов отмечено на участке с минимальным увлажнением. Здесь произрастают представители всех жизненных форм и ценотипов. Наибольшим числом видов представлены травы поликарпические и неморальный ценотип.

На восстановление растительного покрова лесных дорог наибольшее влияние оказывает антропогенный фактор. Количество видов и их обилие увеличивается с уменьшением нагрузки, зависимость от увлажнения увеличивается с уменьшением интенсивности использования дороги. Наиболее благоприятные условия для произрастания растений отмечены на дороге с минимальной степенью антропогенной нагрузки и минимальным увлажнением. Наименее благоприятные – в местах с наибольшей степенью антропогенной нагрузки и максимальным увлажнением.

## **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА ФОТОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕМЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**Ковалёва О. А.**

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН,  
г. Минск, Беларусь. kovalyovy@mail.ru

### **Введение**

Знание природы чувствительности различных сельскохозяйственных культур к ультрафиолетовой радиации (УФР) и адаптивных механизмов ее регуляции в последние годы приобретает все большее теоретическое и практическое значение в связи с интенсификацией антропогенного воздействия на атмосферу Земли. Имеющиеся в литературе многочисленные дан-

ные свидетельствуют о низкой устойчивости сельскохозяйственных растений к действию УФР зоны В ( $\lambda=280-320$  нм) (Huttunen, Laakso, 1998). При моделировании условий биологического действия УФР-В диапазона на сельскохозяйственные растения показана возможность существенного уменьшения их продуктивности при увеличении потока УФР (Teramura, Sullivan, 1994; Fiscus, Booker, 1995; Fritzeimer, Kindl, 1981). В то же время, рядом авторов отмечается неоднозначность действия УФР на синтетические процессы в растительном организме (Teramura, Sullivan, 1994; Fiscus, Booker, 1995). Так, уже многократно экспериментально доказана способность УФР увеличивать ферментативную активность внутриклеточных биохимических процессов (Fritzeimer, Kindl, 1981). При этом уровень активности отдельных ферментов может увеличиваться в 100 раз. Зарегистрирована также способность УФР как непосредственно влиять на каталитическую активность ряда ключевых ферментов (в первую очередь ФАЛ и ХС) вторичного метаболизма растений, так и активировать процессы их синтеза через фоторецепторные системы клетки (Tobin, Silverthorne, 1985; Jordan, James, Strid, Anthony, 1994; Fuglevand, Jackson J.A., Jenkins G.I., 1996). Изучение механизмов регуляторного действия УФР на различные физиологические процессы в растительной клетке вызывает необходимость проведения комплексных исследований.

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования служили 14-дневные регенераты меристемных растений картофеля сорта Одиссей, которые выращивали в биотехнологических модулях с лампами ДНАЗ-400 и ДРЛФ-400 (фотопериод – 16/8 ч) в пластиковых контейнерах на ионообменном субстрате при температуре  $20\pm 2^\circ\text{C}$ . Регенераты облучали полным УФ-спектром (А+В+С) с однократными дозами  $E_1 = 120 \text{ Дж/м}^2$  (10 мин.);  $E_2 = 240 \text{ Дж/м}^2$  (20 мин.); и  $E_3 = 360 \text{ Дж/м}^2$  (30 мин.). Для контроля величины дозы облучения растений использовали УФР-дозиметр ДАУ-81. Источником УФ-излучения служила ртутная лампа ДРТ-1000. Контролем являлись растения, не подвергшиеся воздействию УФР.

Переменную флуоресценцию хлорофилла отделенных листьев картофеля регистрировали с помощью двухлучевого флуориметра переменного тока с цилиндрическим фосфороскопом, аналогичного по своей конструкции установке, описанной в работе Карапетяна Н.В., Бухова Н.Г. в 1986 году.

Суммарное содержание флавоноидов в листьях картофеля оценивали спектрофотометрическим методом на СФ-26. Навеску листьев экстрагировали 70%-ным этиловым спиртом. Расчет содержания суммы флаво-

ноидов в экстракте проводили согласно методике Точковой Т.В., Бубенчиковой В.Н. Серии контрольных и опытных измерений выполняли в 3–5-кратной повторности для всех вариантов облучения УФР растений картофеля.

