

УДК 582.632.1:581.16:577.175.15

## ВЛИЯНИЕ ПИНОСИЛЬВИНА И ЕГО МЕТИЛОВОГО ЭФИРА НА РОСТ РАСТЕНИЙ

К. А. Петров, В. Е. Софронова, В. А. Чепалов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН  
677000, Республика Саха (Якутия), Якутск, просп. Ленина, 41

E-mail: kap\_75@bk.ru, vse07\_53@mail.ru, cva74@mail.ru

Поступила в редакцию 10.12.2015 г.

Приведены данные биотестирования пиносильвина (ПС) и его метилового эфира (МЭП), препаративно выделенных из покоящихся почек *Alnus fruticosa* (Rupr.). В качестве тест-объектов использовали отрезки coleoptилей пшеницы и водное растение *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. ПС и МЭП в низких концентрациях слабо стимулировали рост пшеницы за 22 ч инкубации. При повышении концентраций до 10–15 мг/л coleoptили замедляли рост на 20–35 % в первые 3 ч инкубации, а за 22 ч – на 21–48 %. МЭП оказывал более сильное ростоингибирующее действие, чем ПС. Повышение концентрации ПС в инкубационной среде до 25 мг/л приводило к торможению роста coleoptилей на 61 % за 22 ч. При этой же концентрации МЭП тормозил рост на 67 % в первые 3 ч и полностью подавлял его с потерей тургора за 22 ч. В случае *S. polyrhiza* добавление ПС в питательную среду в концентрации 1 мг/л приводило к снижению его роста и развития на 40 % через 10 дней после начала опыта, а при более высокой концентрации (25–50 мг/л) полностью угнетало ростовой процесс. При выращивании *S. polyrhiza* в питательной среде с МЭП (0,01, 0,1, 1,0 мг/л) отмечена слабая стимуляция его роста и развития. В то же время в концентрации 10 мг/л МЭП приводил к пожелтению растений в течение первых двух суток. Из этих данных следует, что ПС и МЭП обладают высокой биологической активностью.

**Ключевые слова:** пиносильвин, метиловый эфир пиносильвина, биотесты.

DOI: 10.15372/SJFS20170109

### ВВЕДЕНИЕ

Ранее при тестировании биологической активности хроматографических зон разделения эфирорастворимой фракции ацетоновых экстрактов покоящихся почек ольхи кустарниковой *Alnus fruticosa* Rupr., произрастающей в условиях Субарктики и Центральной Якутии, нами было показано накопление комплекса физиологически активных веществ (ФАВ) ( $\gamma$ -ингибитор) с выраженным ростоингибирующим свойством в биотестах. Дальнейшее исследование состава  $\gamma$ -ингибитора методами адсорбционной хроматографии позволило обнаружить две мажорные фракции (Okhlopkoва, Petrov, 1995; Петров, 1998а, б). Полученные данные позволяли предположить, что они участвуют в регуляции устойчивости почек к неблагоприятным факторам среды до выхода из состояния покоя. В ре-

зультате исследования химического состава упомянутых ингибиторных фракций нами идентифицированы стильбеновые фенольные соединения – пиносильвин-(Е)-5-(2-фенилэтенил)-1,3-бензолдиол (ПС) (Софронова, Петров, 2002) и его метиловый эфир (МЭП) (Петров и др., 2003).

Биотест благодаря специфичности и высокой чувствительности к очень низким концентрациям ФАВ с росторегулирующими свойствами в течение многих лет является крайне необходимым инструментом. Биотесты используются как для оценки уровня биологической активности эндогенных фитогормонов (ауксина, цитокинина, гиббереллинов), гормональных и фенольных ингибиторов в растениях, так и для выяснения физиологической активности исследуемых регуляторов роста в зависимости от их концентрации.

Задачи данной работы – препаративное выделение из покоящихся почек ольхи кустарниковой ПС и МЭП и изучение влияния стильбенов на прирост отрезков coleoptилей пшеницы, а также на рост и развитие многокоренника обыкновенного *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходным материалом служили покоящиеся почки ольхи кустарниковой, произрастающей в окрестностях г. Якутска. Выделение ПС и МЭП осуществляли из 200 г измельченных почек. Воздушно-сухое сырье заливали 70%-м ацетоном в соотношении 1:10 и настаивали 24 ч, затем экстракцию сырья повторяли 2 раза. Объединенное водно-ацетоновое извлечение упаривали под вакуумом до водного остатка, который экстрагировали последовательно петролейным эфиром и хлороформом. Последующее хроматографическое разделение экстрактивных веществ хлороформного извлечения осуществляли на силикагеле L 40/100 с использованием градиентной элюентной смеси хлороформ–этанол в различных соотношениях. Это привело к получению отдельных фракций, обогащенных ПС и МЭП, из аликвотных частей которых были получены целевые вещества методом препаративной ТСХ на силикагеле Kieselgel 60 F<sub>254</sub> фирмы Merck в системах толуол–этилацетат (93:7), бензол–ацетон (85:15). Окончательную очистку ПС осуществляли перекристаллизацией из водного спирта. Выход целевых продуктов индивидуальных ПС и МЭП составил 84 и 152 мг соответственно.

