

## ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОПЕНТАНОВЫХ $\beta,\beta'$ -ТРИКЕТОНОВ НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ МЕРИСТЕМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК КОРНЕВОГО ЧЕХЛИКА ПРОРОСТКОВ *CUCUMIS SATIVUS* L.

© А. В. Реунов,<sup>1</sup> Л. А. Лапина, Е. А. Демина, О. П. Шестак,  
М. М. Анисимов, В. Л. Новиков

Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, Владивосток;  
<sup>1</sup> электронный адрес: antreunov@mail.ru

Проведен ультраструктурный анализ меристематических клеток корневого чехлика проростков *Cucumis sativus* L., подвергшихся действию синтетических циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонев. Показано, что при выращивании проростков на растворах этих соединений в ростингибирующей концентрации 100 мкг/мл в клетках, с одной стороны, наблюдаются признаки стимуляции в сравнении с контролем белоксинтезирующего аппарата (увеличиваются размеры ядрышек, возрастает количество митохондрий и мембран гранулярного эндоплазматического ретикулума), а с другой — активируются литические процессы. Тот факт, что использованные соединения, ингибируя рост проростков, не подавляют, а стимулируют белоксинтезирующую активность клеток, в соответствии с существующими представлениями, свидетельствует об индуцировании ими устойчивости клеток к неблагоприятным факторам. Следовательно, данные соединения в отличие от ингибиторов роста, полностью подавляющих метаболизм клеток, обладают свойствами ретардантов — особых ингибиторов роста, представляющих значительную ценность для растениеводства.

Ключевые слова: *Cucumis sativus*, циклопентановые  $\beta,\beta'$ -трикетоны, регуляторы роста, ретарданты, корневой чехлик, меристематические клетки, ультраструктура.

Рост и развитие растений, а следовательно, и их продуктивность определяются координированным взаимодействием двух типов соединений — стимуляторов и ингибиторов роста (Кефели, 1974; Кулаева, Чайлахян, 1984; Кефели и др., 1990). Этим обуславливается то большое внимание, которое исследователи уделяют поиску новых природных и синтетических регуляторов роста. Значительную практическую ценность для растениеводства имеют так называемые ретарданты — синтетические ингибиторы роста, под действием которых растения становятся низкорослыми и обычно приобретают утолщенный стебель, что повышает их устойчивость к полеганию и облегчает механизированный уход за посевами (Рейнбольд, 1986). С помощью таких исследований можно ускорять созревание и повышать урожай культур, а также стимулировать их устойчивость к различным неблагоприятным факторам (Рейнбольд, 1986; Кефели и др., 1990; Эрдели и др., 1992). Следует заметить, что при действии ретардантов рост растений не подавляется полностью, они развиваются вполне нормально (Рейнбольд, 1986).

С целью расширения ассортимента ингибиторов роста растений с ретардантными свойствами синтезируются тысячи химических соединений (Рейнбольд, 1986; Кефели и др., 1990; Эрдели и др., 1992), среди которых встречаются как ретарданты, так и малоперспективные ингибиторы, полностью подавляющие онтогенез растений. Поэтому необходимо проводить исследования по оценке синтезируемых соединений, устанавливая связь между их химической структурой и биологической активностью.

Выявление такой связи будет способствовать более целенаправленному синтезу новых эффективных препаратов. Одним из подходов в подобных исследованиях может быть анализ влияния препаратов на ультраструктуру клеток (Кулаева, 1973; Стойнова и др., 1988; Кундельчук и др., 2002; Платонова и др., 2004; Реунов и др., 2004; Абдрахимова и др., 2006), в частности меристематических клеток корней (Стойнова и др., 1988; Кундельчук и др., 2002; Реунов и др., 2004).

В последние годы нами изучалась (Новиков и др., 2003; Демина и др., 2005) рострегулирующая способность широкого ряда синтетических циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонев, структурно родственных таким редким вторичным метаболитам высших растений семейств *Lauraceae*, *Myrtaceae* и *Piperaceae*, как калитрон (Birch, 1951), линдерон (Kiang et al., 1962), луцидон (Lee, 1968) и корусканон В (Li et al., 2004). Показано (Новиков и др., 2003), что в низких концентрациях (0.1—5.0 мкг/мл) исследованные  $\beta,\beta'$ -трикетоны вызывают стимуляцию роста корней проростков *Cucumis sativus* L., а в высоких (100—250 мкг/мл) — ингибирование.

