

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ И БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

<i>Дурнова Н. А., Шереметьева А. С., Тяпкина Д. А.</i> Изучение митозмодифицирующего влияния экстракта алоэ жидкого ( <i>Extractum Aloes fluidum</i> ) с использованием <i>Allium test</i> .....	3
<i>Иванова Л. А., Врачева Л. Л.</i> Особенности культивирования <i>Rhododendron indicum</i> (L.) Sweet в защищенном грунте в условиях Кольского севера .....	12
<i>Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Полуконова А. В., Мудрак Д. А., Андреева А. А., Аврамец О. А., Прилепский А. Ю.</i> Исследование цитотоксической и цитостатической активности флавоноидсодержащего экстракта кирказона ломоносовидного ( <i>Aristolochia clematitis</i> L.) в экспериментах <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> .....	23

### СТРУКТУРНАЯ БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

<i>Степанов С. А.</i> Склеренхима <i>Populus nervirubens</i> Alb.: полиморфизм клеток .....	39
---	----

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Идрисова Г. З., Сергеева И. В., Шевченко Е. Н., Пономарева А. Л.</i> Редкие и охраняемые виды растений родников западного Казахстана .....	66
---	----

## CONTENS

### INTRODUCTION OF PLANTS AND BOTANICAL RESOURCES

- Durnova N. A., Sheremetyeva A. S., Tyapkina D. A.* Study the Effect of Extractum Aloes Fluidum on the Mitotic Activity of Cells Using the Allium Test ..... 3
- Ivanova L. A., Viracheva L. L.* Features of the Cultivation of *Rhododendron indicum* (L.) Sweet in Greenhouses in the Kola North ..... 12
- Polukonova N. V., Navolokin N. A., Polukonova A. V., Mudrak D. A., Andreeva A. A., Avramets O. A., Prilepsky A. Yu.* Investigation of Cytotoxic and Cytostatic Activity of Flavonoid-containing Extract of Kirkazone of Iomonosovide (*Aristolochia clematitis* L.) in Experiments *in vitro* and *in vivo* .. 23

### STRUCTURAL BOTANY, PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF PLANTS

- Stepanov S. A.* The sclerenchyma *Nervirubens populus* Alb.: polymorphism of cells ..... 39

### SHORT COMMUNICATIONS

- Idrisova G. Z., Sergeeva I. V., Shevchenko E. N., Ponomareva A. L.* Rare and Protected Plant Species of Springs in Western Kazakhstan ..... 66

## ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ И БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

УДК 615.322

### ИЗУЧЕНИЕ МИТОЗМОДИФИЦИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКТА АЛОЭ ЖИДКОГО (EXTRACTUM ALOES FLUIDUM) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ALLIUM TEST

Н. А. Дурнова, А. С. Шереметьева, Д. А. Тяпкина

*Саратовский государственный медицинский университет  
имени В. И. Разумовского  
Россия, 410012, Саратов, Б. Казачья, 112  
E-mail: anna-sheremetyewa@yandex.ru*

Поступила в редакцию 02.04.2018 г., принята 23.04.2018 г.

Проведена оценка цитогенетического действия экстракта алоэ жидкого (Extractum Aloes fluidum) в диапазоне концентраций 250–4000 мг/л на клетки меристемы корней лука (*Allium cepa* L.). Учитывалась динамика роста корней лука, а также показатель митотической активности – митотический индекс. Анализ препаратов клеток корней *A. cepa* после воздействия экстрактов алоэ разных концентрации относительно негативного (дистиллированная вода) и позитивного (диоксидин 100 мг/л) контроля показал статистически значимую ( $p < 0.05$ ) обратную зависимость прироста корней и митотического индекса от концентрации. Установлено достоверное ( $p < 0.05$ ) митостатическое действие экстракта алоэ жидкого при концентрациях 500 мг/л, 1000 мг/л, 2000 мг/л, 4000 мг/л на клетки корней лука по сравнению с негативным контролем. Максимальная концентрация экстракта проявила ингибирование митотической активности сильнее ( $p < 0.05$ ), чем позитивный контроль. При воздействии на корни *A. cepa* экстракта алоэ минимальной исследуемой концентрацией 250 мг/л наблюдалась стимуляция митоза относительно негативного контроля. В результате проведенного эксперимента установлено, что алоэ жидкий обладает противоположными свойствами: при минимальной исследуемой концентрации (250 мг/л) экстракт продемонстрировал митозстимулирующие свойства, а при остальных (500–4000 мг/л) – ингибирование митотической активности.

**Ключевые слова:** экстракт алоэ жидкий, митотический индекс, *Allium test*.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-3-11

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование возможного воздействия БАВ на деление клеток является одним из важных аспектов изучения их биологической активности и включено в руководство ВОЗ по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ (Руководство..., 1989). Для первичной оценки цитогенетического действия факторов химической и физической природы, оказывающие влияние на митотическую активность широко используется *Allium test* (Руководство..., 1989; Levan, 1949; Fiskesjo, 1985; Лаврский и др., 2013).

Для экстрактов некоторых лекарственных растений выявлена способность по-разному влиять на наследственный аппарат клеток, оказывая митозстимулирующее или митостатическое действие (Песня и др., 2011; Шереметьева, 2017). Экстракт алоэ жидкий – биогенный стимулятор растительного происхождения (Машковский, 2017). Согласно инструкции по применению инъекционного лекарственного препарат «алоэ экстракт жидкий» (ЛП-001319 от 01.06.2015) оказывает адаптогенное, общетонизирующее, противовоспалительное действие, улучшает клеточный метаболизм, трофику и регенерацию тканей (Реестр..., 2016). Нативный сок алоэ показал антиоксидантную активность в эксперименте по определению биологической активности кондуктометрическим методом (Рюшина и др., 2010). Другое исследование по влиянию ударных доз (в восемь раз больше терапевтической) экстракта алоэ на течение кистозной мастопатии у белых самок крыс доказало неполное обратное развитие заболевания в экспериментальной группе по сравнению с контролем (Огольцова и др., 2002), что указывает на его вероятную митостатическую активность. При этом прямые экспериментальные доказательства влияния экстракта алоэ разных концентраций на митотическую активность клеток отсутствуют.

Цель: изучить влияние экстракта алоэ жидкого разных концентраций (250 мг/л, 500 мг/л, 1000 мг/л, 2000 мг/л, 4000 мг/л) на митотическую активность с помощью *Allium test*.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для оценки митотической активности экстракта алоэ жидкого с помощью *Allium test* использовали луковицы *Allium cepa* сорт ‘Штутгартенризен’ (Fiskesjo, 1985), которые проращивали в течение трех суток в растворах разных концентраций. Эксперимент проведен в 5-ти кратной повторности. В каждой серии исследовали 7 опытных групп: экстракт алоэ жидкий, приготовленный серией двукратных разведений

инъекционного лекарственного препарата: 250 мг/л, 500 мг/л, 1000 мг/л, 2000 мг/л, 4000 мг/л позитивный контроль – диоксидин в концентрации 100 мг/л (Шкарупа, Барияк, 2006; Шкарупа и др., 2010; Шереметьева и др., 2017) и негативный контроль – дистиллированная вода.

Анализ митотической активности проводили с помощью двух показателей: прироста корней и митотического индекса (Fiskesjo, 1985). Измерение динамики прироста осуществляли на 3-и сутки: с луковиц срезали по 15 самых длинных корней, измеряли их длину линейкой и фиксировали в ацетоалкоголе. Затем готовили микропрепараты меристем корней *A. vera* по стандартной методике (Калаев, 2004). При анализе микропрепаратов использовали микроскоп «Carl Zeiss Primo Star» и видеоокуляр CMOS 3.1МП. На каждом микропрепарате учитывали клетки на разных стадиях митоза и число клеток на стадии интерфазы. Просматривали не менее 1000 клеток при увеличении  $16 \times 40$ . Всего было проанализировано 34277 клеток (34 микропрепарата).

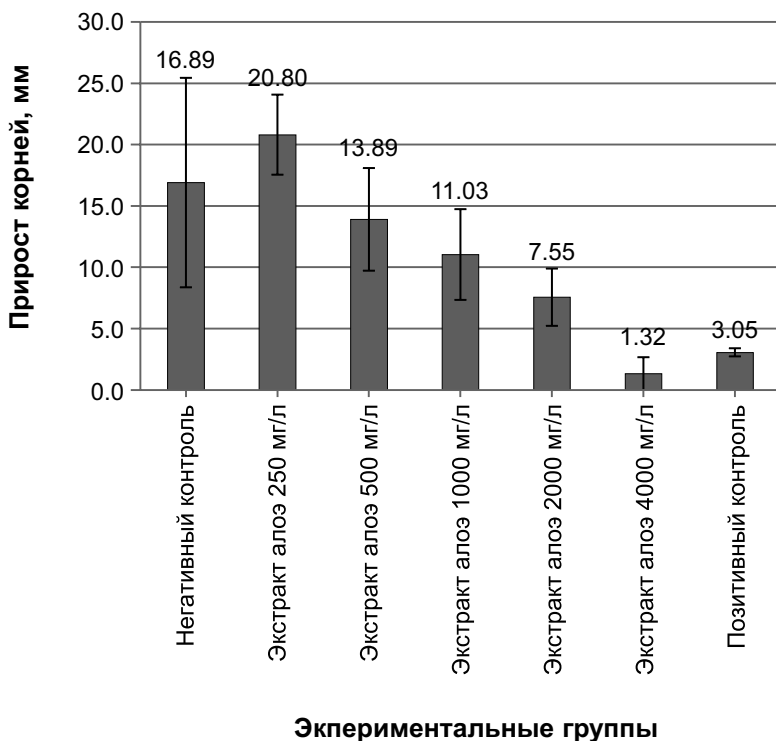
Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office 2016 с использованием критерия Стьюдента. Различия считались достоверными при  $p < 0.05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение длины корней *A. vera*, получавших воздействие экстрактов алоэ разных концентраций (4000 мг/л; 2000 мг/л; 1000 мг/л; 500 мг/л; 250 мг/л) показало зависимость прироста от концентрации (рис. 1).

В эксперименте наблюдалась обратная зависимость показателей: при увеличении концентрации воздействующего экстракта, прирост корней уменьшался. Корни, прораставшие в экстракте при концентрации 250 мг/л, показали больший прирост ( $20.8 \pm 3.7$  мм) по сравнению с негативным контролем ( $16.9 \pm 8.5$  мм) (но различия при  $p < 0.05$  не достоверны). При концентрациях экстракта алоэ 500 мг/л, 1000 мг/л и 2000 мг/л прирост корней был меньше ( $13.9 \pm 4.2$ ;  $11.0 \pm 3.7$  и  $7.6 \pm 2.3$  мм соответственно) относительно негативного контроля (различия достоверны при  $p < 0.05$ ), но больше чем в позитивном ( $3.1 \pm 0.3$  мм) (различия достоверны при  $p < 0.05$ ). А при концентрации экстракта 4000 мг/л корешки продемонстрировали меньший прирост ( $1.3 \pm 1.3$  мм) по сравнению с позитивным контролем ( $3.1 \pm 0.3$  мм) (различия достоверны при  $p < 0.05$ ).

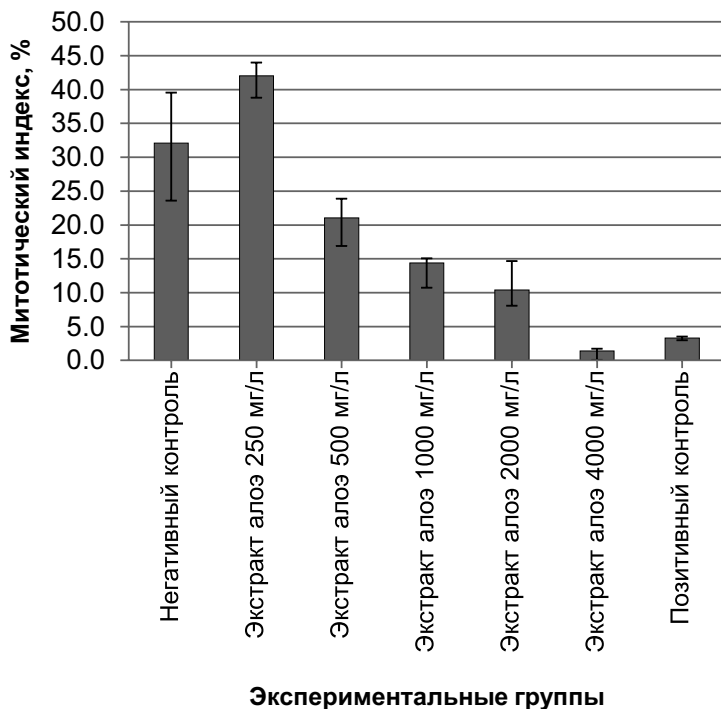
Сравнение значений митотического индекса корней *A. vera*, получавших воздействие экстрактов алоэ разных концентраций (4000 мг/л; 2000 мг/л; 1000 мг/л; 500 мг/л; 250 мг/л) подтвердило обратную зависимость митотического индекса от концентрации (рис. 2).



**Рис. 1.** Длина корешков *A. sepa* в разных экспериментальных группах  
**Fig. 1.** Length of *A. sepa* roots in different experimental groups

Значения митотического индекса при воздействии на корни экстракта алоэ концентрацией 250 мг/л ( $42.0 \pm 2.1\%$ ) были больше по сравнению с негативным контролем ( $32.1 \pm 4.1\%$ ) (при  $p < 0.05$ ). При концентрациях экстракта 500 мг/л, 1000 мг/л и 2000 мг/л митотический индекс меньше ( $21.1 \pm 2.5\%$ ,  $14.4 \pm 1.2\%$ ,  $10.4 \pm 3.1\%$  соответственно), чем в негативном контроле ( $32.1 \pm 4.1\%$ ) (при  $p < 0.05$ ), но больше, чем позитивном ( $3.3 \pm 0.7\%$ ) (при  $p < 0.05$ ). При максимальной концентрации (4000 мг/л) митотический индекс составил  $1.4 \pm 0.8\%$ , что ниже по сравнению с позитивным контролем ( $3.3 \pm 0.7\%$ ) ( $p < 0.05$ ).

Исследований по влиянию растительных экстрактов на скорость деления клеток до настоящего времени проводилось немного. Изучалось влияние антидиабетического растительного сбора (*Rubus*



**Рис. 2.** Значения митотического индекса в разных экспериментальных группах  
**Fig. 2.** The values of the mitotic index in different experimental groups

Изучалось влияние антидиабетического растительного сбора (*Rubus fruticosus* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Potentilla erecta* Uspenski ex Ledeb., *Geum banum* L. и *Phaseolus vulgaris* L.) на митотическую активность клеток *A. cepa* (Madic et al., 2017) при концентрациях 400 мкг/мл (400 мг/л), 800 мкг/мл (800 мг/л), 1200 мкг/мл (1200 мг/л) по сравнению с негативным (дистиллированная вода) и позитивным (толуол 500 мкг/мл (500 мг/л)) контролем. Показано, что компоненты сбора оказали ингибирование митоза, зависящее от концентрации (при увеличении концентрации экстракта митотическая активность снижалась). Все испытуемые экстракты оказывали максимальное митостатическое действие ( $p < 0.05$ ) при концентрации 1200 мг/л, и минимальное – при концентрации 400 мг/л, при этом экстракт *Potentilla erecta* при концентрации 400 мг/л не проявил достоверного снижения

митотического индекса по сравнению с позитивным контролем.

Исследуемые экстракты алоэ жидкого были взяты в концентрациях, близких к концентрациям в описанном эксперименте по изучению антидиабетического сбора и показали аналогичную обратную зависимость митотического индекса от концентрации. Митостатические свойства по сравнению с негативным контролем экстракт алоэ жидкий проявляет в диапазоне концентраций 500–2000 мг/мл, как и компоненты антидиабетического сбора в исследованных концентрациях (400–1200 мг/мл). Терапевтическая концентрация (4000 мкг/мл) лекарственного препарата экстракта алоэ жидкого ингибирует митоз сильнее, чем позитивный контроль и компоненты антидиабетического сбора в изученном диапазоне концентраций.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведен анализ цитогенетической активности экстракта алоэ жидкого с помощью *Allium test*, который показал противоположные свойства: относительно влияния на митоз в растительных тканях экстракт алоэ жидкий продемонстрировал митозстимулирующие свойства при концентрации 250 мг/л по сравнению с негативным контролем, но с увеличением концентрации наблюдалось угнетение митотической активности (при концентрации 4000 мг/л экстракт показал митостатические свойства по сравнению с позитивным контролем). Так как полученные ранее результаты влияния экстракта на течение кистозной мастопатии (угнетение ее развития) у белых самок крыс показало вероятную митостатическую активность экстракта алоэ (Огольцова и др., 2002), то полученные нами экспериментальные данные актуализируют вопрос зависимости эффекта его воздействия от концентрации, а также вопрос механизмов биологического действия этого экстракта на клеточную пролиферацию и биогенную стимуляцию в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Калаев В. Н.* Цитогенетический мониторинг: методы оценки загрязнения окружающей среды и состояния генетического аппарата организма. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. 80 с.

*Лаврский А. Ю., Лебединский И. А., Кузаев А. Ф., Четанов Н. А., Артамонова О. А.* Влияние электромагнитных колебаний различных частот на деление клеток в меристеме корня *Allium cepa* // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 5 – 1 (12). С. 43 – 45.

*Машковский М. Д.* Лекарственные средства. М.: Новая Волна, 2017. 1216 с.  
*Огольцова Ж. А., Чумаченко П. А., Мнихович М. В., Анисимова С. А.*



К вопросу о влиянии алоэ на дисгормональные процессы в молочной железе в эксперименте // Материалы региональной научно-практической конференции НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. С. 148.

Песня Д. С., Серов Д. А., Вакорин С. А., Прохорова И. М. Исследование токсического, митозмодифицирующего и мутагенного действия Борщевика Сосновского // Ярославский педагогический вестник. 2011. Том. 3, № 4. С. 93–98.

Реестр лекарственных средств России – Энциклопедия лекарств. М.: РЛС, 2016. 1520 с.