Для оценки биологической активности выделенных стильбеновых соединений выбрали тесты как на прирост отрезков coleoptилей пшеницы (Методы..., 1973), так и на рост и развитие многокоренника, впервые используемого в качестве биотеста для определения ростовой активности фенольных соединений.

Многокоренник обыкновенный – многолетнее водное растение из семейства рясковых с мелким листовидным стеблем (листецом) и пучком корешков, часто встречающийся в стоячих водоемах Центральной Якутии (рис. 1).

Размножается вегетативным путем по типу почкования, образуя колонию, состоящую из 3–6 дочерних растений. Растение длительное время культивировали в питательной среде Гельригеля с 1/2 дозой солей, рН 6.1–6.3, при температуре 27–30 °С, относительной влажности воздуха 95–100 % и круглосуточном освещении 7000 лк.



Рис. 1. Генетически однородная линия многокоренника обыкновенного и использование его в качестве биопробы.

В качестве исходного материала для выращивания использовали генетически однородную (клон), стандартную по росту (кривая Гаусса) и имеющую высокую скорость размножения растений колонию. По мере роста и развития многокоренника в лабораторных условиях питательную среду меняли через каждые 5–7 дней. Динамику роста и развития тест-объекта прослеживали в течение 11–12 дней. При этом число листецов подсчитывали с интервалом в 2–3 сут.

Все перечисленные опыты проведены в 5-кратной биологической и 3–4-кратных аналитических повторностях. Полученные данные обрабатывали методом однофакторного дисперсионного анализа с уровнем значимости 0.05 в среде Microsoft Excel 2003. На рис. 3–6 представлены средние арифметические величины и их стандартные отклонения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Препаративно выделенные кристаллические вещества имели следующие физико-химические характеристики.

**Пиносильвин** (Софронова, Петров, 2002). (E)-5-(2-фенилэтенил)-1.3-бензолдиол. Кристаллы розоватого цвета состава C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>, M 212 (рис. 2, a).

Идентификацию химической структуры проводили на основании качественных реакций, масс-спектрометрии, УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопии на ядрах <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C. C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>,

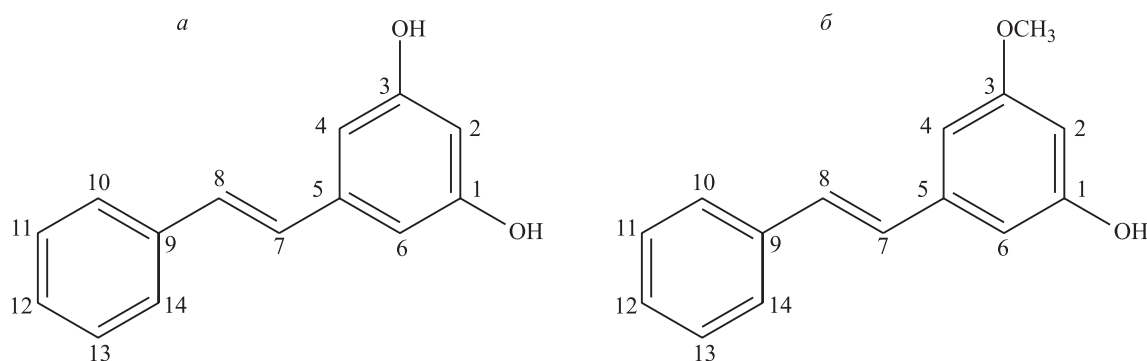


Рис. 2. Структурные формулы ПС (а) и МЭП (б).

белые пластинчатые кристаллы. М 212, масс-спектр,  $m/z$ : 212 (100 %), 165 (27.9 %), 141 (13.9 %), 82 (11.8 %), 45 (11.0 %). УФ-спектр:  $\lambda_{\max}$  209, 297, 307 нм. ИК-спектр ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3326, 1596, 1500, 1349, 1258, 1148, 1072, 865, 830, 751, 678. ПМР (500.132 МГц, хлороформ- $d_3$ -пиридин- $d_5$ ) (5:1 по объему),  $\delta$ , м. д.: 7.324 (м, 2Н, Н-10, Н-14), 7.182 (м, 2Н, Н-11, Н-13), 7.082 (м, 1Н, Н-12), 6.860 (с, 2Н, Н-7, Н-8), 6.517 (д, 2Н,  $J = 2.0$  Гц, Н-4, Н-6), 6.345 (тр, 1Н,  $J = 2.0$  Гц, Н-2). ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125.758 МГц, хлороформ- $d_3$ -пиридин- $d_5$ ) (5:1 по объему),  $\delta$ , м. д.: 158.93 (С-1), 138.97 (С-9), 137.06 (С-5), 128.93 (С-7), 128.19 (С-13), 127.90 (С-8), 127.01 (С-12), 126.08 (С-14), 105.07 (С-6), 102.85 (С-2).