Целью исследований, проводимых нами в настоящее время, является выявление среди циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонев соединений, которые, ингибируя при определенных концентрациях рост корней проростков *C. sativus* L., не подавляли бы (либо стимулировали) метаболическую активность клеток. Такие соединения могли бы представлять интерес как потенциальные ретарданты. Для оценки метаболического состояния клеток выбран

основанный на существующих представлениях (Ченцов, 1984; Андреева, 1985; Кулаева, 1985; Машанский, Рабинович, 1987) интегральный цитологический критерий, позволяющий по состоянию таких клеточных органелл, как ядрышки, гранулярный эндоплазматический ретикулум (ЭР) и митохондрии, судить о белоксинтезирующей способности клеток.

В данной работе исследовано влияние некоторых циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонов в ростингибирующей концентрации на ультраструктуру меристематических клеток корневого чехлика, играющего, как известно (Полевой, Саламатова, 1991), важную роль в росте всего корня.

### Материал и методика

В работе использованы циклопентановые  $\beta,\beta'$ -трикетоны 1—4 (рис. 1), получение и физико-химические характеристики которых описаны ранее (Шестак и др., 1999).

Объектом исследования служили семена *C. sativus* L. сорта Каскад. Биологическое действие соединений оценивали, применяя ранее разработанную методику (Анисимов и др., 2003). Сухие семена раскладывали на полосы фильтровальной бумаги, увлажненные растворами испытуемых веществ (опыт) или водой (контроль), которые затем сворачивали в рулоны. Рулоны помещали в стаканы, содержащие 150 мл раствора тестируемого соединения или воды, и выдерживали в термостате при 25 °С. Через 3 сут у растущих проростков измеряли длину главного корня. Полученные результаты представляли как средние арифметические из 3 опытов (по 25 семян в каждом варианте) и выражали в процентах относительно контроля. Достоверность результатов оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента при доверительной вероятности 0.95. Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерной программы ORIGIN 4.1.

При проведении ультраструктурных исследований кусочки проростков, содержащие корневой чехлик, фиксировали 3 ч в 6.5%-ном растворе глутаральдегида в 0.1 М фосфатном буфере (рН 7.4) и 2 ч — в 1%-ном растворе тетраоксида осмия (Реахим, Россия). Затем образцы обезвоживали в спирте и ацетоне и заключали в Аралдит

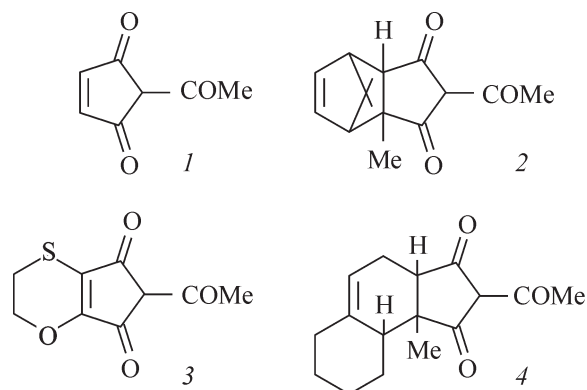


Рис. 1. Структурные формулы циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонов: 2-ацетилциклопент-4-ен-1,3-диона (1), 3а,7а-цис-2-ацетил-3а-метил-4,7-метилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-диона (2), 2-ацетил-4-окса-7-тиа-4,5,6,7-тетрагидроиндан-1,3-диона (3) и 3а,4,7а-цис,цис-2-ацетил-3а-метил-4,5-тетраметилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-диона (4).

(Fluka AG, Швейцария). Срезы, полученные на ультратоме LKB-III (LKB, Швеция), окрашивали 2%-ным уранил-ацетатом и 0.5%-ным цитратом свинца и исследовали в электронном микроскопе JEM 7A (Jeol, Япония). Анализировали меристематические клетки корневых чехликов (Данилова, Бармичева, 1980). Морфометрические исследования проводили, используя разработанные ранее методы (Киселева и др., 1974).

### Результаты

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что все изученные циклопентановые  $\beta,\beta'$ -трикетоны в концентрации 0.01—10.00 мкг/мл не оказывают существенного влияния на рост корня проростков *C. sativus* L., а в концентрации 100 мкг/мл значительно ингибируют его.

Для выяснения вопроса о том, как эти соединения в ростингибирующей концентрации 100 мкг/мл влияют на клетки, было изучено их влияние в данной концентрации на ультраструктуру меристематических клеток корневого чехлика.

Таблица 1

Влияние циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонов на рост корня проростков *Cucumis sativus* L.