Руководство по краткосрочным тестам для выявления мутагенных и канцерогенных химических веществ. Женева: Всемирная организация здравоохранения, «Медицина», 1989. 212 с.

Роушина В. А., Габрук Н. Г., Шутеева Т. А. Идентификация биологически активных компонентов *Aloe arborescens* Miller // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2010. Вып. 10, № 3 (74). С. 93 – 96.

Шереметьева А. С. Allium test в исследованиях цитогенетических эффектов биологически активных веществ // Экспертное мнение: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. С. 21 – 25.

Шереметьева А. С., Жук А. А., Переверзева Я. О., Хомякова У. А. Исследование влияния диоксидина на митотическую активность корней *Allium cepa* // Бюллетень медицинских-интернет конференций. 2017. <https://medconfer.com/node/14974> (дата обращения: 21.03.2018.).

Шкарупа В. М., Барияк І. Р. Мутагенез, індукований діоксидином в Allium-тесті // Цитология и генетика. 2006. Т. 40, вып. 5. С. 31 – 35.

Шкарупа В. М., Барияк І. Р., Неумержицька Л. В., Гуменюк І. Д. Генопротекторний ефект гумату натрію за умов індукованого оксидантного стресу // Цитология и генетика. 2010. Т. 44, вып. 1. С. 54 – 56.

Fiskesjo G. The Allium Test as a Standard in Environmental Monitoring // Hereditas. 1985. Vol. 102. P. 99 – 112.

Levan A. The Influence on Chromosomes and Mitosis of Chemicals, as Studied by the Allium Test // Hereditas. 1949. Vol. 35. P. 325 – 337.

Madic V., Jovanovic J., Stojilkovic A., Vasiljevic P. Evaluation of Cytotoxicity of «anti-diabetic» Herbal Preparation and Five Medicinal Plants: an *Allium cepa* Assay // Biologica Nyssana. 2017. Vol. 2, Is. 8. P. 151 – 158.

---

**Образец для цитирования:**

Дурнова Н. А., Шереметьева А. С., Тяпкина Д. А. Изучение митозмодифицирующего влияния экстракта алоэ жидкого (*Extractum Aloes fluidum*) с использованием Allium test // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2018. Т. 16, вып. 2. С. 3–11. DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-3-11.

---

**STUDY THE EFFECT OF EXTRACTUM ALOES FLUIDUM  
ON THE MITOTIC ACTIVITY OF CELLS  
USING THE ALLIUM TEST**

**N. A. Durnova, A. S. Sheremetyeva, D. A. Tyapkina**

*V. I. Razumovsky Saratov State Medical University  
112 B. Kazachya Str., Saratov 410012, Russia  
E-mail: anna-sheremetyewa@yandex.ru*

Received 2 April 2018, Accepted 23 April 2018

The evaluation of the cytogenetic action of aloe extract liquid (Extractum Aloes fluidum) in a concentration range of 250–4000 mg/l in meristem cells of onion roots (*Allium cepa* L.) was carried out. The dynamics of onion root growth and mitotic activity index were taken into account. Analysis of preparations of *A. cepa* root cells after exposure to aloe extracts of different concentrations with respect to negative (distilled water) and positive (dioxidine 100 mg/l) control showed statistically reliable ( $p < 0.05$ ) inverse dependence of root growth and mitotic index on concentration. Aloe extract liquid inhibits the mitotic activity of cells ( $p < 0.05$ ) at concentrations of 500 mg/l, 1000 mg/l, 2000 mg/l, 4000 mg/l, compared with a negative control are shown. The maximum concentration of the extract showed inhibition of mitotic activity stronger ( $p < 0.05$ ) than positive control. Aloe extract stimulated mitosis in comparison with negative control at the impact on the roots of *A. cepa* investigated the minimum concentration of 250 mg/l. Aloe liquid has opposite properties: the extract demonstrated mitosis stimulating properties at the minimum test concentration (250 mg/l), and in others (500–4000 mg/l) – inhibited mitotic activity as a result of the experiment revealed.

**Key words:** Aloe extract liquid, mitotic index, Allium test.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-3-11

**REFERENCE**

Fiskesjo G. The Allium Test as a Standard in Environmental Monitoring. *Hereditas*, 1985, vol. 102, pp. 99 – 112.

*Guidelines for Short-term Tests for the Detection of Mutagenic and Carcinogenic Chemicals*. Geneva: World Health Organization, 1985. 208 p.

Kalayev V. N. *Cytogenetic Monitoring: Methods for Assessing Environmental Pollution and the State of the Body's Genetic Apparatus*. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo Universiteta, 2004. 80 p. (in Russian)

Lavrsky A. Yu., Lebedinsky I. A., Kuzaev A. F., Chetanov N. A., Artamonova O. A. Effect of electromagnetic oscillations of different frequencies on cell division in root meristem *Allium cepa*. *International Research Journal*, 2013, iss. 5–1 (12),

pp. 43 – 45. (in Russian)

Levan A. The Influence on Chromosomes and Mitosis of Chemicals, as Studied by the Allium test. *Hereditas*, 1949, vol. 35, pp. 325 – 337.

Madic V., Jovanovic J., Stojilkovic A., Vasiljevic P. Evaluation of Cytotoxicity of “Anti-diabetic” Herbal Preparation and Five Medicinal Plants: an *Allium cepa* Assay. *Biologica Nyssana*, 2017, vol. 2, iss. 8, pp. 151 – 158.

Mashkovskiy M. D. *Medicinal Products*. Moscow: Izdatel'stvo “Novaya Volna”, 2017. 1216 p. (in Russian)

Ogol'tsova Zh. A., Chumachenko P. A., Mnichovich M. V., Anisimova S. A. To the Question of the Effect of Aloe on Dysghormonal Processes in the Mammary Gland in the Experiment. *Materials of the Regional Scientific and Practical Conference of the Scientific Research Institute of Oncology of the Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*. Tomsk: Izdatel'stvo NTL, 2002. pp. 148. (in Russian)

Pesnya D. S., Serov D. A., Vakorin S. A., Prohorova I. M. 2011. Research of the Toxic, Mitosis Modifying and Mutagen Effect of *Heracleum Sosnowskyi*. *Yaroslavl Pedagogical Herald*, vol. 3, iss. 4, pp. 93 – 98. (in Russian)

Ryushina V. A., Gabruk N. G., Shuteeva T. A. Identification of Biologically Active Substances of *Aloe arborescens* Miller. *Scientific Bulletins. Series of Natural Sciences*, 2010, vol. 10, iss. 3(74), pp. 93 – 96. (in Russian)

Sheremetyeva A. S. Allium Test in Researches of Cytogenetic Effects of Biologically Active Substances. *Expert Opinion: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Vol. 1. Penza: Nauka I Prosveshenie, 2017. pp. 21 – 25. (in Russian)

Sheremetyeva A. S., Zhuk A. A., Pereverzeva Ya. O., Khomyakova U. A. Study of the Influence of Dioxygen on the Mitotic Activity of the Roots of *Allium cepa*. *Bulletin of medical Internet conferences*. 2017. <https://medconfer.com/node/14974> (Date of access: 21.03.2018.). (in Russian)

Shkarupa V. M., Barlyak I. R. Genoprotective Effect of Sodium Humate in Conditions of Induced Oxidative Stress. *Cytology and Genetics*, 2006, vol. 40, iss. 5, pp. 31 – 35. (in Ukrainian)

Shkarupa V. M., Barlyak I. R., Neumerzhitska L. V., Gumenyuk I. D. Genoprotective Effect of Sodium Humate in Conditions of Induced Oxidative Stress. *Cytology and Genetics*, 2010, vol. 44, iss. 1, pp. 54 – 56. (in Ukrainian)

---

**Cite this article as:**

Durnova N. A., Sheremetyeva A. S., Tyapkina D. A. Study the Effect of Extractum Aloes Fluidum on the Mitotic Activity of Cells Using the Allium Test. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2018, vol. 16, iss. 2, pp. 3–11 (in Russian). DOI: 10.18500/1682-1637-2018-1-3-11.

---

УДК 582.688.3:57.082.26.(470.21)

**ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ  
*RHODODENDRON INDICUM* (L.) SWEET  
В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ В УСЛОВИЯХ  
КОЛЬСКОГО СЕВЕРА**

**Л. А. Иванова, Л. Л. Виравчева**

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт  
имени Н. А. Аврорина КНЦ РАН  
Россия, 184200, Апатиты, Академгородок, д. 18<sup>4</sup>  
E-mail: ivanova\_la@inbox.ru*

Поступила в редакцию 28.02.2018 г., принята 23.04.2018 г.

Высокие декоративные качества и способность обильно цвести в зимний период ставят азалию гибридную в разряд важных для регионов Крайнего Севера культур. В статье представлены результаты исследований по изучению возможности успешного культивирования ее в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, расположенного в центре Кольского полуострова на 68° северной широты. Описаны условия выращивания растений в теплицах Сада, которые определяются его положением за Полярным Кругом (особенно световой режим), и методика проведения экспериментов, а также схемы опытов. Рассмотрены вопросы вегетативного размножения азалии с целью получения высококачественного посадочного материала. Изучено влияние трех разных видов субстратов (местного озерного песка, термовермикулита Ковдорского месторождения и почвосмеси) на качество посадочного материала азалии индийской при вегетативном способе размножения черенкованием. Дана характеристика субстратов и методика подготовки их к использованию в эксперименте, а также способ подготовки черенков для посадки. Показано, что вегетативный способ размножения азалии индийской полуодревесневшими черенками может быть с успехом использован в Заполярье; укоренение черенков следует проводить в песке (100% укоренение) или термовермикулите (80% укоренение), так как их применение способствует получению более раннего и качественного посадочного материала. Определены оптимальные сроки черенкования азалии в условиях защищенного грунта Мурманской области. Выявлено, что независимо от сорта оптимальным сроком размножения азалии индийской методом черенкования полуодревесневшими черенками является весенний (март), поскольку в этот период в теплицах имеется возможность поддерживать благоприятные температурные и световые условия для укоренения черенков и дальнейшего их роста и развития. Изучение особенностей

вегетативного размножения азалии гибридной применительно к местным условиям, способствовало разработке научно-обоснованной технологии ее выращивания в защищенном грунте в условиях Мурманской области и введению в зональный ассортимент горшечных растений тропической и субтропической флоры.

**Ключевые слова:** *Rhododendron indicum* (L.) Sweet, вегетативное размножение, защищённый грунт, Заполярье.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-12-22

## ВВЕДЕНИЕ

Производство отечественной конкурентоспособной и качественной цветочной продукции связано с созданием районированных ассортиментов культур и разработкой научно обоснованных, прогрессивных зональных технологий их выращивания. Основными критериями при подборе декоративно-цветочных культур для культивирования в защищенном грунте Заполярья является наличие у них высоких декоративных качеств и потенциальных возможностей давать обильные урожаи соцветий, способность образовывать в достаточном количестве вегетативное или семенное потомство, а также их отзывчивость на различные агротехнические мероприятия. Большой интерес в этом плане представляют азалии гибридные. Они очень декоративны, считаются одними из самых любимых, красивых и праздничных цветущих комнатных растений, излучающих истинный позитив и цветочную «жизнерадостность», создавая в помещениях свой уютный мир и тёплое настроение (Иванова, 2008).

В последнее время под названием азалии индийской объединяют многочисленную группу сортов, в получении которых особую роль сыграли рододендрон индийский (*Rhododendron indicum* (L.) Sweet), рододендрон Симса (*R. simsii* Planch.), рододендрон заострённый (*R. mucronatum* (Blume) G. Don) и рододендрон шершавый (*R. scabrum* G. Don) (Goetsch et al., 2005; Xiao-Feng et al., 2009; Chamberlain et al., 2014). Она принадлежит к семейству Вересковые – Ericaceae Juss.; родиной являются Индия, Китай, Япония, Карпаты, Кавказ (Тахтаджян, 1987).

В комнатных условиях, в основном, выращивают разновидности и многочисленные гибриды азалии индийской. Эти растения обильно цветут красивыми цветками, различными по строению (простыми, махровыми, бахромчатыми), величине и окраске (белые, розовые, красные, фиолетовые, однотонные и пестрые). Существуют

сорта ранне-, средне- и поздноцветущие. Ранние сорта цветут с декабря по январь, среднепоздние – с января по март, поздние – с февраля по апрель (Бердникова, 2003). Особенно ценят азалии за то, что своим пышным цветением они приносят дыхание весны в разгар зимних холодов, т.е. в самое темное время года, радуя глаз целой шапкой изумительных соцветий. Эта особенность ставит их в разряд важных для регионов Крайнего Севера культур, так как цветущие растения здесь – действенное средство борьбы с унынием, непогодой, холодом и пр.

К сожалению, азалия индийская имеет репутацию довольно капризного комнатного растения (Белорусец и др., 1988). Для того чтобы она радовала северян изобилием своих изумительных соцветий, важно научиться решать проблемы, связанные с ее черенкованием и ускоренным размножением перспективных сортов.

Анализ литературных данных показал, что азалии размножают семенами, черенками, делением куста и прививкой (Комнатные..., 2011). Отмечается, что размножение семенами трудоемкий и сложный процесс, который чаще всего используют цветоводы-профессионалы и, исключительно, для культивирования новых сортов (Скляр, 2013). Можно также размножать азалию делением трех-четырех годичного куста на несколько частей (Гилберт, 1997). Но чаще всего размножают азалии вегетативным способом – черенкованием. В отношении этого способа размножения азалии гибридной была отмечена противоречивость и разрозненность имеющихся в литературе рекомендаций (Юхимчук, 1977; Ганичкина, 2006) и полное отсутствие таких данных для условий Крайнего Севера.

*Цель исследований* – изучить особенности вегетативного способа размножения азалии индийской для получения качественного посадочного материала и успешного культивирования в условиях Кольского Севера.

Работы выполнены в период с 2014 по 2016 гг. в экспериментальной теплице Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ), расположенного в центре Кольского полуострова (Мурманская область, РФ) в 150 км севернее Полярного круга (67°30' с.ш. и 33°40' в.д.).

Климат региона определяется главным образом его полярным положением, что создает неблагоприятные условия для культивирования растений, как в открытом, так и защищенном грунте (Барановская, 1969; Головский, 1973). Наиболее специфичен световой режим, по этой причине в период полярной ночи (с 10 декабря по 3 января) в оранжереях естественная освещенность отсутствует; в весенние месяцы (апрель-

май), а также в период полярного дня (с 26 мая по 18 июня) в пасмурные дни ощущается ее недостаток. Для оптимизации системы дополнительного облучения растений в оранжереях используются лампы ДНаЗ-600 Reflex/super и ДРИ-3-400 в комплексе, температуры и влажности воздуха – центральное отопление, автоматические форточки, полив и опрыскивание.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследований явились: пять культиваров азалии гибридной с пестрой, темно-розовой, бело-розовой, розовой, малиновой окраской цветков, приобретенные в рознице.

Сравнивали эффективность укоренения черенков в трёх субстратах: термовермикулит, почвенная смесь, песок озерный.

Проведено 2 эксперимента.

*Эксперимент 1. Влияние разных субстратов на качество посадочного материала азалии индийской при вегетативном способе размножения черенкованием.* В схему опыта входило три варианта (каждый в 3-х повторностях), где в качестве субстрата для укоренения черенков азалии были использованы: почвосмесь (вариант 1), термовермикулит (вариант 2) и песок (вариант 3). Черенки заготавливали в апреле. В общей сложности в эксперименте было использовано 450 черенков пяти культиваров азалии гибридной. Результаты укоренения оценивали по 3-м показателям: времени укоренения, относительному числу укоренившихся черенков, и качеству укорененного черенка (среднее число зеленых листьев, сформированных за период укоренения).

*Эксперимент 2. Оптимальные сроки черенкования азалии в условиях защищенного грунта Мурманской области.* В схему опыта входило 3 варианта (каждый выполнен в 3-х повторностях), при которых заготовку черенков азалии индийской проводили в три срока: в марте (вариант 1), в июле (вариант 2) и августе (вариант 3). В общей сложности в данном эксперименте было использовано 90 черенков одного культивара азалии гибридной, имеющего малиновую окраску цветков.

Вермикулитовый субстрат Випон-2 – природный почвозаменитель, приготовленный из минерала вермикулита Ковдорского месторождения методом электрообжига, в результате которого он приобретает ряд ценных для выращивания растений свойств, выгодно отличающих его от других современных гидропонных субстратов и почвы: стерильность, высокую воздухо- и влагоемкость, адсорбционные свойства,

прочность и буферность (Иванова, Котельников, 2006 а, б). Многолетний опыт работы с этим субстратом показал, что он может с успехом использоваться для размножения декоративно-цветочных растений (Иванова, 2006).

Почвенную смесь готовили из дерновой земли, термовермикулита и песка, взятых в объемном соотношении 1:1:1 (насыпная масса – 0.65 г/см<sup>3</sup>, рН 5.5, водопоглощение – 70%). Компоненты для почвы тщательно перемешивались (Бояркина, 1972).

Песок озерный крупнофракционированный заготавливали на территории ПАБСИ (озеро Большой Вудьявр). Перед применением термовермикулит и песок трижды промывались водопроводной водой (Бояркина, 1972). Субстраты слоем 5 см укладывали в пластиковые емкости, затем увлажняли раствором гетероауксина (раствор готовили в соответствии с рекомендациями на упаковке ростового вещества).

Полуодревесневшие стеблевые черенки в числе 10 шт. каждого культивара длиной 5–9 см заготавливали в разные сроки. При этом все листья, кроме двух верхних, отрезали, оставляя 0.5 см нижнего края черенка. У оставшихся листьев пластинку обрезали на ½ ее длины. Нижний конец черенка делали косым под самой почкой черенка. Черенки тщательно промывали в розовом растворе марганцовки, затем обрабатывали в растворе гетероауксина. Далее обработанные (влажные) черенки обмакивали в порошкообразный препарат «Корневин» (Ганичкина, 2006).

Высаживали подготовленные черенки в субстраты под углом 45°, заглубляя их на 1–3 см (в зависимости от длины черенка). Посадки укрывались пленкой со слоем воздуха толщиной 7 см. Емкости с черенками устанавливали на стеллаж.