**Монометилвый эфир пиносильвина** (Петров и др., 2003). Флюоресцирует в УФ-свете синим цветом, с паранитробензолдиазоний тетрафторборатом ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_3\text{O}_2\text{BF}_4$ ) дает оранжевое окрашивание, окрашивается 1%-м ванилином (конц. НСl) в розовый цвет.  $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}$ , М 226, масс-спектр,  $m/z$ : 226 (100 %), 211 (10.2 %), 194 (13.4 %), 177 (7.0 %), 165 (30.3 %), 152 (10.9 %). УФ-спектр:  $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$  209, 297, 307 нм. ИК-спектр ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3392, 3027, 2939, 2840, 1601, 1593, 1498, 830, 751, 678. ПМР (500.132 МГц, хлороформ- $d_3$ , внутренний стандарт – остаточный сигнал хлороформа при  $\delta$  7.24 м. д.): 7.48 (дд,  $J = 7.3$  и 1.3 Гц, Н-10, Н-14), 7.34 (тр, 2Н,  $J = 7.3$  Гц, Н-11, Н-13), 7.25 (т. тр, 1Н,  $J = 7.3$  и 1.3 Гц, Н-12), 7.05 (д, 1Н,  $J = 16.2$  Гц, Н-7), 6.98 (д, 1Н,  $J = 16.2$  Гц, Н-8), 6.64 (тр, 1Н,  $J = 2.2$  и 1.5 Гц, Н-6), 6.59 (тр, 1Н,  $J = 2.2$  и 1.5 Гц, Н-4), 6.32 (тр, 1Н,  $J = 2.2$  Гц, Н-2), 3.80 (с, 3Н, 3- $\text{OCH}_3$ ). ЯМР  $^{13}\text{C}$  (125.758 МГц, хлороформ- $d_3$ , внутренний стандарт – сигнал дейтерохлороформа при  $\delta$  76.90 м. д.): 161.04 (С-3), 156.73 (С-1), 139.63 (С-5), 136.97 (С-9), 129.34 (С-7), 128.58 (С-11), 128.22 (С-8), 127.68 (С-12), 126.49 (С-10), 105.86 (С-4), 104.92 (С-6), 100.92 (С-2), 55.29 ( $\text{CH}_3\text{O}$ ) (рис. 2, б).

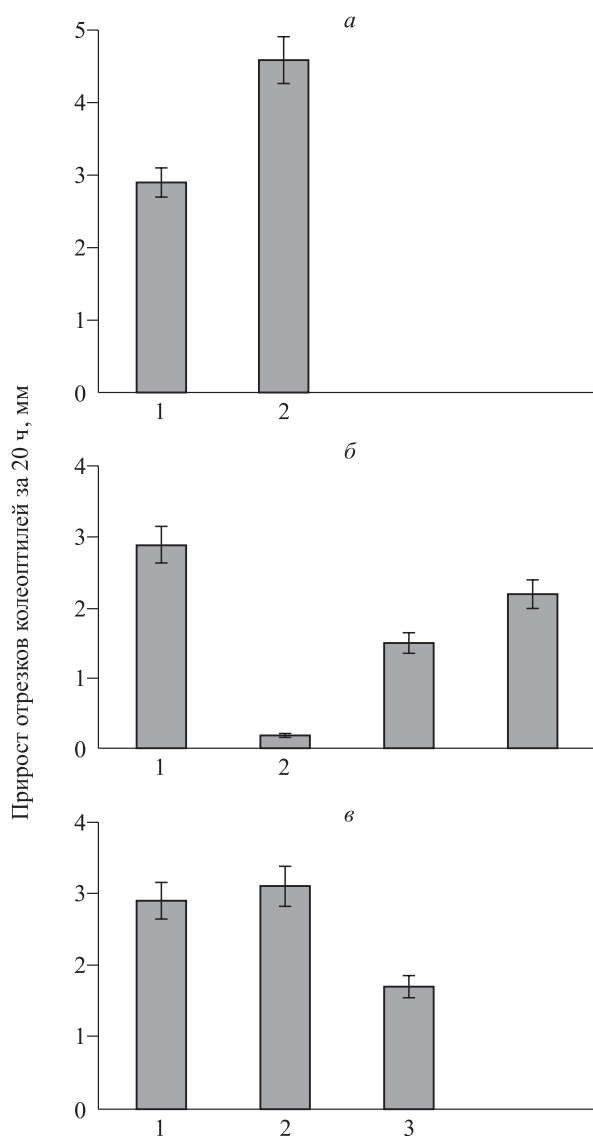
Анализ спектров и сравнение их со спектрами эталонного соединения показали, что выделенное вещество является МЭП.