$\beta,\beta'$ -Трикетоны	Концентрация, мкг/мл					
	0	0.01	0.1	1.0	10.0	100.0
Длина корня, % к контролю						
2-ацетилциклопент-4-ен-1,3-дион	100 ± 3	101 ± 3	102 ± 3	106 ± 2	102 ± 2	41 ± 2
3а, 7а-цис-2-ацетил-3а-метил-4,7-метилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-дион	100 ± 1	97 ± 2	106 ± 2	106 ± 2	96 ± 2	45 ± 2
2-ацетил-4-окса-7-тиа-4,5,6,7-тетрагидроиндан-1,3-дион	100 ± 1	98 ± 3	103 ± 2	105 ± 3	97 ± 3	58 ± 1
7а,3а,4-цис,цис-2-ацетил-3а-метил-4,5-тетраметилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-дион	100 ± 3	98 ± 2	97 ± 1	102 ± 2	89 ± 4	66 ± 2

Примечание. Измеряли длину главного корня проростка через 3 сут после начала прорастивания семян.

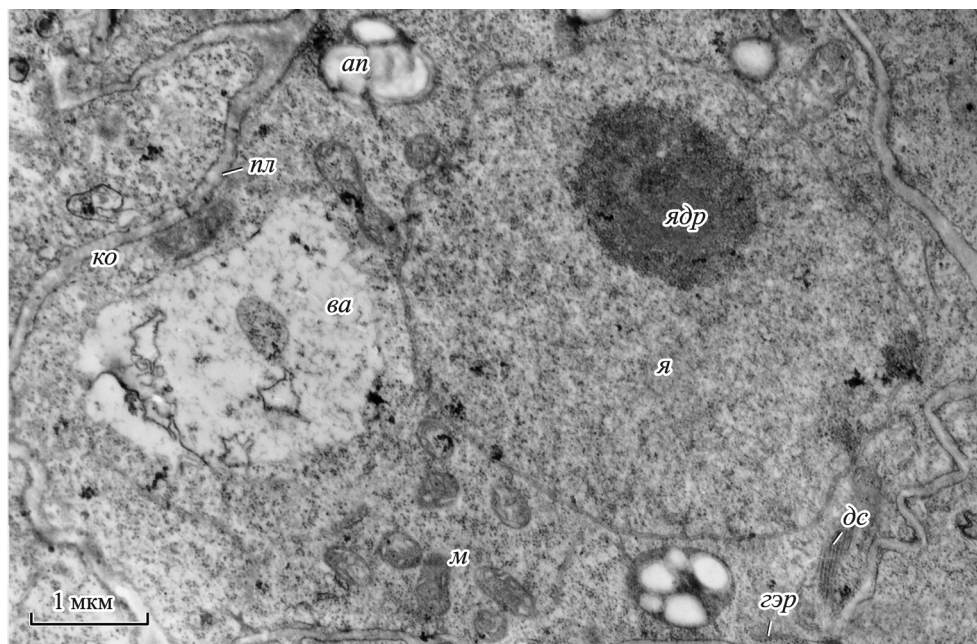


Рис. 2. Ультраструктура меристематических клеток корневого чехлика проростков *Cucumis sativus* L. через 3 сут от начала проращивания семян.

ан — амилопласт, ва — вакуоль, гэр — гранулярный эндоплазматический ретикулум, дс — диктиосома, ко — клеточная оболочка, м — митохондрия, пл — плазмалемма, я — ядро, ядр — ядрышко.

Проведенный анализ показал, что исследованные клетки контрольных проростков *C. sativus* L. имеют морфологически интактные плазматические мембраны и ограничиваются тонкими клеточными оболочками (рис. 2). Ядра занимают значительную часть объема клеток и содержат довольно крупные ядрышки. Цитоплазма насыщена свободными рибосомами. Митохондрии ха-

рактеризуются небольшим количеством крист. Встречаются амилопласты, содержащие зерна крахмала. Наблюдаются цитоплазматические вакуоли. Эндоплазматический ретикулум (ЭР) и аппарат Гольджи развиты сравнительно слабо.

При выращивании проростков на растворах циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонатов в концентрации 100 мкг/мл в

Таблица 2

Влияние циклопентановых  $\beta,\beta'$ -трикетонатов (100 мкг/мл) на некоторые морфометрические параметры меристематических клеток корневого чехлика проростков *Cucumis sativus* L.