Уход за посадками заключался в своевременном поливе теплой (20°C) водой, проветривании и поддержании температуры воздуха в оранжерее в пределах не ниже 25°C.

Исследования включали в себя регулярные (с периодичностью 1 раз в 10 дней) наблюдения за ростом и развитием растений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных в первом эксперименте показал, что субстрат оказывает существенное влияние на сроки образования каллюса и корней (табл. 1). Независимо от используемого культивара, самое раннее появление корней отмечено в варианте с применением песка (на 15-й день). На 5 дней позже появились первые корни в вари-



анте с использованием термовермикулита и на 15 дней – почвосмеси. Наиболее раннее массовое образование корней также отмечено у черенков, помещенных в песок – на 6 дней раньше, чем на термовермикулите, и на 25 дней раньше, чем на почвосмеси.

**Таблица 1.** Влияние субстрата на укоренение черенков и качество посадочного материала азалии индийской при вегетативном способе размножения

**Table 1.** Influence of the substrate on the rooting of cuttings and the quality of *Rhododendron indicum* planting material in the vegetative mode of reproduction

Субстрат Substrate	Дата Date			Доля укоренившихся черенков, % Share of rooting cuttings, %	Среднее число зеленых листьев на 1 укорененном черенке Average number of green leaves on one rooting cuttings
	Начало эксперимента Beginning of the experiment	Начало укоренения Beginning of the rooting	Полное укоренение Full rooting		
Почвосмесь Soil mixture	10.04	10.05	29.05	30.2±2.0	3.4±0.1
Термовермикулит Thermovermiculite	10.04	30.04	10.05	80.2±1.2	6.1±0.1
Песок Sand	10.04	25.04	04.05	97.0±1.3	8.0±0.2

В целом относительное число укоренившихся черенков азалии, высаженных в термовермикулит, оказалось на 16.8% и на почвосмеси – на 65.8% меньше, чем на песке ( $97.0 \pm 1.3\%$ ).

Субстрат повлиял и на качественные показатели посадочного материала. В опытных вариантах на укорененных черенках зафиксировано наибольшее число хорошо сформированных зеленых листьев: в варианте с использованием вермикулита –  $6.1 \pm 0.1$ , на песке –  $8.0 \pm 0.2$  шт., тогда как в варианте с использованием почвосмеси среднее число вновь сформированных за весь период укоренения листьев составило около 3 шт. Но они имели бледную зеленую окраску и коричневую некротическую кайму по краю листьев.

Укорененные черенки азалии были высажены в те же субстраты, которые использовались в начале эксперимента. Лучшая (100%) приживаемость растений при посадке на постоянное место в горшки

отмечена у растений, выращенных в вермикулитовом субстрате и песке. Черенки, укорененные в почвосмеси, имеющие очень слабо развитый корневой ком, практически все погибли в течение первой недели после их посадки на постоянное место в горшки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что вегетативный способ размножения азалии индийской полуодревесневшими черенками может быть использован в закрытом грунте Мурманской области. Укоренение черенков следует проводить в песке и термовермикулите, так как их применение способствует получению более раннего и качественного посадочного материала.

Во втором эксперименте выявлено, что при посадке черенков азалии на укоренение весной (март), когда в теплице устанавливается стабильная и достаточно высокая температура воздуха, процесс укоренения начинается через 15 дней; в течение последующих 2-х недель укореняются  $89.1 \pm 2.1$  % из высаженных черенков. Число сформировавшихся зеленых листьев на рассаде за период укоренения в среднем на одном растении достигает  $8.3 \pm 0.1$  шт. (табл. 2).

Наблюдения показали, что в начале (июль) и в конце лета (август) в теплицах в Заполярье, когда отопительная система еще не подключена, обеспечивать оптимальный температурный режим практически невозможно. Поэтому, высаженные в эти периоды черенки азалии начинают загнивать и погибать уже в первую неделю эксперимента. Укоренение выживших растений начинается лишь через 1.5 месяца (с началом подключения в теплицах центрального отопления и наступлением благоприятного температурного режима) и продолжается в последующие 1.5 месяца. При этом число укоренившихся черенков не превышает  $10.0 \pm 1.0$  %, а период выживания всей высаженной партии укорененных в эти сроки черенков растягивается более чем на 2 месяца; из 10 % укорененных черенков приживаются на постоянном месте выращивания лишь единичные растения. Качество такой рассады очень низкое – число сформировавшихся зеленых листьев на 1 растении не превышает 3-х шт. Листья имеют бледно-зеленую окраску и в большинстве своем повреждены многочисленными коричневыми некротическими пятнами.

Таким образом, в условиях защищенного грунта Мурманской области оптимальным сроком размножения азалии индийской методом черенкования полуодревесневшими черенками является весенний (март), поскольку в этот период в теплице имеется возможность поддерживать благоприятные температурные условия для укоренения черенков и световые – для дальнейшего их роста и развития.

**Таблица 2.** Влияние срока черенкования азалии индийской на укоренение полуодревесневших черенков в крупнозернистом озерном песке

**Table 2.** Influence of the *Rhododendron indicum* propagation period on the rooting of semi-extruded cuttings in coarse-grained lake sand

Вариант Option	Дата Date			Доля укоренившихся черенков, % Share of rooting cuttings, %	Среднее число зеленых листьев на 1 укорененном черенке, шт. Average number of green leaves on one rooting cuttings
	Начало опыта Beginning of the experiment	Начало укоренения Beginning of the rooting	Полное укоренение Full rooting		
Март March	05.03	20.03	04.04	89.1±2.1	8.3±0.1
Июль July	05.07	15.08	28.09	10.0±1.0	3.2±0.2
Август August	05.08	30.10	10.12	7.4±0.6	3.0±0.1

## ВЫВОДЫ

На основе анализа полученных данных по изучению влияния разных субстратов (песок, вермикулит, почвосмесь) на укоренение черенков 5 культиваров азалии индийской в условиях защищенного грунта Мурманской области выявлено, что независимо от сорта оптимальным сроком размножения азалии индийской методом черенкования полуодревесневшими черенками является весенний (март), лучшим субстратом для укоренения – крупнозернистый песок (100% укоренение) и термовермикулит (80% укоренение).

Изучение особенностей вегетативного размножения азалии гибридной применительно к местным условиям, способствовало разработке научно-обоснованной технологии ее выращивания в защищенном грунте в условиях Кольского Севера и введению в зональный ассортимент горшечных растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Барановская А. В.* Сезонная динамика почвенных процессов на Полярном Севере. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1969. 118 с.

*Белорусец Е. Ш., Гиль Л. С., Зыкова Т. А., Приходько С. Н., Феценко Н. Д.* Цветоводство защищенного грунта. Киев: Урожай. 1988. 224 с.

*Бердникова О. В.* Все о комнатных растениях. М.: Вече, 2003. 240 с.

*Бояркина И. С.* Использование торфа в озеленении и цветоводстве // Научные труды центральной торфоболотной опытной станции. Вып. 2. М.: МСХ РСФСР, 1972. С. 202 – 209.

*Ганичкина О. А.* Любимые домашние цветы. М.: Изд-во «Оникс», 2006. 112 с.

*Гилберт Р.* Комнатные растения. Практическое руководство. М.: СЛОВО, 1997. 144 с.

*Головкин Б. Н.* Переселение травянистых многолетников на Полярный Север. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1973. С. 102 – 125.

*Иванова Л. А.* Развитие цветоводства на Крайнем Севере // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата: Материалы докладов международной научной конференции. Апатиты: К&М, 2008. С. 31 – 34.

*Иванова Л. А., Котельников В. А.* Перспективы гидропонного выращивания растений в условиях Мурманской области. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006а. 106 с.

*Иванова Л. А., Котельников В. А.* Свидетельство на торговую марку Випон № 329074, 2006б.

Комнатные растения. М.: Кристалл, 2011. 224 с.

*Скляр С. С.* Фиалки, орхидеи, азалии и другие красивоцветущие комнатные растения. М.: Клуб семейного досуга, 2013. 224 с.

*Тахтаджян А. Л.* Жизнь растений. Т. 6: Цветковые растения. М.: Наука, 1982. 608 с.

*Юхимчук Д. Ф.* Комнатное цветоводство. Киев: Урожай, 1977. 152 с.

*Chamberlain D. F., Hyam R., Argent G., Fairweather G., Walter K. S.* The genus *Rhododendron*: its classification and synonymy. Edinburgh: Royal Botanic Gardens, 1996. 181 p.

*Goetsch L. A., Eckert A. J., Hall B. D.* The molecular systematics of *Rhododendron* (Ericaceae): a phylogeny based upon RPB2 gene sequences // Systematic Botany. 2005. Vol. 30, Is. 3. P. 616 – 626.

*Xiao-Feng J., Bing-Yang D., Yue-Jiao Zh., De-Yuan H. A.* Taxonomic Revision of *Rhododendron* subg. *Tsutsusi* sect. *Brachycalyx* (Ericaceae) // Annals of the Missouri Botanical Garden. 2009. Vol. 97, Is. 2. P. 163–190.

---

#### **Образец для цитирования:**

*Иванова Л. А., Виравчева Л. Л.* Особенности культивирования *Rhododendron indicum* (L.) Sweet в защищенном грунте в условиях Кольского севера // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. 2018. Т. 16, вып. 2. С. 12–22.  
DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-12-22.

---

UDC 582.688.3:57.082.26.(470.21)

**FEATURES OF THE CULTIVATION  
OF *RHODODENDRON INDICUM* (L.) SWEET  
IN GREENHOUSES IN THE KOLA NORTH**

**L. A. Ivanova, L. L. Viracheva**

*Polar Alpine Botanical Garden – N. A. Avrorin Institute  
of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences  
18A Academgorodok Str., Apatity 184200, Russia  
E-mail: ivanova\_la@inbox.ru*

Received 28 February 2018, Accepted 23 April 2018

High decorative qualities and the ability to winter flowering make *Rhododendron indicum* (L.) Sweet in the category of important cultures for the Far North regions. The article presents the results of studies on the study of the possibility of successful cultivation in greenhouses of the N. A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences. The conditions for growing plants in garden greenhouses and the experiment procedures, schemes of experiments are described. Questions of vegetative propagation of *Rhododendron* with the purpose of obtaining high-quality planting material are considered. The influence of three different types of substrates has been studied: local lake sand, Kovdors thermovermikulite and soil mixture on the quality of *Rhododendron* planting material with vegetative propagation by cuttings. The characteristic of substrates and the technique of their preparation for use in the experiment are given. It is shown that the vegetative method of propagation of *Rhododendron* semi-matured cuttings can be successfully used in the Arctic; the rooting of cuttings should be carried out in sand or thermovermikulite, since their use contributes to the production of an earlier and qualitative planting material. The optimal timing of *Rhododendron* cuttings in the greenhouses conditions of the Murmansk region is determined. It was revealed that irrespective of the variety, the best time for vegetative propagation of plants is spring – in March, since in this period it is possible in the greenhouses to maintain favorable temperature and light conditions for the rooting of cuttings and their further growth and development. The study of the peculiarities of the vegetative reproduction of the *Rhododendron* applied to local conditions promoted the development of a greenhouse technology for its cultivation in sheltered ground in the conditions of the Murmansk region and the introduction into the region assortment of potted plants of the tropical and subtropical flora.

**Key words:** *Rhododendron indicum* (L.) Sweet, vegetative reproduction, greenhouse growing, Arctic.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-12-22

## REFERENCES

- Baranovskaya A. V. *Seasonal Dynamics of Soil Processes in the Polar North*. Leningrad: Nauka Publ., 1969. 118 p. (in Russian)
- Belorusets E. Sh., Gil L. S., Zykova T. A., Prikhodko S. N., Feshchenko N. D. *Floriculture of Protected Soil*. Kiev: Izdatel'stvo Urozhai. 1988. 224 p. (in Russian)
- Berdnikova O. V. *All About Houseplants*. Moscow: Izdatel'stvo Veche, 2003. 240 p. (in Russian)
- Boyarkina I. S. Use of Peat in Gardening and Floriculture. In: *Scientific Works of the Central Peat-bog Pilot Station. Vol. 2*. Moscow: Ministry of Agriculture of the RSFSR, 1972. pp. 202 – 209. (in Russian)
- Chamberlain D. F., Hyam R., Argent G., Fairweather G., Walter K. S. *The Genus Rhododendron: Its Classification and Synonymy*. Edinburgh: Royal Botanic Gardens, 1996. 181 p.
- Ganichkina O. A. *Favorite Home Flowers*. Moscow: Izdatel'stvo Oniks, 2006. 112 p. (in Russian)
- Gilbert R. *Houseplants. A Practical Guide*. Moscow: SLOVO, 1997. 144 p. (in Russian)
- Goetsch L. A., Eckert A. J., Hall B. D. The Molecular Systematics of *Rhododendron* (Ericaceae): a Phylogeny Based upon RPB2 Gene Sequences. *Systematic Botany*, 2005, vol. 30, iss. 3, pp. 616 – 626.
- Golovkin B. N. *Resettlement of Herbaceous Perennials on the Polar North*. Leningrad: Nauka Publ., 1973. pp. 102 – 125. (in Russian)
- Ivanova L. A., Kotelnikov V. A. *Perspectives of Hydroponic Plant Growing in the Murmansk Region*. Apatity: Izdatel'stvo KSC RAS, 2006a. 106 p. (in Russian)
- Ivanova L. A., Kotelnikov V. A. *The certificate for the trade mark Vipon № 329074*, 2006b. (in Russian)
- Ivanova L. A. Development of floriculture in the Far North. In: *Actual Problems of Biodiversity Conservation in Extreme Conditions of the Northern Climate: Reports of the International Scientific Conference*. Apatity: K&M Publ., 2008. pp. 31 – 34. (in Russian)
- Sklyar S. S. *Violets, Orchids, Azaleas and Other Beautifully Flowered Houseplants*. Moscow: Klub Semeinogo Dosuga, 2013. 224 p. (in Russian)
- Takhtadjan A. L. *Life of Plants. Vol. 6: Angiosperms*. Moscow: Nauka Publ., 1982. 608 p. (in Russian)
- The Houseplants*. Moscow: Kristall, 2011. 224 p. (in Russian)
- Xiao-Feng J., Bing-Yang D., Yue-Jiao Zh., De-Yuan H. A. Taxonomic Revision of *Rhododendron* subg. *Tsutsusi* sect. *Brachycalyx* (Ericaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 2009, vol. 97, iss. 2, pp. 163 – 190.
- Yukhimchuk D. F. *Indoor Floriculture*. Kiev: Izdatel'stvo Urozhai, 1977. 152 p. (in Russian)

---

Ivanova L. A., Viracheva L. L. Features of the Cultivation of *Rhododendron indicum* (L.) Sweet in Greenhouses in the Kola North. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2018, vol. 16, iss. 2, pp. 12–22 (in Russian). DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-12-22.

УДК 615.28

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИТОТОКСИЧЕСКОЙ  
И ЦИТОСТАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
ФЛАВОНОИДСОДЕРЖАЩЕГО ЭКСТРАКТА  
КИРКАЗОНА ЛОМОНОСОВИДНОГО  
(*ARISTOLOCHIA CLEMATITIS* L.)  
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ *IN VITRO* И *IN VIVO***

**Н. В. Полуконова<sup>1</sup>, Н. А. Наволокин<sup>1</sup>, А. В. Полуконова<sup>1</sup>,  
Д. А. Мудрак<sup>1</sup>, А. А. Андреева<sup>1</sup>, О. А. Аврамец<sup>1</sup>, А. Ю. Прилепский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Саратовский государственный медицинский университет  
имени В. И. Разумовского*

*Россия, 410012, Саратов, ул. Б. Казачья, 112*

*E-mail: polukonovanv@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН  
Россия, 410049, Саратов, пр. Энтузиастов, 13*

Экстракт листьев и цветков *Aristolochia clematitidis* содержит флавоноиды и неядовитый. Экстракт обладает цитотоксической и цитостатической активностью у нормальных клеток животных. При концентрациях 15 мг/мл и выше экстракт приводит к 100% гибели клеток линии SPEV. Количество мертвых клеток линии SPEV в целом возрастает при увеличении концентрации экстракта. LC50 экстракта Кирказона устанавливали методом пробит-анализа. LC50 = 7.24 мг/мл. С увеличением концентрации экстракта наблюдалось выраженное уменьшение пролиферативной активности клеток. Через 48 ч торможение пролиферативной активности клеток линии Spev выражена значительно, чем через 24 ч. Процент клеток линии SPEV, погибших под действием экстракта Кирказона становится меньше при увеличении времени экспозиции. Экстракт не проявил противоопухолевой активности в отношении перевиваемого рака печени крыс PC-1 в эксперименте *in vivo*.

**Ключевые слова:** Кирказон ломоносвидный, *Aristolochia clematitidis*, флавоноиды, культура клеток почки эмбриона свиньи (SPEV), перевиваемый рак печени крыс PC-1.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-23-38

## **ВВЕДЕНИЕ**

Кирказон ломоносвидный (*Aristolochia clematitidis* L.) относится к ядовитым растениям за счет содержания в листьях аристолохиевой кислоты.

Однако в народной медицине это растение до сих пор используется для лечения артрита, облегчения родов, в составе добавок для похудения, лечения ревматизма и стабилизации менструального цикла, а также как противоопухолевое средство (Растительные..., 1996), входит в «Противоопухолевый, противоонкологический сбор из 33-х трав» (<http://bozhyuapteka.com/stati-o-travakh/81-sbor-iz-33-kh-trav.html>). Научные данные о противоопухолевой активности и ее механизмах отсутствуют.

В ряде стран продажа и применение содержащих препаратов на основе Кирказона уже запрещены. Так, в 2001 году Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств США (FDA) призвала к прекращению использования любых препаратов, содержащих части растений рода *Aristolochia*, а к 2003 г. многие страны, включая Тайвань, запретили препараты на их основе. Результаты последних исследований показали, что извлечения Кирказона, содержащие аристолохиевую кислоту, обладают выраженным канцерогенным и мутагенным действием. Международное агентство по изучению рака (IARC) отнесло их к онкогенам первой группы, т. е. вызывающим рак у людей и животных. Была показана взаимосвязь извлечений из Кирказона, содержащих аристолохиевую кислоту, и раком верхних мочевыводящих путей и почек: в злокачественных опухолях у больных, принимавших такие извлечения, были обнаружены около 1500 генов с мутациями, в т.ч. и мутации гена P53 (Poon et al., 2013; Hoang et al., 2013).