Поскольку ПС и МЭП являются основными компонентами  $\beta$ -ингибиторного комплекса почек *A. fruticosa* (Петров, 1998б), для определения его биологической активности с помощью биотеста на рост клеток растяжением использовали отрезки coleoptiles пшеницы сорта Якутянка 224. На рис. 3 представлены результаты биологического тестирования активности ПС. Внесение в инкубационную среду ИУК (индолуксусная кислота) (1 мг/л) значительно активирует растяжение клеток (см. рис. 3, а), а природного фенольного соединения в концентрации 50 мг/л – практически полностью подавляет прирост coleoptiles (см. рис. 3, б).

В концентрациях 25 и 15 мг/л его ростостимулирующий эффект уменьшается и составляет по отношению к контролю 51.7 и 75.9 % соответственно. Отметим, что при совместном действии с ИУК (1 мг/л) ПС в концентрации 25 мг/л полностью снимает ростовой эффект ИУК (см. рис. 3, в).

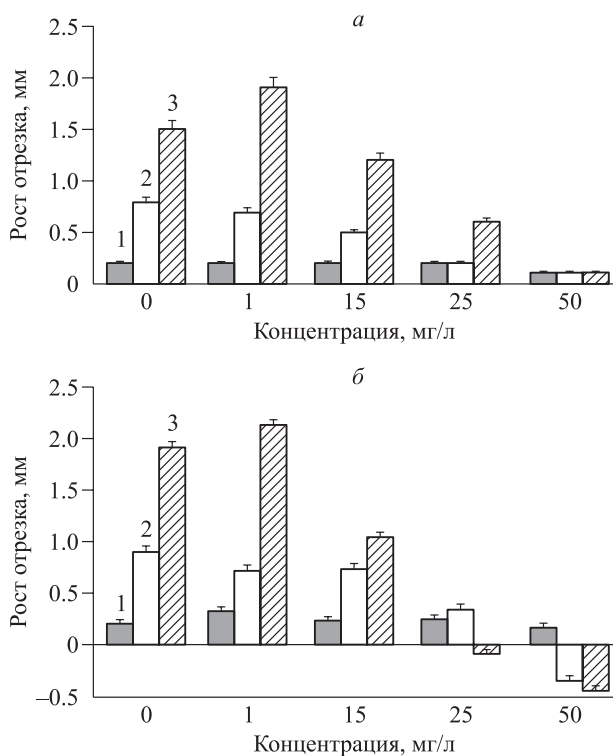
Результаты других модельных опытов по выявлению тормозящего действия стильбеновых фенольных соединений на рост отрезков coleoptiles пшеницы за 1, 3, 22 ч инкубации в водных растворах представлены на рис. 4.

Прирост отрезков coleoptiles в дистиллированной воде принимали за 100 %. При концентрации 1 мг/л ПС (см. рис. 4, а) и МЭП (см. рис. 4, б) активировали рост растяжением клеток на 26 и 11 % соответственно за 22 ч инкубации. При этом МЭП в первые 3 ч инкубации проявлял достоверный ростостимулирующий эффект. При увеличении концентрации стильбенов до 10–15 мг/л наблюдалось подавление роста coleoptiles в первые 3 ч инкубации на 20–35 %, а за 22 ч – на 21–48 %. МЭП по сравнению с ПС оказывал более сильное угнетающее дей-



**Рис. 3.** Влияние ПС, выделенного из почек ольхи старшиковой, на рост отрезков coleoptилей пшеницы. По оси абсцисс *а*: 1 – контроль, 2 – ИУК (1 мг/л); *б*: 1 – контроль, 2 – ПС (50 мг/л), 3 – ПС (25 мг/л), 4 – ПС (15 мг/л); *в*: 1 – контроль, 2 – ПС (25 мг/л) + ИУК (1 мг/л), 3 – ПС (25 мг/л) после 30 мин инкубации в ИУК (1 мг/л).