Параметр	Значения параметров, $\bar{x} \pm s_x$				
	$\beta,\beta'$ -трикетонаты				контроль
	2-ацетилциклопент-4-ен-1,3-дион	3а,7а-цис-2-ацетил-3а-метил-4,7-метилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-дион	2-ацетил-4-окса-7-тиа-4,5,6,7-тетрагидроиндан-1,3-дион	7а,3а,4-цис,цис-2-ацетил-3а-метил-4,5-тетраметилен-3а,4,7,7а-тетрагидроиндан-1,3-дион	
Объемная плотность ядрышек, % от объема ядер	0.21 ± 0.03	0.25 ± 0.03	0.27 ± 0.03	0.31 ± 0.03	0.18 ± 0.02
Объемная плотность митохондрий, % от объема клетки	8.0 ± 0.9	7.5 ± 0.8	7.8 ± 0.8	8.2 ± 0.9	5.8 ± 0.7
Число митохондрий в 100 мкм <sup>3</sup>	14.0 ± 1.5	15.2 ± 1.5	15.7 ± 1.6	14.5 ± 1.5	11.0 ± 1.3
Площадь поверхности мембран гранулярного ЭР в 1 мкм <sup>3</sup> , мкм <sup>2</sup>	0.41 ± 0.05	0.38 ± 0.05	0.52 ± 0.07	0.6 ± 0.08	0.26 ± 0.03
Объемная плотность вакуолей, % от объема клетки	6.6 ± 0.7	5.9 ± 0.6	6.1 ± 0.7	5.7 ± 0.7	4.1 ± 0.5
Число вакуолей в 100 мкм <sup>3</sup>	12.4 ± 1.5	11.5 ± 1.1	12.1 ± 1.4	11.6 ± 1.2	9 ± 1.0

Примечание. Исследовали клетки корневых чехликов проростков через 3 сут после начала проращивания семян. Каждое среднее значение получено для 30 клеток (анализировали по 3 клетки от 10 проростков). Стандартная ошибка вычислена с использованием критерия Стьюдента при  $P$ , равном 95 %.

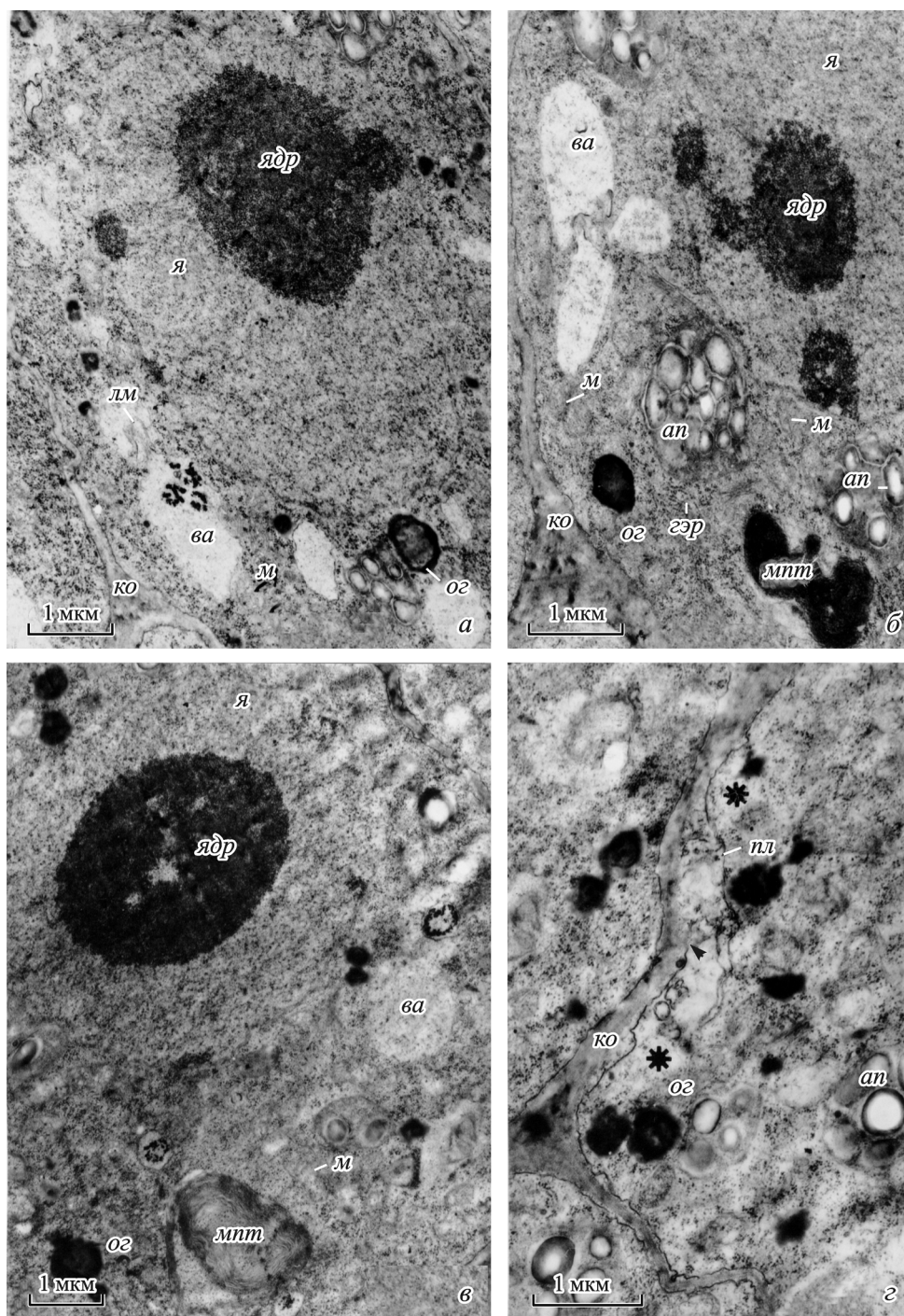


Рис. 3. Ультраструктура меристематических клеток корневого чехлика проростков *Cucumis sativus* L. через 3 сут от начала проращивания семян в растворах (100 мкг/мл) циклопентановых трикетенов 1 (а, б), 2 (в, з), 3 (д) и 4 (е).