### Результаты и обсуждение

Поскольку большинство видов современных растений постоянно испытывают в природе (особенно в высокогорных районах) непосредственное влияние солнечной УФР, поэтому в процессе эволюции растения должны были научиться активно синтезировать специальные вещества, способные эффективно поглощать избыточную УФР в диапазоне А/В и клеточный биосинтез которых, по-видимому, может тесно коррелировать с дозой УФР. Действительно, такие вещества – фенилпропаноиды и флавоноиды – хорошо известны и их эволюционный биосинтез является исключительно прерогативой высших растений (Stafford, 1991). Показано, что УФР и видимый свет стимулируют биосинтез флавоноидов, влияя главным образом на активность участвующих в этом процессе ключевых (ХС и ФАЛ) ферментов, в том числе и через механизмы регуляции экспрессии генов в растениях (Jordan, James, Strid, Anthony, 1994).

В проведенных нами модельных экспериментах установлено, что облучение дозой УФР в 120 Дж/м<sup>2</sup> приводит к увеличению суммарного содержания флавоноидов (% на г сухого вещества) в листьях меристемных регенерантов картофеля на 109% по сравнению с контролем; а облучение дозами 240 и 360 Дж/м<sup>2</sup> приводит к увеличению суммарного содержания флавоноидов на 125% и 59% по сравнению с контролем. Поскольку в последнее время фенилпропаноиды и флавоноиды были обнаружены в значительных количествах в хлоропластах многочисленных видов растений, это позволило предположить, что они могут иметь важную, но пока неизвестную общерегуляторную функцию в этих органеллах, а также в растительной клетке в целом (например, в регуляции процессов фотореактивации и метилирования ДНК).

При этом нами было также отмечено, что при многократном облучении (3–4 экспозиции с интервалом в 24–48 часов) меристемных регенерантов картофеля наблюдается увеличение интенсивности переменной флуоресценции.

На основании анализа имеющихся в литературе данных (Teramura, Sullivan, 1994; Fiscus, Booker, 1995) уместно предположить, что активация или ингибирование с помощью искусственной УФР белковых и пигментных синтезов *de novo* ключевых энерготрансформирующих компонентов (ССК, РЦ, ЭТЦ) фотосистем хлоропластов, в растительной клетке

может быть опосредована преимущественно регуляцией работы механизма фотореактивации ДНК, либо продуктами повреждения (пиримидиновыми димерами) квантами УФР ДНК, либо некоторыми низкомолекулярными агентами-индукторами, фотосенсибилизирующими процесс запуска функционирования ферментных систем репарации ДНК (Данильченко, Гродзинский, Власов, 2002) определенными участками спектра УФР и ФАР. Эти экспериментальные данные свидетельствуют также в пользу возможности запуска посредством малых дискретных доз УФР В/С-диапазона в клетках картофеля работы специфического генно-молекулярного механизма – репаративного метилирования ДНК, частично регулируемого посредством УФР-реактивации ДНК (Сойфер, 1969), и которое энергетически существенно отличается от ферментативной фотореактивации ДНК (Sutherland, 1981) по эффективно поглощенными растениями квантами с помощью УФР-рецепторов (криптохрома, UVB-хрома) (Fuglevand, Jackson, Jenkins, 1996). По видимому, в природных условиях проявления различных стрессов (высокие интенсивности ФАР, контрастные температуры среды обитания, водный дефицит и др.), как сопутствующих факторов процесса фотоингибирования фотосинтеза (ФИФ), необходимо постоянно учитывать возможную ключевую взаимосвязь репаративных систем (Данильченко, Гродзинский, Власов, 2002) и механизмов генной экспрессии (Sävenstrand, Broshé, Strid, 2002; Тищенко, Кунцевич, 2002) в управлении процессом фотоморфогенеза посредством стимулирующих и регулирующих различные метаболизмы эффектов облучения коротковолновой (В/С-диапазона) ультрафиолетовой радиацией культурных растений относительно небольшими дозами.