ствии. Дальнейшее повышение содержания ПС до 25 мг/л в инкубационной среде приводило к подавлению прироста coleoptилей на 61 % за 22 ч. При этой же концентрации МЭП тормозил рост клеток растяжением на 67 % в первые 3 ч, а за 22 ч ингибировал растяжение клеток с потерей тургора отрезков coleoptилей. Внесение ПС в концентрации 50 мг/л вызывало ингибирование роста уже в первый час инкубации и потерю тургора отрезков за 22 ч. В отличие от ПС действие МЭП в этой концентрации было более агрессивным: при внесении отрезков coleoptилей в инкубационную среду с МЭП ПС (50 мг/л)

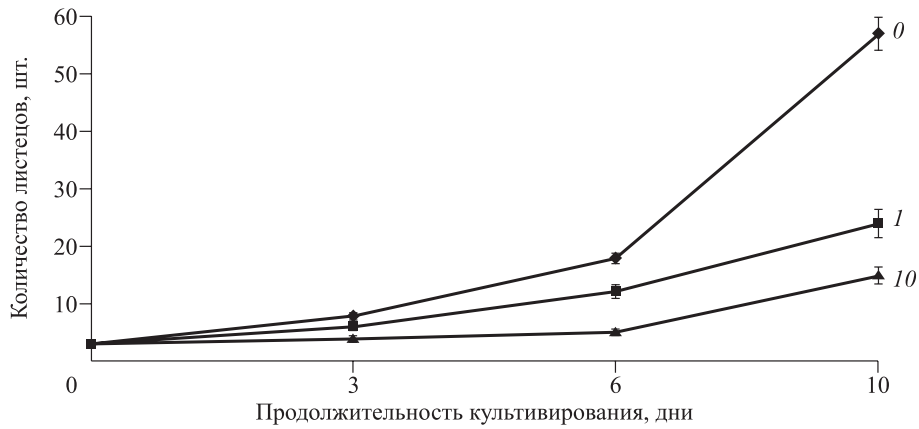


**Рис. 4.** Влияние ПС (*а*) и МЭП (*б*) на рост отрезков coleoptилей пшеницы в зависимости от концентрации. 1 – 1 ч, 2 – 3 ч, 3 – 22 ч инкубации.

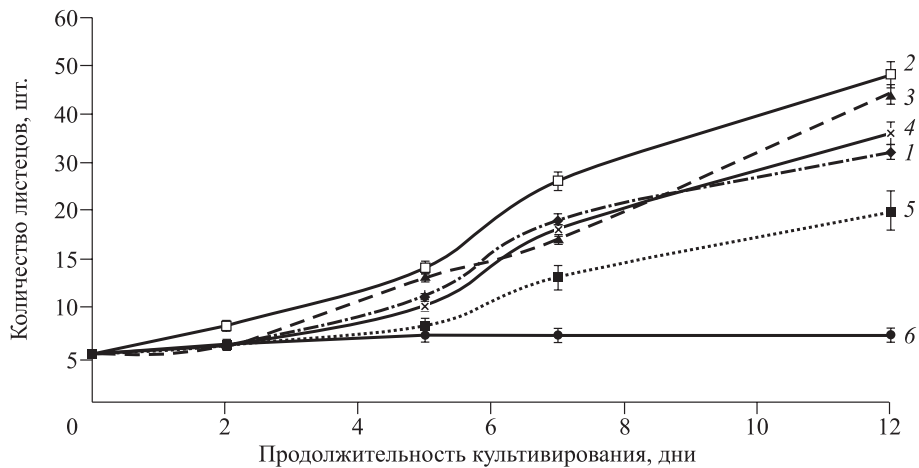
их рост прекращался и наблюдалась гибель в первые 3 ч.

Другая серия опытов посвящена изучению действия стильбенов на рост и развитие водного растения многокоренника (рис. 5 и 6). Результаты экспериментов выявили следующее. ПС, добавленный в питательную среду в концентрации 1 мг/л, приводит к снижению вегетативного размножения тест-объекта примерно на 40 % за 10 дней после начала культивирования (см. рис. 5). Одновременно у опытных растений наблюдалось появление желтых листочков, причем они составляли приблизительно 50 % от общей площади растений. Повышение концентрации ПС до 10 мг/л и выше полностью ингибировало рост и развитие данного биотеста.

При выращивании растений многокоренника в среде, содержащей 0.01, 0.1, 1.0 мг/л МЭП, наблюдалась заметная стимуляция ростовых процессов (см. рис. 6). Однако, начиная с концентрации 10 мг/л, они угнетали рост и развитие многокоренника, приводя к пожелтению 20 % листочков через 2 дня. Одновременно наблюдалось помутнение питательной среды, что, по-видимому, происходит за счет выхода внутриклеточного содержимого. В среде с концентрацией МЭП 25 мг/л рост и развитие многокоренника



**Рис. 5.** Влияние ПС на рост и развитие *Spirodela polyrhiza* за 10 дней культивирования в среде Гельригеля с половинной дозой солей, мг/л: 0, 1, 10 – 0, 1, 10 соответственно. Перед началом опыта в каждый сосуд переносили колонию, состоящую из трех листочков.