Звездочками (з, е) отмечены электронно-прозрачные участки в цитоплазме, головкой стрелки (з) показано нарушение целостности плазмалеммы, стрелкой (д) указана митохондрия в чашевидной инвагинации пластиды. мпт — миелопоподобное тело, ог — осмиофильная глобула, чи — чашевидная инвагинация; остальные обозначения те же, что и на рис. 2.

меристематических клетках корневого чехлика происходят различные изменения. Клетки характеризуются заметным увеличением в сравнении с контролем размеров ядрышек, количества митохондрий и мембран гранулярного ЭР (табл. 2). В ядрышках наблюдается значительное количество гранулярного компонента, нередко в них выявляются светлые зоны, периферический слой отличается более выраженной, чем в контроле, изрезанностью

(рис. 3, а—в, д, е). В клетках обработанных проростков существенно возрастают в сравнении с клетками контрольных образцов поверхность гранулярного ЭР (табл. 2), а следовательно, и число связанных с ним рибосом. Свободные рибосомы в клетках и опыта, и контроля плотно заполняют гиалоплазму.

Под действием всех исследованных  $\beta, \beta'$ -трикетенов в клетках увеличиваются в сравнении с контролем число и

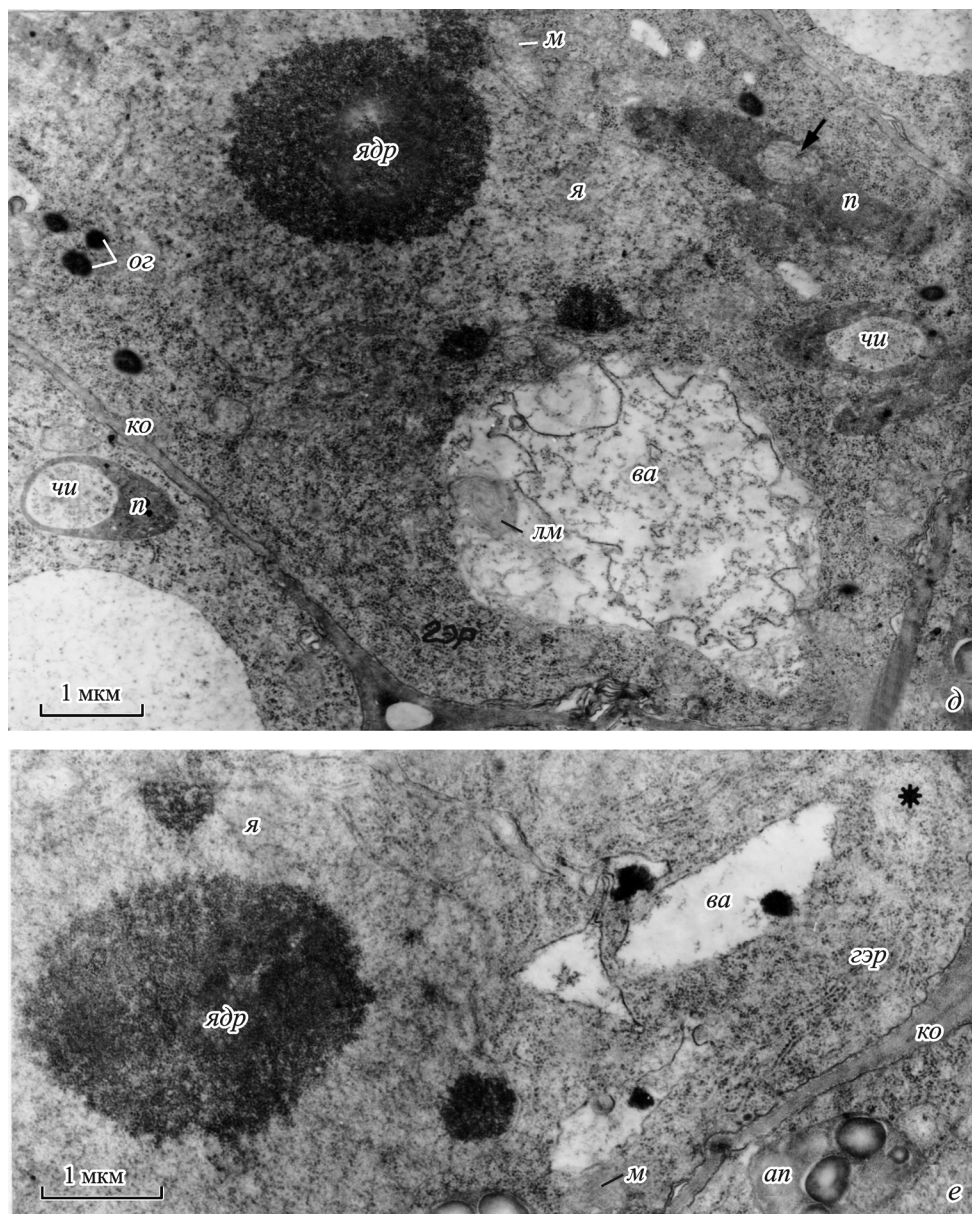


Рис. 3 (продолжение).

объемная плотность цитоплазматических вакуолей (табл. 2), в полости которых часто выявлялись осмиофильные включения, а также подвергнутые лизису мембранные структуры. Нередко в клетках проростков, выращенных на растворах трикетонатов, обнаруживались миелиноподобные тела (рис. 3, б, в), которые иногда отличались повышенной осмиофильностью (рис. 3, б). В ряде случаев в гиалоплазме клеток опытных образцов обнаруживались электронно-прозрачные участки (рис. 2, г, е). В подобных участках, наблюдаемых у клеточных оболочек, плазматическая мембрана могла подвергаться деструкции (рис. 3, г). В пластидах клеток проростков, обработанных серосодержащим трикетонатом 3, часто формировались чашевидные инвагинации (рис. 3, д); при этом пространство, заключенное в них, выглядело более светлым, чем окружающая гиалоплазма; иногда в таких инвагинациях выявлялись митохондрии. В цитоплазме многих клеток опытных образцов в отличие от контроля встречались осмиофильные глобулы (рис. 3, а—д).