Нами исследуется водный раствор сухого спиртового экстракта *A. clematitis*, полученный способом, указанным в Патенте № 2482863 (Полуконова и др., 2012) и позволяющим существенно снизить токсичность экстракта и, в то же время, направленным на больший выход флавоноидов (Наволокин и др., 2012; Polukonova et al., 2014). Ранее нами было выявлено наличие целого ряда положительной фармакологической активности у растительных экстрактов, в т.ч. и ядовитых растений, содержащих флавоноиды: противоопухолевой, антикахексической, противотуберкулезной противовоспалительной, жаропонижающей, антимикробной, генопротекторной (Navolokin et al., 2012; Курчатова и др., 2014; Наволокин и др., 2013, 2014, 2015, 2016а, 2016б; Полуконова и др., 2015).

В листьях Кирказона содержатся такие флавоноиды, как: гликозид кверцетина, кверцетин (в гидролизате), в цветках присутствуют: гликозид кверцетина и два флавонол- гликозида и др. (Растительные..., 1996). Полученные нами ранее данные свидетельствуют об отсутствии токсичности, слабой цитогенетической активности полученного таким образом экстракта Кирказона (Андреева и др., 2015, 2016а, 2016б; Байтман и др., 2016; Полуконова и др., 2017).



Цель работы: исследование активности флавоноидсодержащего экстракта Кирказона ломоносовидного в отношении клеток почки эмбриона свиньи в эксперименте *in vitro* и установить наличие или отсутствие его противоопухолевой активности в отношении перевиваемого рака печени крыс *in vivo*.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Использован водный раствор сухого спиртового экстракта листьев и цветков Кирказона ломоносовидного (*A. clematitidis*). Материалом послужило сырье Кирказона, собранное в Лысогорском районе Саратовской обл. у с. Атаевка. Экстракт получен авторским способом (Патент на изобретение RU 2482863).

Экстракт характеризуется коричневатым цветом; его хроматограмма, полученная методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), содержит компоненты, соответствующие по временам удерживания стандартам нарингина, прунина и нарингенина.

*Исследование активности экстракта Кирказона на культуру клеток почек эмбриона свиньи в эксперименте in vitro.* Культура клеток почки эмбриона свиньи Spvz взята из криобанка коллекции клеточных культур лаборатории вирусологии научно-исследовательской ветеринарной станции РАСХН (г. Саратов). Культуру клеток выращивали в среде RPMI 4 (10% эмбриональной сыворотки, гентамицин, ампициллин, амфотерицин) в 6-ти луночных планшетах (контрольной и экспериментальных). Контролем служили клетки в среде без экстракта. В шесть лунок вносили раствор экстракта, разведенный в питательной среде с понижением концентрации в каждой лунке в два раза: 30; 15; 7.5; 3.75; 1.85; 0.9375 мг/мл. Клетки культивировали в CO<sub>2</sub>-инкубаторе при 37°C в течение 24 ч. В качестве красителя использовали йодистый пропидий, проникающий в клетки за счет разрушения мембраны и связывающийся с ядерной ДНК. Для визуализации клеток использовали комбинирование нескольких микроскопических режимов регистрации светорассеяния и флуоресценции на микроскопе Leica DM 2500, цифровую видеокамеру Leica DFC 420C с программным обеспечением Leica Application Suite V 3.1.

Фотографирование проводили в разных режимах: в фазовом контрасте (позволяющим анализировать поверхность клеток), при флуоресцентном свечении (позволяющим подсчитывать число мертвых клеток по светящимся красным ядрам, окрашенных йодистым пропидием), в обычном световом режиме (позволяющим визуализировать мертвые клетки с живыми, окрашенными в зеленый цвет акридиновым oran-

жевым). Используются следующие показатели: общее количество всех клеток в поле зрения, количество погибших клеток и количество живых клеток. Для вычисления LC50 экстракта в отношении клеток SPEV использован пробит-анализ (Коросов, Калинин, 2003).

*Исследование активности экстракта кирказона в отношении перевиваемого рака печени крыс in vivo.* В эксперименте, проводимом в соответствии с руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ (Хабриев, 2005), использовано 12 самцов белых лабораторных крыс массой  $150 \pm 50$  г, которым имплантировали подкожно в области лопатки по 0.5 мл 25% опухолевой взвеси в растворе Хэнкса штамма альвеолярного рака печени – РС-1, полученного из банка опухолевых штаммов ГУ РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. Животные с перевиваемым раком методом случайной выборки были разделены на две группы по 6 крыс – первую контрольную группу, не получавшую экстракт, и вторую – получавшую экстракт. В опытной группе крысам раствор вводили внутримышечно в дозировке 100 мг/кг, один раз в сутки в течение 16 дней с момента трансплантации опухоли. После отмены введения экстракта наблюдения за животными продолжались еще неделю. Динамику роста опухоли оценивали по изменению ее объема по формуле:  $V = A \times B \times C$ , где  $A$  – ширина,  $B$  – толщина,  $C$  – высота опухоли. Измерения проводили электронным штангенциркулем каждые два дня от начала эксперимента. На 23-е сутки крыс выводили из эксперимента и производили забор образцов ткани органов, опухоли, крови для дополнительных исследований.

Работу с лабораторными животными осуществляли согласно протоколу исследований, не противоречащих Женевской Конвенции 1985 г. о «Международных принципах биомедицинских исследований с использованием животных». Тема и описания экспериментов одобрены этической комиссией ГБОУ ВПО СГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России (протокол № 13 от 3 мая 2011 г.).

Статистическую обработку результатов проводили в программе «SPSS 13.0» методами медико-биологической статистики, значимость различий при непараметрическом распределении определяли при помощи Критерия Манна-Уитни для независимых выборок при  $P < 0.05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование активности флавоноидсодержащего экстракта Кирказона ломоносвидного в отношении клеток почки эмбриона свиньи в эксперименте *in vitro*. В контроле находились живые клетки полигональной формы с 2–3 ядрышками. Происходило видимое равномер-

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА

ное увеличение числа клеток и формирование монослоя в течение 24 ч. Полный монослой формировался за 48 ч.

**Таблица 1.** Сравнение числа клеток в эксперименте под действием экстракта Кирказона при разных концентрациях и в контроле

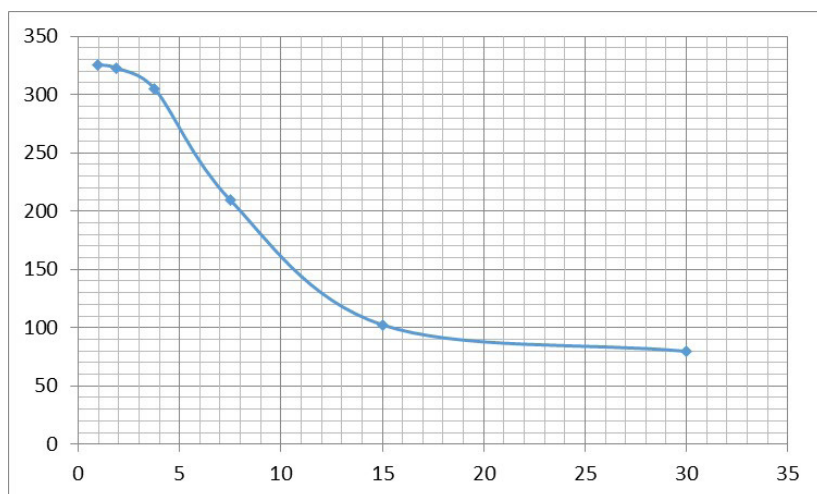
**Table 1.** Comparison of the number of cells in the experiment under the action of *A. clematitii* extract at different concentrations and in the control probe

Показатели Indicators	Общее кол-во клеток A common number of cells	Кол-во погибших клеток Number of dead cells	Кол-во живых клеток Number of living cells
Условия эксперимента Experiment parameters			
Контроль [Control] 24 ч [h]	481.3 ± 130.90	2.33 ± 1.500 (0.47% ± 0.001)	479.0 ± 130.09
30 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	<b>79.75 ± 72.060</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>79.75 ± 72.060</b> <b>(100 %)</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>0.0 ± 0.00</b>
15 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	<b>102.5 ± 50.68</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>102.5 ± 50.68</b> <b>(100 %)</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>0.0 ± 0.00</b>
7.5 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	<b>209.5 ± 74.77</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>114 ± 48.9</b> <b>(54.15% ± 6.64)</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>95.5 ± 31.45</b> <b>P ≤ 0.005</b>
3.75 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	305.25 ± 54.020 <i>P</i> = 0.02	31.0 ± 17.16 (10.16% ± 2.94) <i>P</i> = 0.02	274.25 ± 38.480 <i>P</i> = 0.002
1.875 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	322.75 ± 38.600 <i>P</i> = 0.03	<b>38.25 ± 26.110</b> <b>(11.39% ± 6.36)</b> <b>P = 0.02</b>	31.0 ± 27.30 <i>P</i> = 0.003
0.9375 мг/мл [mg/ml] 24 ч [h]	325.75 ± 77.070 <i>P</i> = 0.02	<b>41.25 ± 29.680</b> <b>(11.94% ± 9.46)</b> <b>P ≤ 0.005</b>	<b>284.5 ± 53.03</b> <b>P ≤ 0.005</b>
Контроль [Control] 48 ч [h]	461 ± 110.9	9.0 ± 9.11 (1.99 ± 0.19)	452.0 ± 109.66
1.875 мг/мл [mg/ml] 48 ч [h]	<b>49 ± 6.0</b> <b>P = P ≤ 0.005</b>	<b>6.66 ± 7.200</b> <b>(12.78% ± 5.05)</b> <b>P = P ≤ 0.005</b>	<b>42.33 ± 4.040</b> <b>P ≤ 0.005</b>

*В эксперименте.* При воздействии экстракта во всех концентрациях по сравнению с контролем, отмечали значительное увеличение

числа клеток, не прикрепленных к подложке, форма которых менялась от полигональной формы до округлой. Статистически значимые отличия в культуре клеток под действием экстракта выявлены при всех концентрациях по сравнению с контролем (см. табл. 1). При концентрации экстракта 15 мг/мл и выше через 24 ч происходила 100% гибель клеток.

Под действием экстракта Кирказона при всех концентрациях происходило уменьшение общего количества клеток, что свидетельствует о подавлении пролиферативной активности неопухолевых клеток линии Sp7v (рис. 1). С увеличением концентрации экстракта наблюдалось выраженное уменьшение пролиферативной активности клеток.



**Рис. 1.** Зависимость общего количества клеток от концентрации экстракта Кирказона. По вертикали – общее количество клеток линии Sp7v, по горизонтали – концентрации экстракта

**Fig. 1.** Dependence of the total number of cells on the concentration of *A. clematitis* extract. Vertically – the total number of cells of the Sp7v line, horizontally – the concentration of the extract

Через 48 ч торможение пролиферативной активности клеток линии Sp7v выражена значительно, чем через 24 ч (табл. 2). Количество мертвых клеток линии Sp7v в целом возрастает при увеличении концентрации экстракта Кирказона (рис. 2). Методом пробит-анализа была установлена LC50 экстракта Кирказона, она равна значению 7.24 мг/мл.

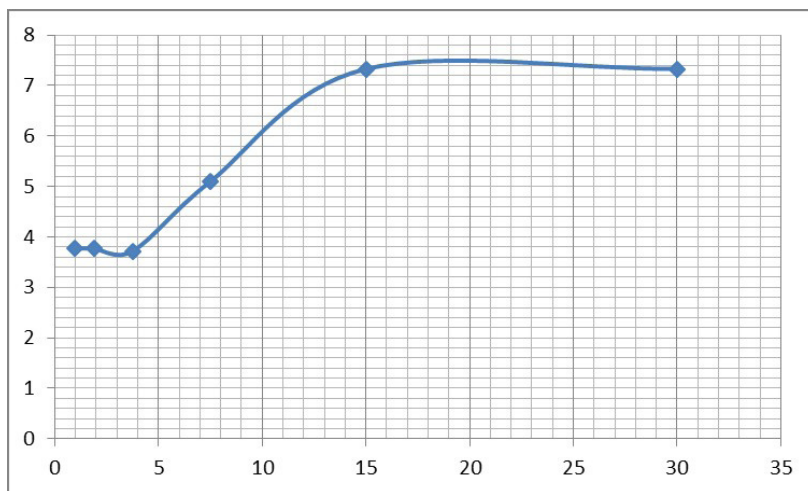
**Таблица 2.** Сравнение общего количества клеток линии Sprev под действием экстракта Кирказона в концентрации 1.875 мг/мл через 24 ч и 48 ч

**Table 2.** Comparison of the total number of cells of the Sprev line under the action of *A. clematitis* extract at a concentration of 1.875 mg/ml after 24 h and 48 h

Время экспозиции Exposition time	Контроль Control probe	Эксперименте Experiment probe
24 ч	481.3 ± 130.9	322.75 ± 38.6
48 ч	461 ± 110.9	49 ± 6.0

Процент клеток линии Sprev, погибших под действием экстракта Кирказона становится меньше при увеличении времени экспозиции (табл. 3).

Исследование биологической активности флавоноидсодержащего экстракта Кирказона ломоносовидного в отношении перевиваемого рака печени крыс *in vivo*. В контроле заметный рост опухоли наблюдали на 11 сутки (рис. 3), который плавно повышался до конца эксперимента.



**Рис. 2.** Зависимость доли мертвых клеток от концентрации экстракта Кирказона, нормированного на контроль. По вертикали указаны пробиты, по горизонтали – концентрации экстракта

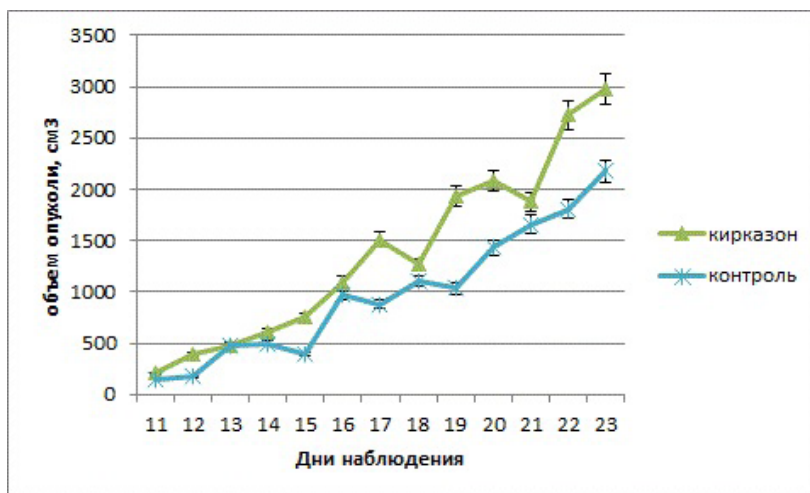
**Fig. 2.** Dependence of the percentage of dead cells on the concentration of *A. clematitis* extract, normalized for control. Vertically – probits, horizontally – concentration of extract

В группе крыс с перевитой опухолью под действием экстракта рост опухоли до 16 дня наблюдений не отличался от контроля, а начиная с 17-го дня стал выше, чем в контроле.

**Таблица 3.** Сравнение доли погибших клеток линии Spev под действием экстракта Кирказона в концентрации 1.875 мг/мл через 24 ч и 48 ч, нормированное на контроль

**Table 3.** Comparison of percent of dead cells of the Spev line under the action of the extract of *A. clematitis* at a concentration of 1.875 mg/ml after 24 hours and 48 hours, normalized for control

Время экспозиции Exposition time	Доля погибших клеток, % Share of dead cells, %
24 ч	10.92
48 ч	10.79



**Рис. 3.** Динамика роста перевиваемой опухоли крыс PC-1 под действием экстракта Кирказона ломоносовидного. По вертикали указан объем опухоли в мм<sup>3</sup>, по горизонтали – дни измерений

**Fig. 3.** Dynamics of growth of the transplanted tumor of rats PC-1 under the action of *A. clematitis* extract of lomonosomes. Vertical – tumor volume in mm<sup>3</sup>, horizontally – measurement days

Результаты анализа массы опухоли на конец эксперимента полностью соответствуют динамике ее роста. Масса опухоли практически не отличалась от контроля, из чего следует, что исследованный нами экстракт в выбранной дозировке не обладает противоопухолевой активностью. Полученные нами данные свидетельствуют об отсутствии действия экстракта Кирказона на перевиваемую опухоль PC-1.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА

Аналогичные результаты были получены ранее на экстрактах таких растений, как Таволги вязолистной и Кипрея узколистного (Полуконова и др., 2017, 2018). Так, под действием экстрактов Таволги и Кипрея наблюдается даже увеличение объема опухоли крыс, по-видимому, те флавоноиды, которые входили в состав этих экстрактов, не обладали противоопухолевой активностью.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, флавоноидсодержащий экстракт Кирказона не обладает противоопухолевой активностью в отношении перевиваемого рака печени крыс РС-1 и, учитывая выраженную цитотоксичность в отношении неопухолевых клеток линии SPEV, скорее всего, окажется бесперспективным для дальнейшего исследования его противоопухолевой активности в отношении других типов опухоли.

*Работа выполнена при поддержке Минздрава РФ, государственное задание АААА-А18-118030590040-9 «Исследование экстрактов лекарственных растений, содержащих флавоноиды и их фракции с целью создания препаратов, обладающих противоопухолевой, антиоксидантной, антикахексической и другой активностью»*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреева А. А., Гелевера Н. И., Шаркова Е. А., Полуконова А. В., Прилепский А. Ю., Полуконова Н. В. Сравнение активности экстрактов кирказона ломоносвидного (*Aristolochia clematidis*) и кипрея узколистного (*Chamerion angustifolium*) на культуру клеток SPEV-2 // Саратовский научно-медицинский журнал. 2016а. Т. 12, № 2. С. 226.