**Рис. 6.** Влияние МЭП на рост и развитие *Spirodela polyrhiza* за 12 дней культивирования в среде Гельригеля с половинной дозой солей в зависимости от концентрации, мг/л: 1 – контроль, 2 – 0.01, 3 – 0.1, 4 – 1, 5 – 10, 6 – 25.

полностью прекращалось и наблюдалась гибель растений в течение первых двух суток.

Испытание стандарта АБК (абсцизовая кислота, гормональный ингибитор роста растений) на рост и развитие многокоренника показало, что она способна ингибировать на 100 % рост и развитие данного биотеста при концентрации 10 мг/л, а в дозе 0.1 мг/л тормозящее действие гормонального ингибитора составляло 35–40 % по сравнению с контрольным вариантом (рис. 7).

Переходя к обсуждению описанных экспериментальных результатов, необходимо отметить, что ПС и МЭП, обнаруженные и идентифицированные нами в почках ольхи, являются сравнительно широко распространенными соединениями в растительном мире – Pinaceae, Betulaceae, Moraceae, Leguminosae, Myrtaceae (Norin, 1989). В сосне обыкновенной они накапливаются

в сердцевине (ядровой древесине), при стрессе – в молодой развивающейся хвое, иглах, гипокотилеях и известны широкому кругу исследователей как биологически активные вещества, обладающие антимикробными и противогрибковыми свойствами (Lange et al., 1994; Celimene et al., 2001). Их образование контролируется стильбенсинтазой, которая кодируется маленьким генным семейством (*sts gene*) (Kodan et al., 2002).

Предполагают, что генное разнообразие, возможно, отобрано в результате абиотических и биотических стрессов в ходе эволюции. Функциональная дивергенция членов семейства (*sts gene*) индуцирует синтез ПС и МЭП у древесных растений под воздействием различных внешних – патогенной флоры, УФ-радиации, озона (Lange et al., 1994; Wulff et al., 1996; Zinser et al.,

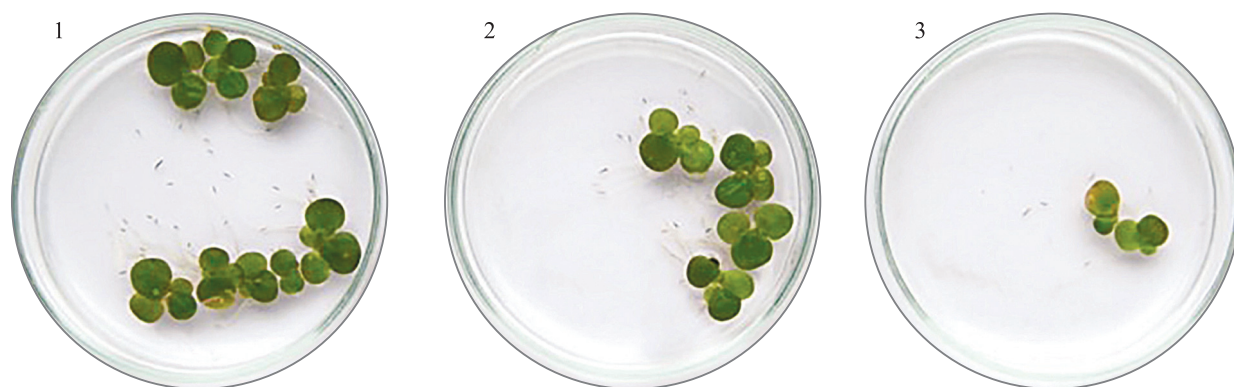


Рис. 7. Действие АБК в разных концентрациях на рост и развитие многокоренника обыкновенного. 1 – контроль; 2 – 0.1; 3 – 10.0 мг/л.

2000) и внутренних (Fries et al., 2000) факторов. Возможно, синтез стильбенов является неспецифическим адаптивным ответом растений на разнообразные стрессы и тесно связан с проблемой общей устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам. При этом можно допускать действие принципа полифункциональности стильбеновых соединений. Так, кроме свойств фитоалексинов, антифидантов некоторые мономерные стильбеновые соединения, близкие по химическому строению ПС и МЭП, могут функционировать в качестве эндогенных ингибиторов роста. К ним можно отнести лунуларовую кислоту (дигидростильбеновое соединение) – основной регулятор вхождения в состояние покоя печеночного мха *Lunularia cruciata* (L.) Dum, бататасин III, присутствующий в клубнях батата *Dioscorea batatis*, бататасин I (6-гидрокси, 2, 4, 7-триметоксифенантрен), синтезируемый из стильбенового предшественника, найденного в ятрышнике шлемоносном *Orchis militaris* (Полевой, 1982; Harborne, 1984).