## Обсуждение

Полученные данные показывали, что при выращивании проростков *C. sativus* L. на растворах циклопентановых  $\beta, \beta'$ -трикетонатов 1—4 в ростингибирующей концентрации 100 мкг/мл в меристематических клетках корневого чехлика увеличиваются в сравнении с контролем число и объемная плотность митохондрий, поверхность мембран гранулярного ЭР, а также размеры ядрышек, т. е., в соответствии с существующими представлениями (Ченцов, 1984; Андреева, 1985; Кулаева, 1985; Машанский, Рабинович, 1987), повышаются активность белоксинтезирующего аппарата, а соответственно и способность клеток синтезировать белки. Об этом же свидетельствует и наблюдаемая в клетках опытных проростков ультраструктура ядрышек (значительное количество гранулярного компонента, наличие светлых зон и изрезанность периферического слоя), свойственная этим органеллам при активном синтезе в них рибосомной РНК и образовании рибосом (Соболь, 2001).

Представленные результаты также позволяют заключить, что при обработке проростков исследуемыми соединениями в меристематических клетках активируются литические процессы, признаками которых могут быть (Белицер, 1978; Реунов, 1999) формирование цитоплазматических вакуолей, миелоноподобных тел, чашевидных инвагинаций у пластид, появление светлых зон в гиалоплазме. Природа осмиофильных глобул, в большом количестве наблюдаемых в клетках обработанных  $\beta, \beta'$ -трикетонами образцов, в отличие от контроля неизвестна. Следует, однако, заметить, что, по некоторым данным (Реунов, 1999; Rinne et al., 2001), подобные глобулы (сферосомы) могут содержать гидролазы и участвовать в литических процессах клетки.

Наблюдаемая активация литических процессов в клетках обработанных изученными соединениями проростков согласуется с концепцией об эволюционно сложившейся важной роли автолиза в выживании клеток в стрессовых ситуациях (Levine, 2005; Lum et al., 2005). В результате автолиза в клетках образуется пул предшественников, который направляется на синтез более устойчивых к действию стрессовых факторов структурных и функциональных белков, что повышает неспецифическую устойчивость клеток. Возможность активного синтеза подобных белков в клетках, обработанных использованными нами соединениями, может быть обеспечена стимулированным под их влиянием белоксинтезирующим аппаратом.