Андреева А. А., Шаркова Е. А., Полуконова Н. В. Показатели функциональной активности политенных хромосом *Chironomus* для цито- и генотоксического исследования растительных экстрактов // Неделя науки – 2016: Матер. Всерос. молодёжн. форума с междунар. участием. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2016б. С. 372 – 375.

Андреева А. А., Шаркова Е. А., Полуконова Н. В. Сравнительный токсикологический анализ водной и хлороформной фракций экстрактов кирказона ломоносвидного // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: Матер. II Междунар. науч. конф. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграрн. ун-та, 2015. С. 179 – 181.

Аренс Л. Е. Кирказон ломоносвидный как народное лекарственное растение // Природа. 1949. № 2. С. 61 – 62.

Байтман Т. П., Полуконова А. В., Прилепский А. Ю., Полуконова Н. В. Сравнение биологической активности растительных экстрактов в экспериментах *in vitro* по показателю LC50 // Неделя науки – 2016: Матер. Всерос. молодёжн.

форума с междунар. участием. 2016. С. 378 – 381.

*Барабой В. А.* Растительные фенолы и здоровье человека. М.: Наука, 1984. 158 с.

*Коросов А. В., Калинин Н. М.* Количественные методы экологической токсикологии: учебно-методическое пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ КНЦ, 2003. 56 с.

*Курчатова М. Н., Дурнова Н. А., Полуконова Н. В.* Влияние экстрактов, содержащих биофлавоноиды, на индукцию микроядер диоксидином в эритроцитах крови беспородных белых мышей // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2014. № 2. С. 58 – 65.

*Наволокин Н. А., Мудрак Д. А., Матвеева О. В., Тычина С. А., Бучарская А. Б., Полуконова Н. В., Маслякова Г. Н.* Влияние растительных экстрактов, содержащих флавоноиды, на лейкоцитарную формулу и красный костный мозг лабораторных крыс с перевитой саркомой 45 // Успехи современного естествознания. 2015. № 4. С. 134 – 140.

*Наволокин Н. А., Мудрак Д. А., Полуконова Н. В., Тычина С. А., Корчаков Н. В., Бучарская А. Б., Маслякова Г. Н.* Оценка противоопухолевой и антикахекической активности экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) у крыс с перевитой саркомой // Сибирский онкологический журнал. 2016а. Т. 15, № 1. С. 37 – 43.

*Наволокин Н. А., Мудрак Д. А., Полуконова Н. В., Тычина С. А., Канаева Т. В., Бучарская А. Б., Маслякова Г. Н.* Антикахекическая и противоопухолевая активность флавоноидсодержащего экстракта бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium*) при пероральном введении крысам с перевитой саркомой-45 // Злокачественные опухоли. 2016б. № 4 (20). С. 329 – 330.

*Наволокин Н. А., Полуконова Н. В., Бучарская А. Б., Маслякова Г. Н.* Морфофункциональные изменения у лабораторных крыс с перевитым раком печени РС-1 при длительном пероральном введении флавоноидсодержащих экстрактов // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2012. № S1. С. 277 – 278.

*Наволокин Н. А., Полуконова Н. В., Маслякова Г. Н., Скворцова В. В., Байтман Т. П., Бучарская А. Б., Дурнова Н. А.* Противоопухолевая активность растительных экстрактов, содержащих биофлавоноиды // Российский биотерапевтический журнал. 2013. Т. 12, № 2. С. 59 – 59а.

*Наволокин Н. А., Полуконова А. В., Библикова О. А., Полуконова Н. В., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б.* Цитоморфологические изменения в культуре клеток почки эмбриона свиньи при воздействии экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) // Фундаментальные исследования. 2014. № 10 – 7. С. 1369 – 1374.

*Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Дурнова Н. А., Маслякова Г. Н., Бучарская А. Б.* Способ получения сухого экстракта из растительного сырья, обладающего биологической активностью // Патент 2482863 РФ, МПК А61К 36/80, В01D 11/02. Заявитель и патентообладатель Полуконова Н. В., Наволокин Н. А. – № 2012105384; заяв. 15.02.2012; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15.

*Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Райкова С. В., Маслякова Г. Н., Бучар-*



## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА КИРКАЗОНА

ская А. Б., Дурнова Н. А., Шуб Г. М. Противовоспалительная, жаропонижающая и антимикробная активность флаваноидсодержащего экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015. Т. 78, № 1. С. 34 – 38.

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Байтман Т. П., Шаркова Е. А., Аврамец О. А., Полуконова А. В., Мудрак Д. А. Сравнение динамики роста опухоли крыс РС-1 под действием экстрактов таволги, кипрея и кирказона // Инновационные технологии в фундаментальной, клинической и профилактической медицине: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во СГМУ, 2018. С. 90 – 92.

Полуконова Н. В., Байтман Т. Н., Полуконова А. В., Наволокин Н. А., Аврамец О. А., Прилепский А. Ю., Гелевера Н. И., Бучарская А. Б. Исследование активности флаваноидсодержащего экстракта кипрея узколистного (*Chamerion angustifolium*) в экспериментах *in vitro* и *in vivo* // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Т. 15, вып. 4. С. 3 – 15.

Полуконова Н. В., Андреева А. А., Шаркова Е. А. Исследование экстракта кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematidis*) по показателям активности колец Бальбиани и Ядрышкового организатора политенных хромосом // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Т. 15, вып. 3. С. 33 – 40.

Растительные ресурсы СССР. Т. 1 Цветковые растения, их химический состав, использование. Л.: Наука, 1984. 464 с.

Растительные ресурсы России и сопредельных государств. СПб.: Мир и Семья, 1996. 571 с.

Hoang M. L., Chen C. H., Sidorenko V. S., He J., Dickman K. G., Yun B. H., Moriya M., Nkafis N., Douville C., Karchin R., Turesky R. J., Pu Y. S., Vogelstein B., Papadopoulos N., Grollman A. P., Kinzler K. W., Rosenquist T. A. Mutational Signature of Aristolochic Acid Exposure as Revealed by Whole-Exome Sequencing // Science Translational Medicine. 2013 Aug 7; Vol. 5 (197): 197 ra102. doi: 10.1126/scitranslmed.3006200

Navolokin N. A., Polukonova N. V., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B., Durnova N. A. Effect of extracts of *Gratiola officinalis* and *Zea mays* on the tumor and the morphology of the internal organs of rats with trasplanted liver cancer // Russian Open Medical Journal. 2012. Т. 1, № 2. С. 0203.

Polukonova N. V., Kurchatova M. N., Navolokin N. A., Bucharskaya A. B., Durnova N. A., Maslyakova G. N. A new extraction method of bioflavonoids from poisonous plant (*Gratiola officinalis* L.) // Russian Open Medical Journal. 2014. Т. 3, № 3. С. 304.

Poon S. L., Pang S. T., McPherson J. R., Yu W., Huang K. K., Guan P., Weng W. H., Siew E. Y., Liu Y., Heng H. L., Chong S. C., Gan A., Tay S. T., Lim W. K., Cutcutache I., Huang D., Ler L. D., Nairismägi M. L., Lee M. H., Chang Y. H., Yu K. J., Chan-On W., Li B. K., Yuan Y. F., Qian C. N., Ng K. F., Wu C. F., Hsu C. L., Bunte R. M., Stratton M. R., Futreal P. A., Sung W. K., Chuang C. K., Ong C. K., Rozen S. G., Tan P., Teh B. T. Genome-Wide Mutational Signatures of Aristolochic Acid and Its Application as a Screening Tool // Science Translational Medicine. 2013 Aug 7; Vol. 5 (197): 197 ra101. doi: 10.1126/scitranslmed.3006086

**Образец для цитирования:**

Полуконова Н. В., Наволокин Н. А., Полуконова А. В., Мудрак Д. А., Андреева А. А., Аврамец О. А., Прилепский А. Ю. Исследование цитотоксической и цитостатической активности флавоноидсодержащего экстракта кирказона ломоносовидного (*Aristolochia clematitis* L.) в экспериментах *in vitro* и *in vivo* // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. 2018. Т. 16, вып. 2. С. 23–38.  
DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-23-38.

---

**INVESTIGATION OF CYTOTOXIC AND CYTOSTATIC ACTIVITY  
OF FLAVONOID-CONTAINING EXTRACT  
OF KIRKAZONE OF LOMONOSOVIDE  
(*ARISTOLOCHIA CLEMATITIS* L.) IN EXPERIMENTS  
IN VITRO AND IN VIVO**

**N. V. Polukonova<sup>1</sup>, N. A. Navolokin<sup>1</sup>, A. V. Polukonova<sup>1</sup>,  
D. A. Mudrak<sup>1</sup>, A. A. Andreeva<sup>1</sup>, O. A. Avramets<sup>1</sup>, A. Yu. Prilepsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*V. I. Razumovsky Saratov State Medical University  
112 B. Kazachya Str., Saratov 410012, Russia  
E-mail: polukonovanv@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms,  
Russian Academy of Sciences  
13 Prospekt Entuziastov, Saratov 410049, Russia*

Received 10 April 2018, Accepted 23 April 2018

Extract of *folia* and *flores Aristolochia clematitidis* contains flavonoids and non-toxic. The extract has cytotoxic and cytostatic activity in normal animal cells. At concentrations of 15 mg/ml and higher, the extract results in 100% cell death of the Spev line. The number of dead cells of the Spev line as a whole increases with increasing concentration of the extract. The LC50 of the Kirkazon extract was determined by the probit analysis method. LC50=7.24 mg/ml. With an increase in the concentration of the extract, a marked decrease in the cell's polymeric activity was observed. After 48 hours, the inhibition of the proliferative activity of the Spev cells is more pronounced than 24 hours later. The percentage of the Spev cells killed by the Kirkazon extract becomes smaller with increasing exposure time. The mass of the transplanted tumor of rats practically did not differ from the control group without exposure. The extract showed no antitumor activity against transplantable liver cancer of rats PC-1 in an *in vivo* experiment.

**Key words:** *Aristolochia clematitidis*, flavonoids, pig kidney kidney cell (Spev) culture, transplantable liver cancer of rats PC-1

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-23-38

#### REFERENCES

Andreeva A. A., Gelevera N. I., Sharkova E. A., Polukonova A. V., Prilepsky A. Yu., Polukonova N. V. Comparison of the Activity of Extracts of Kirkazon lomonosovidny (*Aristolochia clematitidis*) and Krapreya angustifolia (*Chamerion angustifolium*) on the Culture of Cells SPEV-2. *Saratov Journal of Medical Scientific*

*Research*, 2016a, vol. 12, iss. 2, pp. 226. (in Russian)

Andreeva A. A., Sharkova E. A., Polukonova N. V. The Indices of the Functional Activity of the *Chironomus* Polytene Chromosomes for the Cyto- and Genotoxic Study of Plant Extracts. In: *Week of Science – 2016: Materials of the All-Russian Youth Forum with International Participation*. Stavropol; Izdatel'stvo StSMU, 2016b. pp. 372 – 375. (in Russian)

Andreeva A. A., Sharkova E. A., Polukonova N. V. Comparative Toxicological Analysis of the Aqueous and Chloroform Fractions of Extracts of Kirkazon lomonosovidny. In: *Medicinal Plants: fundamental and applied problems: Materials of the II International Scientific Conference*. Novosibirsk: Izdatel'stvo Novosibirskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta, 2015. pp. 179 – 181. (in Russian)

Arens L. E. Kirkazon lomonosovidny as the National Medicinal Plant. *Priroda*, 1949, № 2, pp. 61 – 62. (in Russian)

Baitman T. P., Polukonova A. V., Prilepsky A. Yu., Polukonova N. V. Comparison of the Biological Activity of Plant Extracts in Experiments *in vitro* According to LC50. In: *Week of Science – 2016: Materials of the All-Russian Youth Forum with International Participation*. Stavropol; Izdatel'stvo StSMU, 2016. pp. 378 – 381. (in Russian)

Baraboi V. A. *Plant Phenols and Human Health*. Moscow: Nauka Publ., 1984. 158 p. (in Russian)

Hoang M. L., Chen C. H., Sidorenko V. S., He J., Dickman K. G., Yun B. H., Moriya M., Niknafs N., Douville C., Karchin R., Turesky R. J., Pu Y. S., Vogelstein B., Papadopoulos N., Grollman A. P., Kinzler K. W., Rosenquist T. A. Mutational Signature of Aristolochic Acid Exposure as Revealed by Whole-Exome Sequencing. *Science Translational Medicine*. 2013 Aug 7; vol. 5 (197): 197 ra102. doi: 10.1126/scitranslmed.3006200

Korosov A. V., Kalinkina N. M. *Quantitative Methods of Environmental Toxicology: a Teaching Aid*. Petrozavodsk: Izdatel'stvo of PetrSU KSC. 2003. 56 p. (in Russian)

Kurchatova M. N., Durnova N. A., Polukonova N. A. The Effect of Extracts Containing Bioflavonoids on the Induction of Micronuclei with Dioxydin in Blood Erythrocytes of Nonbred White Mice. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2014, vol. 2, pp. 58 – 65. (in Russian)

Navolokin N. A., Polukonova N. V., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B., Durnova N. A. Effect of Extracts of *Gratiola officinalis* and *Zea mays* on the Tumor and the Morphology of the Internal Organs of Rats with Transplanted Liver Cancer. *Russian Open Medical Journal*, 2012, vol. 1, iss. 2, P. 0203.

Navolokin N. A., Mudrak D. A., Matveeva O. V., Tychina S. A., Bucharskaya A. B., Polukonova N. V., Maslyakova G. N. Effect of Plant Extracts Containing Flavonoids on the Leukocyte Formula and Red Bone Marrow of Laboratory Rats with Transfused Sarcoma 45. *The Successes of Modern Natural Science*, 2015, vol. 4, pp. 134 – 140. (In Russian)

Navolokin N. A., Mudrak D. A., Polukonova N. V., Tychina S. A., Korchakov N. V., Bucharskaya A. B., Maslyakova G. N. Evaluation of the Antitumor and Anti-acetic

Activity of the Medicinal Drug Avrana Extract (*Gratiola officinalis* L.) in Rats with Transfused Sarcoma. *Siberian Journal of Oncology*, 2016a, vol. 15, iss. 1., pp. 37 – 43. (in Russian)

Navolokin N. A., Mudrak D. A., Polukonova N. V., Tychina S. A., Kanaeva T. V., Bucharskaya A. B., Maslyakova G. N. Antioxidic and Antitumor Activity of the Flavonoid-containing Extract of the Immortelle Sand (*Helichnysum arenarium*) with Oral Administration to Rats with Interleaved Sarcoma-45. *Malignant Tumors*, 2016b, vol. 4 (20), pp. 329 – 330. (in Russian)

Navolokin N. A., Polukonova N. V., Bucharskaya A. B., Maslyakova G. N. Morphofunctional changes in laboratory rats with interleaved liver cancer PC-1 with prolonged oral administration of flavonoid-containing extracts. *Bulletin of the Russian State Medical University*, 2012, iss. S1, pp. 277 – 278. (in Russian)

Navolokin N. A., Polukonova N. V., Maslyakova G. N., Skvortsova V. V., Baitman T. P., Bucharskaya A. B., Durnova N. A. Antitumor activity of plant extracts containing bioflavonoids. *Russian Journal of Biotherapy*, 2013, vol. 12, iss. 2, pp. 59 – 59a. (in Russian)

Navolokin N. A., Polukonova A. V., Bibikova O. A., Polukonova N. V., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B. Cytomorphological Changes in the Culture of Kidney Cells of a Pig Embryo under the Influence of an Extract of Avran medicinal (*Gratiola officinalis* L.). *Basic Research*, 2014, vol. 10 – 7, pp. 1369 – 1374.

*Plant Resources of the USSR. Vol. 1: Angiosperms, their Chemical Composition, Use.* Leningrad: Nauka Publ., 1984. 464 p.

*Plant Resources of Russia and Neighboring Countries.* Saint-Peterburg: Mir i Semya Publ., 1996. 571 p.

Polukonova N. V., Navolokin N. A., Durnova N. A., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B. A method for obtaining a dry extract from a plant material having a biological activity. *RU 2482863 dated February 15, 2012.*

Polukonova N. V., Navolokin N. A., Raikova S. V., Maslyakova G. N., Bucharskaya A. B., Durnova N. A., Shub G. M. Anti-Inflammatory, Antipyretic and Antimicrobial Activity of Flavonoid-Containing Extract of *Gratiola officinalis* L. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2015, vol. 78, iss. 1, pp. 34 – 38.

Polukonova N. V., Navolokin N. A., Baitman T. P., Sharkova E. A., Avramets O. A., Polukonova A. V., Mudrak D. A. Comparison of the Dynamics of Tumor Growth of Rats PC-1 under the Action of Extracts of Tagolga, Cyprus and Kirkazone. In: *Innovative Technologies in Fundamental, Clinical and Preventive Medicine: Collection of Scientific Papers.* Saratov: Izdatel'stvo SSMU, 2018. pp. 90 – 92.

Polukonova N. V., Baitman T. P., Polukonova A. V., Navolokin N. A., Avramets O. A., Prilepsky A. Yu., Gelevera N. I., Bucharskaya A. B. Investigation of the activity of the flavonoid-containing *Chamerion angustifolium* extract in the experiments *in vitro* and *in vivo*. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2017, vol. 15, iss. 4, pp. 3 – 15.

Polukonova N. V., Andreeva A. A., Sharkova E. A. Investigation of the *Aristolochia clematitis* Extract by Analyzing the Activity of the Balbiani Rings

and the Nuclear Organizer in Polytene Chromosomes. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2017, vol. 15, iss. 3, pp. 33 – 40.

Polukonova N. V., Kurchatova M. N., Navolokin N. A., Bucharskaya A. B., Durnova N. A., Maslyakova G. N. A New Extraction Method of Bioflavonoids from Poisonous Plant (*Gratiola officinalis* L.). *Russian Open Medical Journal*, 2014, vol. 3, iss. 3, P. 304.