Многочисленные исследования, посвященные изучению природных регуляторов роста у растений, показали, что к числу наиболее известных ингибиторов фенольной природы относятся салициловая, коричная, паракумаровая кислоты, кумарин, эскулетин, скополетин, нарингенин, изосалипурпозид, флоридзин (Кефели, 1997). Диапазон их физиологически активных концентраций, тормозящих растяжение клеток в осевых органах злаковых растений, находится в пределах  $5 \cdot 10^{-4}$ – $5 \cdot 10^{-3}$  М, а у изученных нами стильбенов –  $4.4 \cdot 10^{-5}$ – $1.1 \cdot 10^{-4}$  М. Из этого следует, что тормозящее рост действие ПС и МЭП в 50–100 раз сильнее по сравнению с приведенными классическими фенольными ингибиторами. Увеличение размера клетки coleoptily обусловлено поступлением воды в цен-

тральную вакуоль, которая в растягивающихся клетках занимает большую часть объема. Это дает основание предполагать, что торможение роста отрезков coleoptily при действии стильбенов вызвано большей потерей клетками воды, чем ее поступлением из инкубационной среды. Об этом свидетельствует также сокращение длины отрезков от исходной при концентрациях стильбенов выше 25 мг/л, которое указывает на падение тургора клеток за счет дефицита воды. Такой эффект возможен при подавлении или нарушении стильбенами функций мембранных систем растительной клетки, что может привести к изменению их проницаемости для ионов  $H^+$ , воды и осмотически активных веществ, а также миграции энергии и транспорта электронов.

Второй тест-объект – водное растение многокоренник обыкновенный – в такой же степени оказался высокочувствительным к воздействию ПС и МЭП. У данного биотеста наряду с ингибированием ростовых процессов наблюдалось пожелтение листочков при концентрациях стильбенов выше 10 мг/л, по-видимому, в результате снижения защиты молекул хлорофиллов от распада. Здесь также особую роль могут играть мембранная и гормональная системы растительных клеток при воздействии стильбенов.

В целом нормальную регуляцию роста биотестов контрольного варианта следует рассматривать как баланс между фитогормонами и их антагонистами (природных ингибиторов роста), относительное содержание которых в тканях строго скоординировано. Как известно, фенольные ингибиторы роста стимулируют биосинтез и уровень эндогенных фитогормонов на разных этапах их функционирования, начиная с момента синтеза и вплоть до стадии их использования (Кефели, 1997). Об этом свидетельствуют и результаты наших опытов. При низких концентра-

циях (до 1 мг/л) изученные нами стильбеновые соединения стимулируют рост клеток тест-объектов, а при известных высоких концентрациях являются ингибиторами роста высших растений.

Дальнейшее изучение механизмов действия ПС и МЭП может осуществляться наиболее плодотворно при использовании комплексного подхода к проблеме, включая выяснение основных вопросов на субклеточном, клеточном, тканевом, органном уровнях и на уровне целого растения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из покоящихся почек ольхи кустарниковой, произрастающей в условиях Центральной Якутии, выделены и идентифицированы известные природные соединения ПС и МЭП, но не описанные в литературе как эндогенные фенольные ингибиторы роста. Изучение биологической активности препаративно выделенных из почек ПС и МЭП показало, что при концентрациях ниже 1 мг/л они достоверно стимулируют рост клеток растяжением у отрезков колеоптилей пшеницы, а также рост и развитие *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. При увеличении концентрации этих стильбеновых соединений до 10 мг/л и выше в дистиллированной воде и питательной среде Гельригеля изученные фенольные соединения оказывают значительное тормозящее действие на ростовые процессы тест-объектов. Сделан вывод о том, что они являются природными физиологически активными веществами, участвующими в регуляции роста и развития высших растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кефели В. И. Природные ингибиторы роста // Физиол. раст. 1997. Т. 44. № 3. С. 471–480.  
 Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов / отв. ред. Ю. В. Ракитин. М.: Наука, 1973. 198 с.  
 Петров К. А. Ингибиторы роста древесных растений криолитозоны // Наука и образование. 1998а. № 1. С. 35–38.  
 Петров К. А.  $\gamma$ -ингибитор в почках субарктического ольховника // Сиб. экол. журн. 1998б. Т. 5. № 3–4. С. 285–289.  
 Петров К. А., Софронова В. Е., Алексеев А. А., Чепалов В. А. Новые природные ингибиторы