Ранее нами было показано (Реунов и др., 2004), что один из синтетических циклопентановых  $\beta, \beta'$ -трикетонов (2-ацетил-4-метилциклопент-4-ен-1,3-дион) в ростингибирующей концентрации 100 мкг/мл полностью подавлял метаболизм меристематических клеток корневого чехлика *C. sativus* L. (уменьшались размеры ядрышек, наблюдалась деструкция митохондрий и других клеточных структур). В отличие от этого соединения использованные в настоящей работе циклопентановые  $\beta, \beta'$ -трикетоны, ингибируя в концентрации 100 мкг/мл рост проростков *C. sativus* L., стимулируют, а не подавляют белоксинтезирующую активность клеток и, следовательно, в соответствии с существующими представлениями (Машанский, Рабинович, 1987; Реунов, 1999), должны повышать устойчивость клеток к неблагоприятным факторам. Подобные свойства, как отмечалось выше, присущи (Рейнбольд, 1986; Кефели и др., 1990; Эрдели и др., 1992) ценным для растениеводства ростингибирующим соединениям — ретардантам. Таким образом, исследованные соединения 1—4, на наш взгляд, являются перспективными для дальнейшего изучения их ретардантных свойств.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проекты 06-III-A-05-120 и 06-II-CX-05-002).

### Список литературы

- Абдрахимова Й. Р., Абдрахимов Ф. А., Хохлова Л. П. 2006. Влияние оризалина на ультраструктурную организацию и дыхание корней разных сортов озимой пшеницы на фоне холодого закалывания. Физиол. раст. 53 (2) : 196—206.
- Андреева И. Н. 1985. Электронная микроскопия в физиологических экспериментах. В кн.: Новые направления в физиологии растений. М.: Наука, 33—46
- Анисимов М. М., Логачев В. В., Лихацкая Г. Н., Маханьков В. В., Уварова Н. И. 2003. Влияние экстрактивных веществ и суммарной гликозидной фракции *Panax ginseng* С. А. Мейер на рост корня проростков *Cucumis sativus* L. Изв. РАН. Сер. биол. 3 : 364—368.
- Белицер Н. В. 1978. Лизосомная система и микротельца в клетках растений и животных: Автореф. докт. дис. Л. 48 с.
- Данилова М. Ф., Бармичева Е. М. 1980. Корневой чехлик. В кн.: Атлас ультраструктуры растительных тканей. Петрозаводск: Карелия. 331—346.
- Демина Е. А., Шестак О. П., Лобанова Е. В., Лапина Л. А., Реунов А. В., Анисимов М. М., Новиков В. Л. 2005. Рострегулирующее действие моно- и полициклических пятичленных  $\beta, \beta'$ -трикетонов — аналогов уникальной группы вторичных метаболитов высших растений — на проростки *Cucumis sativus* L. и *Fagopirum esculentum* Moesch. В кн.: Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Матер. II Всерос. конф. Барнаул. 316—321.
- Кефели В. И. 1974. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М.: Наука. 253 с.
- Кефели В. И., Власов П. В., Прусакова Л. Д., Коф Э. М., Борисова Т. А., Аскоченская Н. А., Чижова С. И., Макарова Р. В. 1990. Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений. Итоги науки и техники. Сер. «Физиология растений». М.: ВИНТИ. 7 : 160 с.
- Киселева Е. В., Шилов А. Г., Христолюбова Н. Б. 1974. Методы оценки основных стереологических параметров. В кн.: Применение стереологических методов в цитологии. Новосибирск: Ин-т цитологии и генетики. 33—53.
- Кулаева О. Н. 1973. Цитокинины, их структура и функция. М.: Наука. 264 с.
- Кулаева О. Н. 1985. Фитогормоны как регуляторы активности генетического аппарата и синтеза белка у растений. В кн.: Новые направления в физиологии растений. М.: Наука. 62—83.
- Кулаева О. Н., Чайлахян М. Х. 1984. Достижения и перспективы в исследовании фитогормонов. Агрехимия. 1 : 106—128.
- Кундельчук О. П., Тарасенко Л. В., Блюм Я. Б. 2002. Сравнение действия ампифосметила на структуру клеток корня у чувствительных и устойчивых к нему линий *Nicotiana plumbaginifolia*. Физиол. раст. 49 (3) : 425—430.
- Машанский В. Ф., Рабинович И. М. 1987. Ранние реакции клеточных органоидов. Л.: Наука. 120 с.
- Новиков В. Л., Шестак О. П., Логачев В. В., Анисимов М. М. 2003. Влияние некоторых синтетических аналогов природных (циклопентановых)  $\beta, \beta'$ -трикетонов на рост корня проростков (на примере *Cucumis sativus* L.). Раст. ресурсы. 39 (4) : 87—94.
- Платонова Т. А., Евсюнина А. С., Кораблева Н. П. 2004. Влияние амбиола на ультраструктуру митохондрий в клетках апексов клубней исходных и трансгенных растений картофеля. Прикл. биохим. микробиол. 40 (4) : 488—496.
- Полевой В. В., Саламатова Т. С. 1991. Физиология роста и развития растений. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та. 240 с.
- Рейнбольд А. М. 1986. Регуляторы роста растений с ретардантными свойствами. Агрехимия. 5 : 116—133.
- Реунов А. В. 1999. Вирусный патогенез и защитные механизмы растений. Владивосток: Дальнаука. 175 с.
- Реунов А. В., Лапина Л. А., Анисимов М. М., Логачев В. В., Шестак О. П., Новиков В. Л. 2004. Ультраструктура меристематических клеток корневого чехлика проростков *Cucumis sativus* L. при ингибировании роста корня синтетическим циклопентановым  $\beta, \beta'$ -трикетонном. Цитология. 46 (6) : 514—519.
- Стойнова Е. Д., Лилов Д. Ц. 1988. Ультраструктурные наблюдения над клетками корневого меристемы контрольных и обработанных хлорохлоридом черенков винограда. В кн.: Стимуляторы и ингибиторы ростовых процессов у растений. М.: Наука. 36—41.
- Соболь М. А. 2001. Роль ядрышка в реакциях растительных клеток на действие физических факторов окружающей среды. Цитология и генетика. 3 : 72—84.
- Ченцов Ю. С. 1984. Общая биология. М.: Изд-во Москов. ун-та. 352 с.