Poon S. L., Pang S. T., McPherson J. R., Yu W., Huang K. K., Guan P., Weng W. H., Siew E. Y., Liu Y., Heng H. L., Chong S. C., Gan A., Tay S. T., Lim W. K., Cutcutache I., Huang D., Ler L. D., Nairismägi M. L., Lee M. H., Chang Y. H., Yu K. J., Chan-On W., Li B. K., Yuan Y. F., Qian C. N., Ng K. F., Wu C. F., Hsu C. L., Bunte R. M., Stratton M. R., Futreal P. A., Sung W. K., Chuang C. K., Ong C. K., Rozen S. G., Tan P., Teh B. T. Genome-Wide Mutational Signatures of Aristolochic Acid and Its Application as a Screening Tool. *Science Translational Medicine*. 2013 Aug 7; vol. 5 (197): 197 ra101. doi: 10.1126/scitranslmed.3006086

*The work was supported by the Ministry of Health of the Russian Federation, state task AAAA-A18-118030590040-9 “Study of extracts of medicinal plants containing flavonoids and their fractions for the purpose of creating drugs that possess antitumor, antioxidant, antiexchic and other activity”*

---

**Cite this article as:**

Polukonova N. V., Navolokin N. A., Polukonova A. V., Mudrak D. A., Andreeva A. A., Avramets O. A., Prilepsky A. Yu. Investigation of Cytotoxic and Cytostatic Activity of Flavonoid-containing Extract of Kirkazone of Iomonosovide (*Aristolochia clematitis* L.) in Experiments *in vitro* and *in vivo*. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2018, vol. 16, iss. 2, pp. 23–38 (in Russian).  
DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-23-38.

---

## СТРУКТУРНАЯ БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.823:674.031.623.234

### СКЛЕРЕНХИМА *POPULUS NERVIRUBENS* ALB.: ПОЛИМОРФИЗМ КЛЕТОК

С. А. Степанов

*Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: hanin-hariton@yandex.ru*

Поступила в редакцию 01.04.2018 г., принята 23.04.2018 г.

В работе представлен краткий обзор информации о полиморфизме клеток склеренхимы растений, свидетельствующий о противоречивости существующих представлений. Распространенное суждение, что клетки склеренхимы в большинстве случаев лишены живых протопластов, в настоящее время опровергнуто. В некоторых из них выявлено от одного до 175 ядер, многочисленные митохондрии, вакуоли и другие органеллы. На поперечном срезе зоны флоэмы ствола тополя кроме волокон, ориентированных вдоль продольной оси, установлены другие типы клеток склеренхимы: поперечные волокна, производные клеток лучевого камбия, волокнистые склереиды. В результате продольные и поперечные волокна, волокнистые склереиды образуют общую сеть клеток, связанных друг с другом многочисленными контактами. В некоторых поперечных волокнах склеренхимы можно наблюдать тело клетки с хорошо выраженным ядром, длинные и короткие отростки. Выявлены также другие типы клеток склеренхимы флоэмы, существенно отличающиеся по форме. Склереиды в флоэме тополя встречаются в виде отдельных клеток, расположенных среди паренхимных клеток или же рядом с волокнами склеренхимы. Для этого типа склереид характерно массивное тело и толстые отростки с отходящими от них короткими отростками. Другой тип склереид имели более тонкие, нередко длинные и ветвящиеся отростки, но также с хорошо выраженным телом клетки. Число склереид последовательно увеличивается от камбия к периферии ствола тополя, где они образуют большие группы клеток, наблюдаемые как на поперечных, так и на продольных срезах. Предполагается информационное значение сети клеток склеренхимы тополя.

**Ключевые слова:** склеренхима, флоэмные волокна, склереиды.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-39-65

## ВВЕДЕНИЕ

Растения, как и прежде, продолжают оставаться в фокусе внимания исследователей вследствие своей уникальности как формы жизни. Увеличение экспериментальных средств познания мира позволило в настоящее время проникнуть не только в лабиринты симпласта, но и за его пределы – в апопласт (пространственный континуум вне плазмалеммы), считавшийся долгое время индифферентным компонентом клеточных систем (Гэлстон и др., 1983; Гамалей, 1997; Горшкова и др., 2005). Из «мертвого деревянного ящика», в котором живёт протоплазма (Горшкова, 2007), основная часть апопласта, клеточная стенка, проявила себя как многофункциональный компартмент растительной клетки с исключительно сложными механизмами формирования и функционирования.

Среди множества типов клеток, производных меристематических тканей растения, клетки склеренхимы начали рассматривать как идеальную модель для изучения ключевых процессов роста и развития – деления, растяжения, дифференциации, формирования клеточной стенки (Снегирева и др., 2010; Wyatt et al., 2010; Carlquist, 2014). Понятие «склеренхима» относится к ткани, состоящей из клеток с вторичными и зачастую лигнифицированными стенками (Hatfield, Vermerris, 2001; Эверт, 2015). Оно было введено в анатомию растений Mettenius (Де Бари, 1877) и образовано от греческих слов «склеро» – жесткий и «енхима» – влитое, разлитое. Словообразованием подчеркивается прочность стенок клеток, представляющих склеренхиму.

Склеренхимные клетки отличаются большим разнообразием по форме. Наличие множества систем, предложенных для классификации клеток склеренхимы, позволяет утверждать, по мнению Эсау (1969), об отсутствии точного критерия для их разграничения. Наиболее часто склеренхимные клетки делят на волокна и склереиды. При этом волокна описывают как длинные клетки, а склереиды – как относительно короткие (Александров, 1966). Однако имеются многочисленные исключения из данного правила вследствие видоизменения формы склереид и волокон. Между волокнами и склереидами существуют переходные формы (Эсау, 1969; Данилова и др., 1980). Если клетку затруднительно отнести к волокнам или склереидам, может быть использован термин «волокнистые склереиды». Склереиды обладают более пористыми стенками, чем волокна, но эти различия непостоянны (Эверт, 2015).

Волокна формируют отдельные тяжи в кортексе и флоэме, обкладку вдоль проводящих пучков, но могут быть рассеяны поодиночке или группами в ксилеме и флоэме. Волокна склеренхимы в настоя-



щее время подразделяют на две большие группы – ксилемные волокна и экстраксиллярные волокна, к которым относят волокна различных систем тканей вне ксилемы (Эверт, 2015). Наблюдаются также взаимные переходы по морфологии между ксилемными волокнами и не перфорированными трахеальными элементами ксилемы, между волокнами и паренхимными клетками ксилемы (Данилова и др., 1980; Jain, Singh, 1980). На основании наличия этих переходных форм предлагается делить ксилемные волокна на два основных типа: волокнистые трахеиды и волокна либриформа (Александров, 1966; Эсау, 1969; Данилова и др., 1980).

Экстраксиллярные волокна разделяют, главным образом на основании топографии, на следующие типы: 1) флоэмные волокна; 2) коровые волокна; 3) периваскулярные волокна. По времени образования выделяют первичные и вторичные экстраксиллярные волокна (Эсау, 1969). Клеточные стенки экстраксиллярных волокон часто очень сильно утолщены (до 90% поверхности поперечного среза клетки). Вторичные стенки этих волокон имеют отчётливую слоистую структуру; отдельные слои по толщине варьируют от 0.1 до 0.2 мкм. Однако такое строение клеточной стенки характерно не для всех экстраксиллярных волокон. Вторичные стенки волокон вторичной флоэмы большинства древесных покрытосеменных и хвойных состоят из двух слоев – тонкого наружного ( $S_1$ ) и толстого внутреннего ( $S_2$ ) (Эверт, 2015). Для них характерно значительное различие по содержанию белков, суммарное количество которых варьирует от 0.1 до 20% сухой массы клеточной стенки (Шарова, 2004).

N. Parameswaran (1980) предлагает определять кроме обычных флоэмных волокон ещё и группу твёрдых (sclerotic) флоэмных волокон. J. Bourelly (1971) в надземных частях кенафа (*Hibiscus cannabinus* L.) выявлены три типа волокон: первичные, т.е. происходящие из первичной флоэмы; наружные вторичные – из вторичной флоэмы; внутренние перимедулярные – из внутренней флоэмы.

Волокна флоэмы и ксилемы некоторых двудольных и однодольных могут быть разделены на две и более частей поперечными стенками – септами. В таких септированных волокнах плазмодесмы связывают через септы протопласты, которые остаются живыми и в зрелых волокнах (Parameswaran, Liese, 1977; Эверт, 2015).

Другой тип волокон, которые невозможно строго отнести к ксилемным или экстраксиллярным, – желатинозные волокна. Для них характерно наличие желатинозного слоя (G-слоя) – внутреннего слоя вторичной стенки, который отличается от других слоев вторичной стенки

высоким содержанием целлюлозы и отсутствием лигнина. Микроволокна целлюлозы G-слоя ориентированы параллельно длинной оси клетки, в результате чего этот слой оказывается изотропным или отчасти способным к двойному светопреломлению при наблюдении поперечных срезов в поляризованном свете (Эверт, 2015). Будучи гигроскопичным, G-слой способен поглощать большое количество воды. Эти волокна также называют реактивными вследствие их возможной способности к сокращению в процессе развития (Mellerowicz, Gorshkova, 2012; Tomlinson et al., 2014; Carlquist, 2014).

Склерейды представляют собой обычно короткие клетки с толстой и сильно лигнифицированной вторичной клеточной стенкой, пронизанной многочисленными простыми порами. Вторичная стенка обычно выглядит многослойной, с выраженным спиралевидным строением (Roland et al., 1987, 1989). В отличие от волокон вторичные клеточные стенки склерейд некоторых растений наиболее богаты белками (Шарова, 2004).

Склерейды, также как и волокна, широко варьируют по форме. По К. Esau (1969), все склерейды можно подразделить на следующие 6 групп: 1) брахисклерейды или каменные клетки – короткие изодиаметричные склерейды, напоминающие по своей форме паренхимные клетки; 2) макросклерейды – удлиненные, палочкообразные клетки; 3) остеосклерейды, напоминающие по своей форме трубчатую кость, то есть столбчатые клетки, расширенные на концах; 4) астросклерейды, то есть звездчатые склерейды – в различной степени разветвленные клетки; 5) нитевидные – длинные, тонкие клетки, похожие на волокна; 6) трихосклерейды – ветвистые тонкостенные склерейды, напоминающие волоски растений, ответвления которых проникают в межклетные пространства. Некоторые типы склерейд могут очень сильно ветвиться. Представленная классификация склерейд до некоторой степени произвольна и не охватывает все известные формы склерейд. Её применение кроме того ограничено благодаря полиморфизму каждой из установленных групп, наличию переходов между ними.

Склерейды могут образовывать различные по числу клеток скопления, но нередко они встречаются поодиночке среди клеток других типов. В форме изолированных клеток их называют идиобластами (Foster, 1956). Склерейды встречаются в эпидермисе, основной ткани и проводящих тканях (Эверт, 2015). Было показано, что T-образные склерейды листьев оливы (*Olea europaea*) способны проводить свет от верхнего эпидермиса к губчатой паренхиме, функционируя подобно искусственным оптическим волокнам (Karabourniotis et al., 1994).

Н. Schanderl (1973) выделил в листовом черешке у ряда видов рода *Nymphaea* и *Nyphar* из разных климатических зон пять типов склерейд, в том числе и ряд новых: 1) игловидные; 2) игловидные, соединенные попарно; 3) звездообразные; 4) колоннообразные; 5) звездчатые. В листьях *Bellendena montana* обнаружены склерейды сферической или червеобразной формы (Rao, Das, 1976). В листьях *Aeqiceras corniculatum* определены два типа склерейд: идиосклерейды и палосклерейды (Rao, 1971).

Т. А. Rao с соавт. (1985) в листьях *Persoonia* (P roteaceae) выделены несколько групп склерейд, различающихся по форме: почти шаровидные, сучковатые, веретеновидные, пало – или ризосклерейды, склероциты – скопления склерейд, идиофибросклерейды. Нитевидные склерейды обнаружены в листьях *Memecylon*, тогда как разветвленные склерейды характерны для *Lijndenia* (Melastomataceae) (Rao et al., 1983).

В перикарпии представителей рода *Tilia* обнаружены волокнистые склерейды (Черник, 1984). В коре рода *Larix* М. (Pinaceae) В. М. Еремин (1981) также выявлены волокнистые склерейды, округлые по форме у большинства исследованных видов. Различные по форме склерейды в коре *Abies alba* Mill. показаны в исследованиях W. O. Golinowski (1971).

Волокнистые склерейды в непроводящей флоэме у березы повислой найдены Н. Е. Косиченко с соавт. (1980). Очень полиморфные склерейды обнаружены в женских шишках двух видов туи (Rao, Мауца, 1970). Полиморфизм склерейд отмечен также в корнях *Syzygium cumini* L., где выявлены следующие типы: брахисклерейды, остеосклерейды, неправильные склерейды, фибриллярные (нитевидные), в виде пучков из 8–16 склерейд (Rao, Rao, 1972).

Таким образом, можно заключить, что вследствие разнообразия формы склерейд их полная классификация представляется в данное время невозможной. Этому способствует недостаточная изученность всех видов растений по их наличию, а также разнообразию типов склерейд у представителей различных групп растений. В этой связи обобщение, что большинство склерейд имеют паренхимную форму (Данилова и др., 1980) не является достаточно обоснованным.

Представления относительно внутреннего содержимого склеренхимных клеток отличаются значительным разнообразием. Первоначально получило распространение суждение об отсутствии внутреннего содержимого в клетках склеренхимы, по крайней мере в тех из них, что достигли своего окончательного развития (Де Бари, 1877; Имс, Мак Даниэльс, 1935; Александров, 1966). Считалось, что клетки склеренхи-

мы в большинстве случаев лишены живых протопластов, хотя иногда во взрослой клетке и остается скудное протоплазматическое содержимое в виде сморщенных остатков цитоплазмы (Де Бари, 1877; Имс, Мак Даниэльс, 1935; Бородин, 1938; Раздорский, 1949; Курсанов, 1966). Отсутствие внутреннего содержимого или небольшое его наличие в виде кое-где рассеянных в клеточной полости остатков (Александров, 1966) объяснялось тем, что живое содержимое склеренхимных клеток часто атрофируется сейчас же по достижении ими окончательных размеров и завершении процесса вторичного утолщения (Раздорский, 1949; Яценко-Хмелевский, 1961; Тутаюк, 1980). В дальнейшем склеренхимные клетки, лишённые протопласта, функционируют как мертвые пассивные образования (Имс, Мак Даниэльс, 1935; Яценко-Хмелевский, 1961; Эсау, 1969).

Отсутствие цитоплазмы в сформировавшихся клетках склеренхимы отмечено и в более поздних исследованиях (Rao, Rao, 1971; Rao, 1975; Harche, 1984; Rao, 1985), что, впрочем, может являться артефактом или следствием неправильной методики. По данным некоторых авторов клеточные полости в этих мертвых склеренхимных клетках заполнены воздухом (Де Бари, 1877; Раздорский, 1949) или реже водой (Курсанов и др., 1966). Иногда, как отмечают ряд исследователей (Де Бари, 1877; Имс, Мак Даниэльс, 1935; Курсанов и др., 1966), в полости клетки можно видеть бурый зернистый остаток содержимого, вроде таннина или слизи.

Однако представление о клетках склеренхимы, как мертвых пассивных образованиях во взрослом состоянии, разделялось не всеми исследователями (Бородин, 1938; Раздорский, 1949). Во многих экспериментах наблюдалось наличие живого протопласта как в волокнах, так и в склереидах (Schooch-Bodmer, Huber, 1951; Яценко-Хмелевский, 1961; Эсау, 1969; Gibson, 1981; Jurzitza, 1988). В работе E. V. Dumbroff и H. W. Elmore (1977) отмечено, что в ксилеме стебля проростков *Acer saccharum* Marsh. живых волокон имеется меньше, чем в корне, но, однако, они составляют большинство.

У льна и конопли волокна флоэмы в уже закончивших свое развитие частях растения сохраняют живые протопласты (Эсау, 1969). У льна незадолго до конца формирования вторичной оболочки цитоплазма распределена неравномерно по длине волокна. В некоторых участках она имеет вид очень узкого постенного слоя субмикроскопической толщины, в котором почти нет крупных органелл и полость клетки занята в основном центральной вакуолью. В других участках цитоплазма образует скопления со многими органеллами, в том числе и много-

численными митохондриями, а центральная вакуоль отсутствует. В этих скоплениях наблюдаются также ядра, которых в одном волокне несколько (Данилова и др., 1980). Наличие сильных перетяжек, вздутий и сужений в длинных лубяных волокнах было отмечено ещё в ранних исследованиях (Де Бари, 1877), однако значение этого факта ещё не получило своего объяснения.

В ходе развития первичных флоэмных волокон протопласт становится многоядерным, на что ранее обратила внимание К. Esau при изучении табака (*Nicotiana tabacum* L.) и льна (Esau, 1938, 1943). Много ядер и жизнедеятельный протопласт в растущем волокне отмечает также В. Г. Александров (1966). Выявлено, что число ядер в волокнах склеренхимы возрастает, в основном, в ходе интрузивного удлинения. Ядра в волокнах имеют характерную вытянутую форму. При средней длине первичных волокон около 20 мкм, число ядер в одной клетке составляет, в среднем, 80 у льна и 54 у конопли. Максимальное число ядер в исследованных волокнах – 175 (при длине клетки 36 мкм). Такое значительное количество ядер не имеет аналогов среди других типов клеток вегетативных органов растений. Во вторичных волокнах присутствует только одно ядро (Снегирева и др., 2010). Наличие этих «добавочных» ядер обусловлено, как предполагалось ранее (Иванов, 1939), необходимостью построения толстой оболочки клетки на сравнительно большом протяжении.