роста – стильбены почек ольховника кустарникового // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: мат-лы III Междунар. науч. конф. Минск, 2003. С. 97–98.  
 Полевой В. В. Фитогормоны. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 248 с.  
 Софронова В. Е., Петров К. А. Новый фенольный ингибитор роста из почек *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar // Раст. ресурсы. 2002. Т. 38. Вып. 1. С. 92–97.  
 Celimene C. C., Smith D. R., Young R. A., Stanosz G. R. In vitro inhibition of *Sphaeropsis sapinea* by natural stilbenes // Phytochem. 2001. V. 56. N. 1. P. 161–165.  
 Fries A., Ericsson T., Gref R. High heritability of wood extractives in *Pinus sylvestris* progeny tests // Can. J. For. Res. 2000. V. 30. N. 11. P. 1707–1713.  
 Harborne J. B. Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis. London; New York, 1984. 288 p.  
 Kodan A., Kuroda H., Sakai F. A stilbene synthase from Japanese red pine *Pinus densiflora*. Implication for phytoalexin accumulation and down-regulation of flavonoid biosynthesis // Plant Biol. 2002. V. 99. N. 5. P. 3335–3339.  
 Lange B. M., Trost M., Heller W., Langebartels C., Sandermann Jr. H. Elicitor-induced formation of free and cell-wall-bound stilbenes in cell-suspension cultures of Scots pine *Pinus sylvestris* L. // Planta. 1994. V. 194. N. 1. P. 143–148.  
 Norin T. Stilbenes, conioids and other polyaryl natural products // Natural Products of Woody Plants / W. J. Rowe (Ed.). Springer-Verlag, 1989. P. 512–533.  
 Okhlopkova Zh. M., Petrov K. A. The growth inhibitors in buds of the northern wood plants (*Duschekia fruticosa* as a model) // Proc. Symp. Joint Permafrost Study between Japan and Russia in 1992–1994. Yakutsk, 1995. P. 93–96.  
 Wulff A., Anttonen S., Heller W., Sandermann Jr., Karenlampi L. Ozone-sensitivity of Scots pine and Norway spruce from northern and local origin to long-term open-field fumigation in Central Finland // Environ. Exp. Bot. 1996. V. 36. N. 2. P. 209–227.  
 Zinser C., Jungblut T., Heller W., Seidlitz H. K., Schnitzler J. P., Ernst D., Sandermann Jr. The effect of ozone in Scots pine *Pinus sylvestris* L.: gene expression, biochemical changes and interactions with UV-B radiation // Plant Cell and Environ. 2000. V. 23. Iss. 9. P. 975–982.

## THE INFLUENCE OF PINOSYLVIN AND ITS METHYL ESTER ON THE GROWTH OF PLANTS

**K. A. Petrov, V. E. Sofronova, V. A. Chepalov**

*Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Prospekt Lenina, 41, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677000 Russian Federation*

---

E-mail: kap\_75@bk.ru, vse07\_53@mail.ru, cva74@mail.ru

In this article are given the biotesting data of pinosylvin (PS) and its methyl ester (PSME) isolated from dormant buds of *Alnus fruticosa* (Rupr.). Coleoptile segments of wheat and aquatic plant *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. were used as the test objects. Low concentrations of PS and PSME have weakly stimulated the growth of wheat during 22 hours of incubation. If concentrations of PS and PSME are increased up to 10–15 mg/L during the first 3 hours of incubation, the growth of coleoptiles slowed by 20–35 %, but during 22 h the growth reduced by 21–48 %. The PSME has stronger growth-inhibitory effect than PS. Further increasing of PS concentration (up to 25 mg/l) inhibited the growth of coleoptiles by 61 % during 22 hours. At the same concentration the PSME inhibited the growth by 67 % during the first 3 hours and completely suppressed the growth with loss of turgor during 22 hours. In the case of *S. polyrhiza* adding PS with 1 mg/l concentration to the nutrient medium resulted in decrease of its growth and development after 10 days of experiment by 40 %, but with higher concentration (25–50 mg/l) the growth process was completely inhibited. *S. polyrhiza* grown in a nutrient medium with 0.01, 0.1 and 1 mg/l concentrations of PSME shows a weak stimulation of growth and development. At the same time the PSME concentrations higher than 10 mg/l led to yellowing of plants during the first 2 days. These results show that pinosylvin and its methyl ester inhibit the growth of wheat coleoptiles segments in 50–100 times stronger than the known phenolic inhibitors (carboxylic acids, polyphenols and their glycosides).

**Keywords:** *pinosylvin, pinosylvin methyl ester, biological tests.*

**How to cite:** Petrov K. A., Sofronova V. E., Chepalov V. A. The influence of pinosylvin and its methyl ester on the growth of plants // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2017. N. 1: 87–94 (in Russian with English abstract).