Шестак О. П., Новиков В. Л., Стехова С. И., Горшкова И. А. 1999. Синтез и биологическая активность некоторых 2-ацетилциклопент-4-ен-1,3-дионов. Хим.-фарм. журн. 33 (1): 18—21.

Эрдели Г. С., Хожжаинова Г. И., Шиллинг Г. 1992. Изобутираты — новый класс ретардантов. Воронеж: Изд-во ВГУ. 160 с.

Birch A. J. 1951.  $\beta$ -Triketones. 1. The structures of angustione, dehydroangustione, calythrone, and flavaspidic acid. J. Chem. Soc. 11: 3026—3030.

Kiang A. K., Lee H. H., Sim K. Y. 1962. The structure of linderone and methyl-linderone. J. Chem. Soc. 11: 4338—4345.

Lee H. H. 1968. The structure of lucidone and methyl-lucidone. Tetrahedron Lett. 40: 4243—4246.

Livine B. 2005. Eating oneself and uninvited guests: autophagy-related pathways in cellular defense. Cell. 120: 159—162.

Li X.-C., Ferreira O., Jacob M. R., Zhang R., Khan S. I., El-Sohly H. N., Nagle D. G., Smillie T. J., Khan I. A., Walker L. A., Clark A. M. 2004. Antifungal cyclopentenenediones from *Piper coruscans*. J. Amer. Chem. Soc. 126: 6872—6873.

Lum J. J., DeBerardinis R. J., Thompson C. B. 2005. Autophagy in Metazoans: cell survival in the land of plenty. Nat. Rev. Mol. Cell Biol. 6: 439—448.

Rinne P. L. H., Kaikuranta P. M., van der Schoot C. 2001. The shoot apical meristem restores its symplasmic organization during chilling-induced release from dormancy. Plant J. 26: 249—264.

Поступила 4 X 2006

#### INFLUENCE OF CYCLOPENTANE $\beta,\beta'$ -TRIKETONES ON THE ULTRASTRUCTURE OF ROOT CAP MERISTEMATIC CELLS OF *CUCUMIS SATIVUS* L. SEEDLINGS

A. V. Reunov,<sup>1</sup> L. A. Lapshina, K. A. Dyomina, O. P. Shestak, M. M. Anisimov, V. L. Novikov

Pacific Institute of Bioorganic Chemistry Far East Branch of RAN, Vladivostok;

<sup>1</sup> e-mail: antreunov@mail.ru

The influence of cyclopentane  $\beta,\beta'$ -triketones on the ultrastructure of root cap meristematic cells of *Cucumis sativus* L. under inhibition of root growth by these compounds was studied. It was shown that treatment of the seedlings by these substances at the concentration of 100  $\mu\text{g/ml}$  caused, on the one hand, stimulation of protein-synthesizing apparatus (increase in the nucleolus size and in the number of mitochondria and rough endoplasmic reticulum membranes) and, on the other hand, stimulation of lytic processes. The fact that the used compounds, causing inhibition of the seedling growth, do not suppress but stimulate protein-synthesizing activity of the cells, according to existing concept, testifies to the compound-mediated induction of the cell resistance to unfavourable factors. Consequently, these compounds, in contrast with growth inhibitors suppressing cell metabolism completely, possess properties peculiar to retardants, growth inhibitors valuable for crop production.

Key words: *Cucumis sativus*, cyclopentane  $\beta,\beta'$ -triketones, growth regulators, retardants, root cap, meristematic cells, ultrastructure.