Живые волокна флоэмы и ксилемы отмечены у *Coleus* (Pizzolato, Heimsch, 1975). Сравнительно большая полость с цитоплазматическим содержимым наблюдалась во флоэмных волокнах *Dalbergia* (Chouse et al., 1975). Живые протопласты обнаружены в некоторых волокнах и склереидах *Castanea sativa* Mill. (Vietez, 1975). Jurzitza J. (1988) также отмечает наличие живого протопласта и ядер в клетках склеренхимы. В зрелых склереидах корня *Gnetum ula* Brongn также присутствуют ядра (Rao, Rao, 1971). Длинные, веретеновидные ядра обнаружены G. Steiner (1980) в древесинных волокнах листовой подушки *Mimosa pudica* и *Neptunia plena*. А. М. Bendre (1975) в склереидах цветка некоторых Loganiaceae наблюдал наличие невакуолизированной плотной цитоплазмы и ядро в отдельных клетках (астро-склереидах). Е. В. Dumbroff и Н. W. Elmore (1977) установили наличие ядер в живых протопластах ксилемных волокон корней семян *Acer saccharum* March. В некоторых работах выявлено наличие ядрышек в склереидах (Peraira dos Santos, 1976; Тутаюк, 1980). Лишь в отдельных работах отмечено отсутствие ядер в клетках склеренхимы (Rao, 1975). T. D. Pizzolato и С. Heimsch (1975) наблюдали деление ядер флоэмных

волокон, иногда с цитокинезом и образованием первичной перегородки. Существуют наблюдения, что длинные волокна первичной флоэмы многоядерны, а более короткие волокна вторичной флоэмы одноядерны (Яценко-Хмелевский, 1961; Эсау, 1969).

В цитоплазме волокон склеренхимы встречаются единичные хлоропласты длиной 1.0–2.5 мкм, часто с крахмальными зёрнами. Система гран в них обычно развита слабо, однако попадают и хлоропласты, у которых в гранах насчитывается до 15 тилакоидов. В склереидах хлоропласты меньше по размеру, чем в клетках основной ткани (Данилова и др., 1980). Наличие зёрен крахмала в клетках склеренхимы отмечено также в ряде других работ (Rao, 1974; Steiner, 1980; Gibson, 1981). Наблюдалось (Dumbroff, Elmore, 1977), что отдельные типы волокон имеют большое количество крахмальных зёрен. В древесных волокнах листовой подушки *Mimosa pudica* и *Neptunia plena* крахмал отсутствовал весной и появлялся осенью (Steiner, 1980). Ранее на факт присутствия крахмальных зёрен в протопласте лубяных волокон указывал В. Г. Александров (1966). Т. D. Pizzolato и С. Heimsch (1975) отмечали наличие амилопластов в волокнах флоэмы и ксилемы *Coleus*.

В волокнах склеренхимы, как отмечалось ранее, обнаружены митохондрии, число которых в несколько раз больше, чем хлоропластов. Установлено, что митохондрии имеют хорошо развитую систему крист. В склереидах также наиболее многочисленны органеллы – митохондрии, имеющие очень плотный матрикс (Данилова и др., 1980).

В волокнах склеренхимы установлено наличие высокоактивного аппарата Гольджи. Рибосом обычно мало, встречаются отдельные липидные капли, микротельца, вакуоли типа автолитических, редкие элементы эндоплазматического ретикулума. Плазмалемма в волокнах часто отходит от оболочки и имеет очень неправильный контур, в периплазматическом пространстве можно наблюдать скопление пузырьков и трубочек, сходных по диаметру с микротрубочками, но искривленных. Гиалоплазма волокон в одних участках выглядит плотной, в других – прозрачной (Данилова и др., 1980).

Для каменистых клеток *Pyrus communis* со сформировавшейся клеточной стенкой отмечена довольно слабая вакуолизация, при этом мелкие вакуоли характеризуются признаками локального автолиза, в более крупных вакуолях содержатся плотные включения таннинов. Диктиосомы в склереидах встречаются редко, гиалоплазма выглядит довольно прозрачной, встречаются липидные капли (Häuptli, 1971).

В склереидах корня *Gnetum ula* обнаружены кристаллы, содержащие кремний (Rao, Rao, 1971). S. Jalan (1985) также показал нали-

чие в склереидах *Schisandra grandiflora* кристаллов  $\text{SiO}_2$ . Кристаллы имели прямоугольную, пяти- или шестиугольную форму. В склереидах *Balanites aegyptiaca* (Parameswaran, Conrad, 1982) выявлено наличие многочисленных кристаллов оксалата кальция.

Таким образом, всё большее число работ свидетельствует о наличии активной цитоплазмы и ядра в клетках склереенхимы. Всё это позволяет рассматривать клетки склереенхимы не как мертвые образования, а как живые, хотя и сейчас можно согласиться с мнением А. А. Яценко-Хмелевского (1961), что вопросы участия клеток склереенхимы в процессах накопления, обмена и отложения веществ ещё ждут своего решения.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Все виды рода *Populus*, число которых насчитывается порядка 110, являются самыми быстрорастущими древесными породами умеренной зоны (Черепанов, 1995). Они являются удобной модельной системой формы жизни растений (Jansson, Douglas, 2007). В России и на сопредельных территориях произрастает 34 вида и 8 гибридов тополей. Для разных видов тополей характерен длительный рост в течение вегетационного периода, более интенсивный фотосинтез, высокая активность образовательных тканей по сравнению с другими видами деревьев. Среди других видов тополей *Populus nervirubens* Alb., являясь гибридом между канадским и волосистоплодным видами тополей, отличается наибольшей энергией роста (Редько, 1975; Черепанов, 1995).

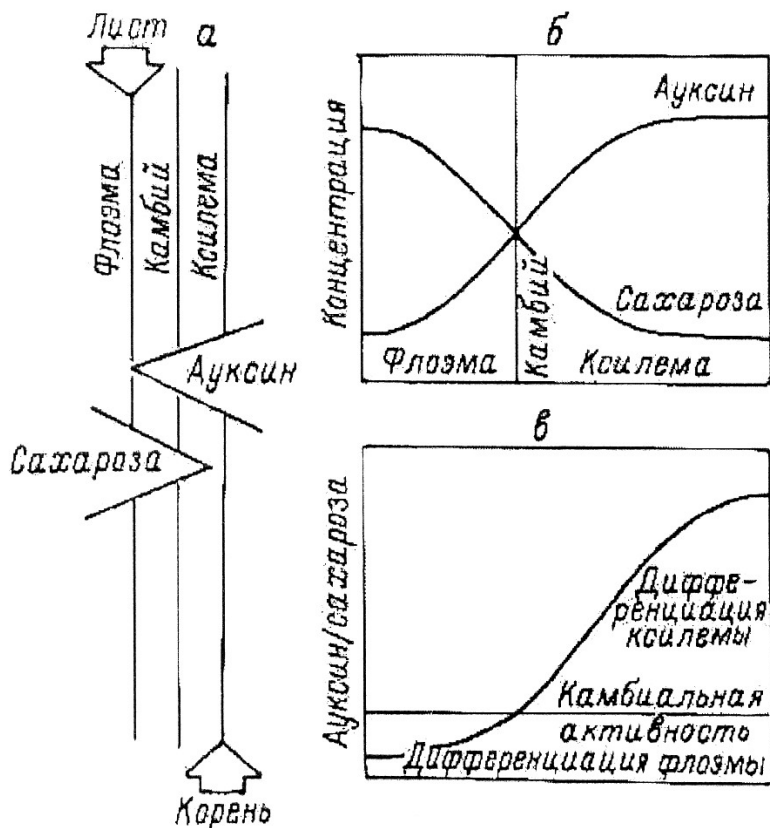
Для анатомических исследований использовали семилетние образцы ствола *P. nervirubens* Alb., произрастающего на территории Ботанического сада Саратовского университета. Для фиксации объектов, взятых в феврале и марте, использовали фиксатор Навашина (Прозина, 1960), в состав которого входит хромовая кислота. Время фиксации составляло 24 часа, после чего осуществлялось промывание образцов в проточной воде. В дальнейшем объекты готовились для резки на микротоме (Jensen, 1965). Срезы окрашивались гематоксилином Гейденгайна, широко используемым для получения обзорной гистологической окраски различных тканей и выявления внутриклеточных структур (Прокопьев, Прокопьева, 2016).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для *P. nervirubens* характерна типичная для древесного двудольного растения организация стебля побега. В центральной части стебля наблюдается хорошо выраженная сердцевина, ограниченная от ксилемы перимедулярной зоной. Камбий, представленный клетками двух типов



– веретеновидными и лучевыми, отделяет ксилему от коровой части стебля, где можно выделить флоэму, коровую паренхиму, колленхиму и перидерму, или ритидом (Степанов, 2016).



**Рис. 1.** Регуляция камбиальной активности в осях через состав экссудатов флоэмы и ксилемы: *а* – направления радиальных градиентов концентрации ауксина и сахарозы в зоне камбия; *б, в* – влияние градиентов ауксина и сахарозы на камбиальную активность и дифференциацию вторичных проводящих тканей (по: Warren Wilson, Warren Wilson, 1984)

**Fig. 1.** Regulation of cambial activity in axes through the composition of phloem and xylem exudates: *a* – directions of radial gradients of concentration of auxin and sucrose in the area of the cambium; *б, в* – effect of auxin and sucrose gradients on cambial activity and differentiation of secondary conductive tissues (by: Warren Wilson, Warren Wilson, 1984)



Структурное разделение камбием двух проводящих тканей, ксилемы и флоэмы, приводит к их относительной автономности в физиологическом плане, прежде всего гормонального и электрофизиологического статуса (Степанов, 2017). В тоже время регуляция камбиальной активности в осях ствола осуществляется под контролем качественного и количественного состава эксудатов флоэмы и ксилемы (Warren Wilson, Warren Wilson, 1984). Предполагается, что камбиальный путь развития может определяться во взаимодействии двух как минимум морфогенов, имеющих противоположно направленный радиальный градиент (рис. 1). Один из этих морфогенов – ауксин, источником которого является ксилема, а потребителем – дифференцирующаяся флоэма. Другим морфогеном выступает сахароза, поступающая из флоэмы, оказывающая влияние на камбий и дифференциацию клеток ксилемы. Концентрация сахарозы во флоэмном эксудате может достигать 10–25 %, в ксилемном – меньше 1 % (Warren Wilson, 1978; Гамалей, 1990).

Наиболее сложно организованной тканью коровой части стебля является флоэма. На поперечных срезах зона флоэма наблюдается как последовательное чередование волокон склеренхимы, имеющих хорошо развитую клеточную стенку, и тонкостенных клеток, представленных ситовидными трубками, клетками-спутниками, осевой и лучевой паренхимой, кристаллоносной паренхимой (Степанов, 2016).

В волокнах склеренхимы на поперечном срезе флоэмы тополя можно выделить срединную пластинку, первичную и вторичную клеточную стенку, полость волокна с протопластом. Как правило, между смежными волокнами наблюдаются цитоплазматические контакты. Волокна имеют различные размеры, а их клеточные стенки неравномерно окрашиваются гематоксилином Гейденгайна (рис.2). Рядом с группой волокон склеренхимы обычно расположены клетки кристаллоносной паренхимы. На продольных срезах протопласта волокна можно наблюдать зоны его сужения и расширения (рис. 3), светлые и темные участки с различными хорошо выраженными включениями в виде отдельных, разнообразных и многочисленных вакуолей и фибрилл (рис. 4).

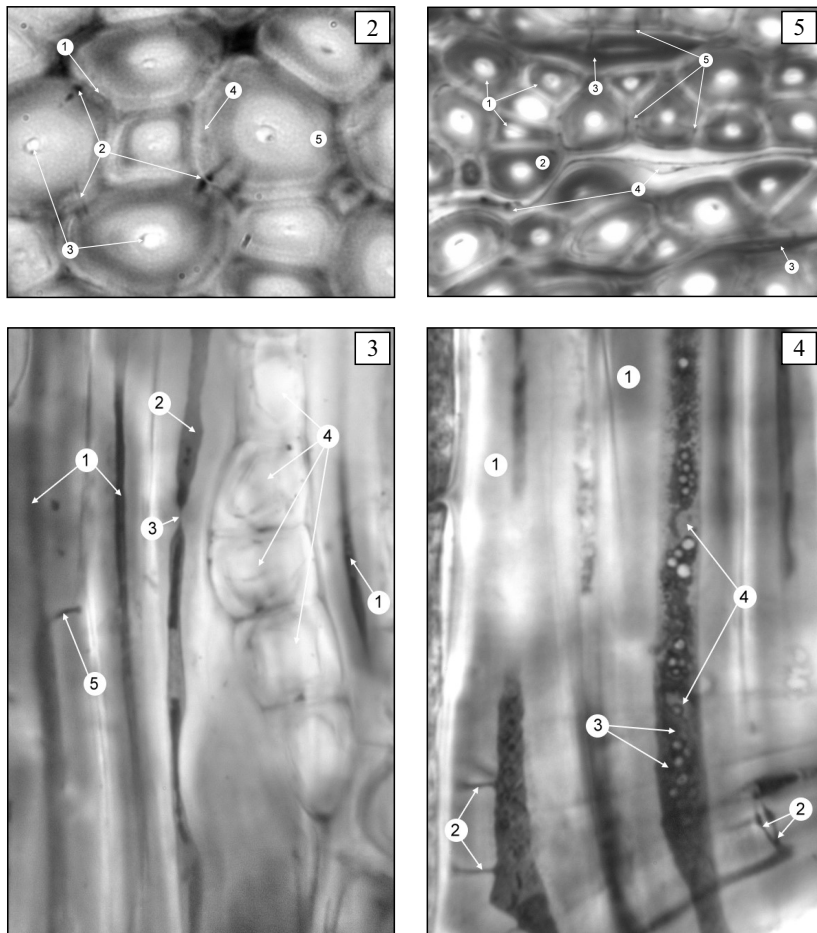
На поперечном срезе зоны флоэмы ствола тополя кроме волокон, ориентированных вдоль продольной оси, можно наблюдать другие типы клеток склеренхимы: поперечные волокна, производные клеток лучевого камбия, волокнистые склереиды (рис. 5, 6). В результате продольные и поперечные волокна, волокнистые склереиды образуют общую сеть клеток, связанных друг с другом многочисленными контактами. В некоторых поперечных волокнах склеренхимы можно было наблюдать тело клетки с хорошо выраженным ядром, длинные и короткие отростки (рис. 7, 8).

На отдельных участках продольных срезов флоэмы ствола тополя обнаружены клетки, имеющие хорошо выраженное тело с ядром, длинные отростки, направленные параллельно волокнам склеренхимы, и перпендикулярно к ним. Эти клетки имели многочисленные контакты с другими клетками склеренхимы флоэмы (рис. 9). Выявлены также другие типы клеток склеренхимы флоэмы, существенно отличающиеся по форме (рис.10–12).

Склерейды в флоэме тополя встречаются в виде отдельных клеток, расположенных среди паренхимных клеток или же рядом с волокнами склеренхимы. Для этого типа склерейд характерно массивное тело и толстые отростки с отходящими от них короткими отростками (рис.13, 14). Другой тип склерейд имели более тонкие, нередко длинные и ветвящиеся отростки, но также с хорошо выраженным телом клетки (рис. 15). Число склерейд последовательно увеличивается от камбия к периферии ствола тополя, где они образуют большие группы клеток, наблюдаемые как на поперечных, так и на продольных срезах (рис.16). К специфическим особенностям склерейд, как отмечено ранее (Степанов, 2016), можно отнести следующее: 1. Разнообразии формы склерейд. 2. Присутствии цитоплазмы, в которой можно наблюдать светлые и темные участки, вакуоли и обязательно ядро. 3. Слоистая клеточная стенка, обычно окрашенная в желтый цвет. 4. Наличие большого числа пор. 5. Образование расширений пор в месте соединения цитоплазмы смежных склерейд; по своей форме эти участки склерейд имеют сходство с синапсами нейронов.

Волокна либриформа ксилемы *P. nervirubens* менее разнообразны. Они имеют различную длину, клеточные стенки незначительно отличаются по толщине от других клеток ксилемы, но их апикальные концы могут быть разветвлены, что указывает на интрузивный характер роста. В них хорошо выражена цитоплазма, ядра ланцетовидной формы, простые поры. В некоторых из них отмечены септы. Ксилемные волокна, как правило, расположены рядом с клетками лучевой паренхимы ксилемы, для которых характерно наличие крупных поровых полей и ядер различной формы – округлых и вытянутых, ланцетовидных.

Таким образом, проведенные исследования типологии клеток склеренхимы позволяют рассматривать флоэму как более сложно организованную ткань, отличающуюся от ксилемы большим разнообразием типов клеток. Некоторые из клеток флоэмы склеренхимы имеют хорошо выраженное тело с ядром, длинные и короткие отростки. Многочисленные контакты между разными типами клеток склеренхимы образуют совокупную сеть, имеющую, возможно, информационное значение.