## ЛИТЕРАТУРА

*Данильченко О.А., Гродзинский Д.М., Власов В.Н.* Значение ультрафиолетового излучения в жизнедеятельности растений // Физиол. и биохим. культур. растений. 2002. Т. 34. № 3. С. 187–198.

*Дубров А.П.* Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения. М.: Наука, 1968. 250 с.

*Запрометов М.Н.* Светорегуляция вторичного метаболизма растений // Физиол. раст. 1987. Т. 34. Вып. 4. С. 698–711.

*Карапетян Н.В., Бухов Н.Г.* Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений // Физиол. раст. 1986. Т. 33. № 5. С. 1013–1026.

*Сойфер В.Н.* Молекулярные механизмы мутагенеза. М.: Наука, 1969. 511 с.

*Тищенко Е.Н., Кунцевич В.И.* Метилирование ДНК и экспрессия генов растений // Физиол. и биохим. культур. растений. 2002. Т. 34. № 3. С. 213–226.

*Точкова Т.В., Бубенчикова В.Н.* Методика определения флаваноидов // Научные труды ВНИИ фармауки. 1991. Т. 29. С. 173–177.

*Fiscus E.L., Booker F.L.* Is increased UV-B a threat to crop photosynthesis and productivity // *Photosynth. Res.* 1995. Vol. 43. P. 81–92.

*Fritzemeier K.H., Kindl H.* Coordinate induction by UV light of stilbene synthase, phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase in leaves of Vitaceae // *Planta.* 1981. Vol. 151, N 1. P. 48–52.

*Fuglevand G., Jackson J.A., Jenkins G.I.* UV-B, UV-A and blue light signal transduction pathways interact synergistically to regulate chalcone synthase gene expression in *Arabidopsis* // *Plant Cell.* 1996. Vol. 8. P. 2347–2357.

*Huttunen S.K.H., Laakso K.* Impact of increased UV-B on plant ecosystems // *Chemosphere.* 1998. Vol. 36. P. 829–833.

*Jordan B.R., James P.E., Strid A., Anthony R.G.* The effect of ultraviolet-B radiation on gene expression and pigment composition in etiolated and green pea leaf tissue: UV-B induced changes are gene-specific and dependent upon the development stage. // *Plant Cell Environ.* 1994. Vol. 17. P. 45–54.

*Sävenstrand H., Broshé M., Strid A.* Regulation of gene expression by low levels of ultraviolet-B radiation in *Pisum sativum*: Isolation of novel genes by suppression subtractive hybridization // *Plant and Cell Physiol.* 2002. Vol. 43, N 4. P. 402–410.

*Stafford H.A.* Flavonoid evolution: an enzymic approach // *Plant Physiol.* 1991. Vol. 96. P. 680–685.

*Sutherland B.M.* Photoreactivation // *BioScience.* 1981. Vol. 31. P. 439–444.

*Teramura A.H., Sullivan J.H.* Effects of UV-B radiation on photosynthesis and growth of terrestrial plants // *Photosynth. Res.* 1994. Vol. 39. P. 463–473.

*Tobin E.M., Silverthorne J.* Light regulation of gene expression in higher plants // *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1985. Vol. 36. P. 569–593.

## СООТНОШЕНИЕ ШИРОТНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ И ГРУПП В ЛОКАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОРАХ АЗИАТСКОЙ АРКТИКИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Королева Т. М.\*, Зверев А. А.\*\* , Катенин А. Е.\*, Петровский В. В.\*,  
Ребристая О. В.\*, Секретарева Н. А.\*, Хитун О. В.\*, Ходачек Е. А.\*,  
Чиненко С. В.\***

\*Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия.  
oxyria@gmail.com.

\*\*Томский государственный университет, г. Томск, Россия. zverev@ecos.tsu.ru

Сотрудниками Лаборатории растительности Крайнего Севера Ботанического института им. В.Л. Комарова на основе накопленных почти за 50 лет работы в Азиатской Арктике флористических данных создана сеть мониторинга биоразнообразия на уровне локальных флор (ЛФ) (Юрцев и др., 2001), в которую в настоящее время включены 148 флор. База данных создана в информационной системе IBIS (Зверев,