**Рис. 2.** Волокна склеренхимы на поперечном срезе флоэмы тополя: 1 – срединная пластинка; 2 – цитоплазматические контакты между волокнами; 3 – полость волокна; 4 – первичная клеточная стенка; 5 – вторичная клеточная стенка (увеличение  $\times 1000$ )

**Fig. 2.** Fiber sklerenhimy on cross-section of the phloem of poplar: 1 – middle plate; 2 – cytoplasmic contacts between fibers; 3 – fiber cavity; 4 – primary cell wall; 5 – secondary cell wall (scale  $\times 1000$ )

**Рис. 3.** Продольный срез зоны флоэмы ствола тополя: 1 – протопласт волокон склеренхимы; 2 – утолщение протопласта волокна; 3 – сужение протопласта волокна; 4 – клетки кристаллоносной паренхимы; 5 – пора в клеточной стенке волокна (увеличение  $\times 900$ )



**Fig. 3.** A longitudinal cut areas of the phloem of the trunk of poplar: 1 – protoplast fiber sklerenhimy; 2 – thickening of the protoplast fibers; 3 – narrowing of fiber protoplast; 4 – parenchyma cells with crystals inside; 5 – pore in the cell wall of the fiber (scale × 900)

**Рис. 4.** Продольный срез зоны флоэмы ствола тополя: 1 – клеточная стенка волокна склеренхимы; 2 – межклеточные контакты между смежными волокнами; 3 – светлые участки волокна; 4 – темные участки волокна (увеличение × 1000)

**Fig. 4.** A longitudinal cut areas of the phloem of the trunk of poplar: 1 – cell wall fiber sklerenhimy; 2 – intercellular contacts between adjacent fibers; 3 – light fiber sectors; 4 – dark fiber sectors (scale × 1000)

**Рис. 5.** Поперечный срез зоны флоэмы ствола тополя: 1 – волокна склеренхимы; 2 – клеточная стенка волокна; 3 – волокнистые склереиды; 4 – волокна склеренхимы, производные лучевого камбия; 5 – межклеточные контакты (увеличение × 1000)

**Fig. 5.** The cross-section area of phloem of the trunk of poplar: 1 – fiber sklerenhimy; 2 – cell wall fiber; 3 – fibrous sclereids; 4 – fiber sklerenhimy derived radial cambium; 5 – intercellular contacts (scale × 1000)

**Рис. 6.** Склеренхима флоэмы тополя: 1 – клеточная стенка волокна; 2 – протопласт волокна; 3 – клетки склеренхимы, производные лучевого камбия (увеличение × 900)

**Fig. 6.** The sclerenchyma phloem of poplar: 1 – cell wall fiber; 2 – fiber protoplast; 3 – cell sklerenhimy derived radial cambium (scale × 1000)

**Рис. 7.** Склеренхима флоэмы тополя: 1 – продольные и поперечные волокна склеренхимы; 2 – тело клетки; 3 – короткие отростки поперечных волокон склеренхимы (увеличение × 900)

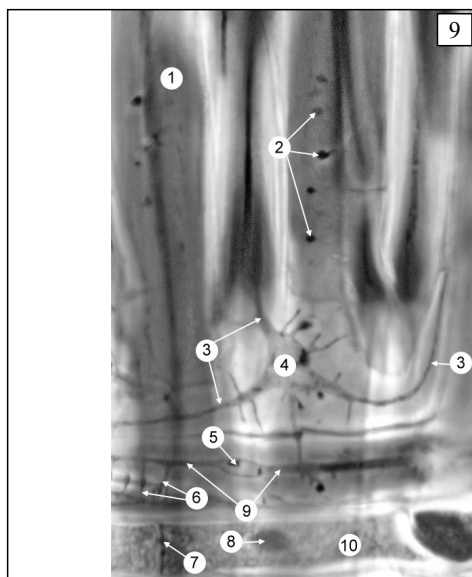
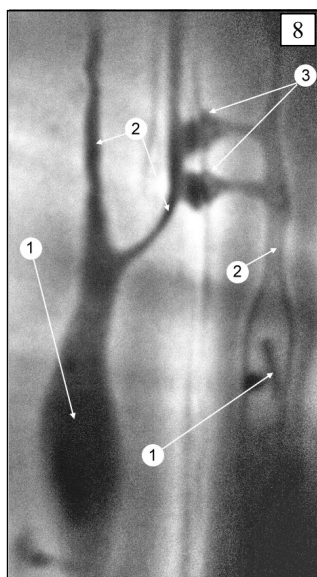
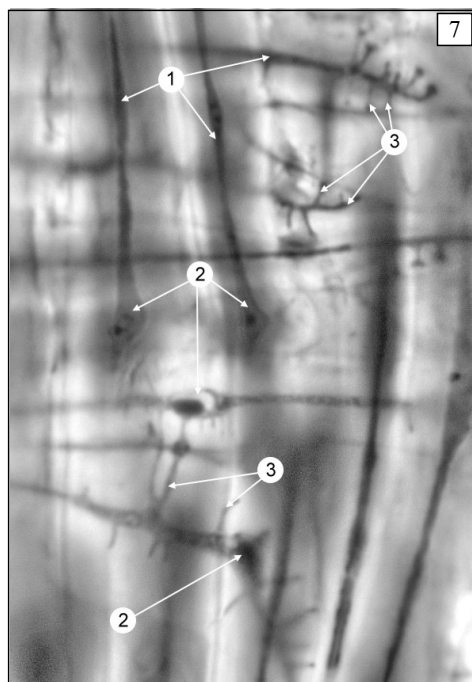
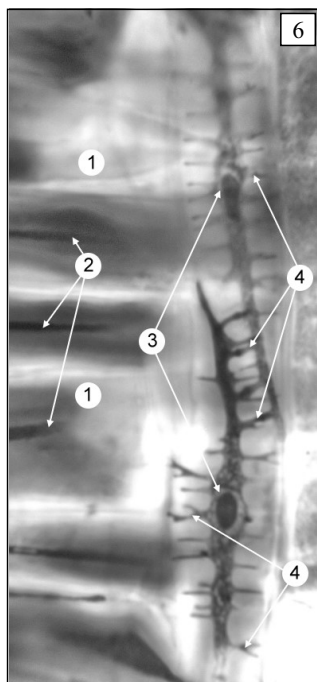
**Fig. 7.** The sclerenchyma phloem of poplar: 1 – longitudinal and transverse fiber sklerenhimy; 2 – cell body; 3 – short processes transverse fibers sklerenhimy (scale × 900)

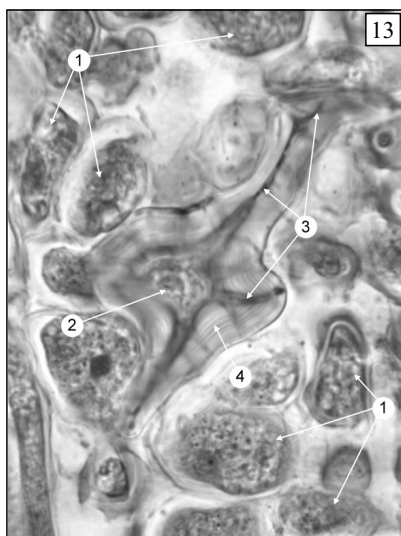
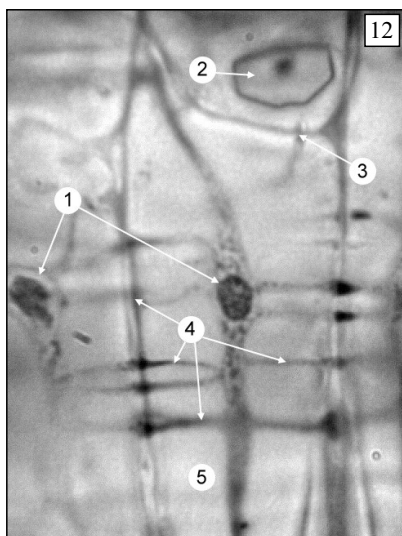
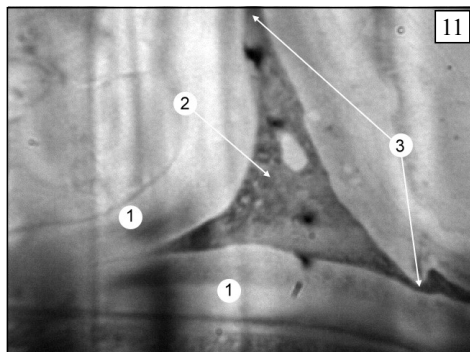
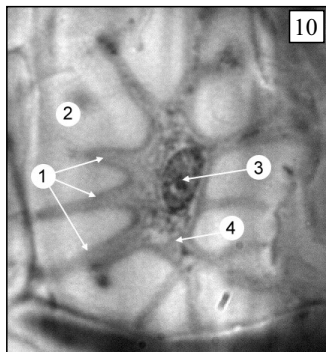
**Рис. 8.** Клетки склеренхимы, производные лучевого камбия: 1 – тело клетки; 2 – длинные отростки клетки; 3 – межклеточные контакты смежных клеток (увеличение × 1000)

**Fig. 8.** Cells sklerenhimy derived radial cambium: 1 – cell body; 2 – long spines cells; 3 – intercellular contacts of adjacent cells (scale × 1000)

**Рис. 9.** Продольный срез флоэмы ствола тополя: 1 – волокна склеренхимы; 2 – межклеточные контакты между смежными волокнами; 3 – длинные отростки клетки; 4 – тело клетки склеренхимы; 5 – тело клетки склеренхимы, производной лучевого камбия; 6 – короткие отростки клетки склеренхимы; 7 – межклеточные контакты клеток лучевой паренхимы; 8 – ядро; 9 – длинные отростки клетки склеренхимы, производной лучевого камбия; 10 – лучевая паренхима (увеличение × 900)

**Fig. 9.** Longitudinal section phloem of the trunk of poplar: 1 – fiber sklerenhimy; 2 – intercellular contacts between adjacent fibers; 3 – long spines cells; 4 – cell body sklerenhimy; 5 – the cell body sklerenhimy, the derivative of the radial cambium; 6 – short processes of the cell sklerenhimy; 7 – intercellular contacts of cells of radial parenchyma; 8 – nucleus; 9 – long processes of sclerenchyma cell, the derivative of the radial cambium; 10 – the radial parenchyma of the phloem (scale × 900)





**Рис. 10.** Клетка склеренхимы флоэмы тополя: 1 – тяжи протопласта; 2 – клеточная стенка; 3 – ядро; 4 – тело клетки (увеличение  $\times 1000$ )

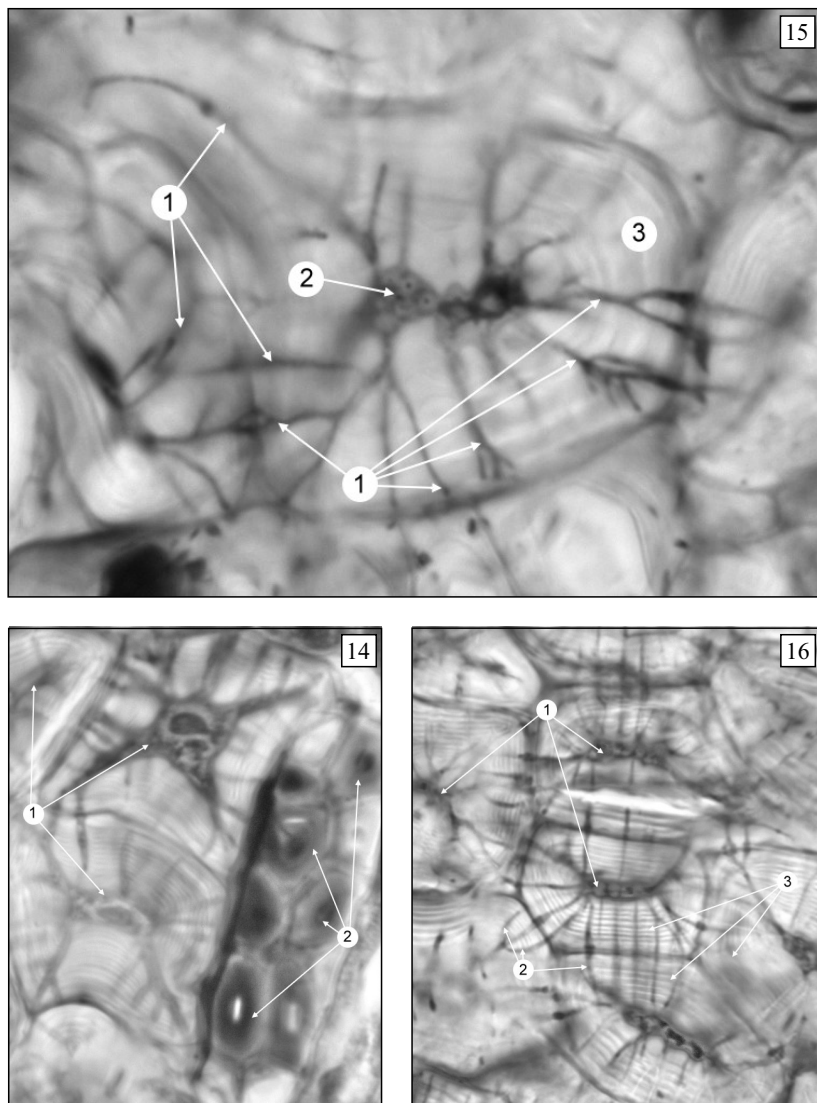
**Fig. 10.** Cell sklerenhimy phloem of poplar: 1 – strands of a protoplast; 2 – cell wall; 3 – nucleus; 4 – body cells (scale  $\times 1000$ )

**Рис. 11.** Клетка склеренхимы на продольном срезе зоны флоэмы тополя: 1 – клеточная стенка; 2 – тело клетки; 3 – длинные отростки клетки (увеличение  $\times 1000$ ).

**Fig. 11.** Cell sclerenchyma on the longitudinal section of the poplar phloem zone: 1 – cell wall; 2 – cell body; 3 – long cell processes (scale  $\times 1000$ )

**Рис. 12.** Склеренхима флоэмы тополя: 1 – тело клетки склеренхимы, производной лучевого камбия; 2 – клетка кристаллоносной паренхимы; 3 – контакт между клеткой склеренхимы и клеткой кристаллоносной паренхимы; 4 – короткие отростки клетки склеренхимы (увеличение  $\times 1000$ )





**Fig. 12.** The sclerenchyma phloem of poplar: 1 – cell body sklerenhimya, the derivative of the radial cambium; 2 – parenchyma cell-cristallerie; 3 – contact between cell and cell sklerenhimya-cristallerie parenchyma; 4 – short processes of the sclerenchyma cell (scale  $\times 1000$ )



**Рис. 13.** Зона флоэмы коровой части ствола тополя: 1 – паренхимные клетки; 2 – тело склереиды; 3 – отростки склереиды (увеличение  $\times 900$ )

**Fig. 13.** Area of phloem cortex part of the trunk of poplar: 1 – parenchyma cells; 2 – body sclereid; 3 – sprouts from the body of sclereids (scale  $\times 900$ )

**Рис.14.** Склеренхима флоэмы тополя: 1 – склереиды; 2 – волокна склеренхимы (увеличение  $\times 900$ )

**Fig. 14.** The sclerenchyma phloem of poplar: 1 – sclereids; 2 – fiber sklerenhimy (scale  $\times 900$ )

**Рис. 15.** Склереиды флоэмы тополя: 1 – отростки склереид; 2 – тело склереид; 3 – клеточная стенка (увеличение  $\times 900$ ).

**Fig. 15.** Poplar phloem sclereids: 1 – sclereid processes; 2 – sclereid body; 3 – cell wall (scale  $\times 900$ )

**Рис. 16.** Склереиды тополя: 1 – тело клеток; 2 – отростки клеток; 3 – многослойная клеточная стенка (увеличение  $\times 900$ ).

**Fig. 16.** Sclereids phloem of poplar: 1 – the body cells; 2 – processes of the cells; 3 – layered cell wall (scale  $\times 900$ )

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров В. Г.* Анатомия растений. М.: Высшая школа, 1966. 431 с.
- Бородин И. П.* Курс анатомии растений. М.; Л.: Сельхозгиз, 1938. 312 с.
- Гамалей Ю. В.* Флоэма листа: развитие структуры и функций в связи с эволюцией цветковых растений. Л.: Наука, 1990. 144 с.
- Гамалей Ю. В.* Надклеточная организация растений // Физиология растений. 1997. Т. 44, № 6. С. 819 – 846.
- Горшкова Т. А., Николовски Н., Финаев Д. Н.* Клеточная стенка – камень преткновения для молекулярных биологов // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 3. С. 443 – 462.
- Горшкова Т. А.* Растительная клеточная стенка как динамичная система. М.: Наука, 2007. 426 с.
- Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р.* Жизнь зеленого растения. М.: Мир, 1983. 549 с.
- Данилова М. Ф., Кашина Т. К., Мирославов Е. А., Козубова Г. М.* Атлас ультраструктуры растительных тканей. Петрозаводск: Карелия, 1980. 456 с.
- Де Бари А.* Сравнительная анатомия вегетативных органов явнотрачных и папоротникообразных растений. СПб.: Из-во т-ва «Общ. польза», 1877. 699 с.
- Джексон У.* Ботаническая гистохимия. М.: Мир, 1965. 377 с.
- Еремин В. М.* Анатомия коры видов рода *Larix* Mill. (Pinaceae) Советского Союза // Ботанический журнал. 1981. Т. 66, № 11. С. 1595 – 1605.
- Иванов Л. А.* Анатомия растений. Л.: Гослестехиздат, 1939. 264 с.
- Имс А. Д., Мак Даниэльс Л. Г.* Введение в анатомию растений. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 332 с.
- Косиченко Н. Е., Попов В. К., Ломовских Ю. А.* Особенности анатомической структуры коры различных форм березы повислой // Лесоведение. 1980. № 6. С. 36 – 45.



- Курсанов Л. И., Комарницкий Н. А., Раздорский В. Ф., Уранов А. А.* Ботаника. Том I: Анатомия и морфология растений. М.: Просвещение, 1966. 424 с.
- Прозина М. Н.* Ботаническая микротехника. М.: Высшая школа, 1960. 254 с.
- Прокотьев Н. Я., Прокотьева А. Н.* Выдающиеся анатомы и их вклад в мировую науку. Часть 3. Педагогика высшей школы. 2016. № 1. С. 17 – 21.
- Редько Г. И.* Биология и культура тополей. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. 175 с.
- Раздорский В. Ф.* Анатомия растений. М.: Советская наука, 1949. 524 с.
- Снегирева А. В., Агеева М. В., Аменицкий С. И., Чернова Т. Е., Эбскамп М., Горшкова Т. А.* Интрузивный рост растений // Физиология растений. 2010. Т. 57, № 3. С. 361 – 375.
- Степанов С. А.* Анатомия стебля побега *Populus nervirubens* Alb // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2016. Том 14, № 2. С. 126 – 135.
- Степанов С. А.* Нервная система растений: гипотезы и факты // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Том 15, № 4. С. 31 – 56.
- Тутаюк В. Х.* Анатомия и морфология растений. М.: Высшая школа, 1980. 317 с.
- Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Черник В. В.* Развитие и строение перикарпия у представителей рода *Tilia* // Известия АН БССР. Серия биологические науки. 1984. Депонировано в ВИНИТИ 26.01.84. № 490–84. С. 17 – 28.
- Шарова Е. И.* Клеточная стенка. СПб: Изд-во СПб-го ун-та, 2004. 156 с.
- Эверт Р. Ф.* Анатомия растений Эзау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение, функции и развитие. М: Бином, 2015. 600 с.
- Эсау К.* Анатомия растений. М.: Мир. 1969. 564 с.
- Яценко-Хмелевский А. А.* Краткий курс анатомии растений. М.: Высшая школа, 1961. 282 с.
- Bendre A. M.* Floral Sclereids in Some Loganiaceae // Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB. 1975. Vol. 81. № 4. P. 174 – 180.
- Bourely J.* Contribution a l'etude anatomique de *L'Hibiscus cannabinus* L. (Malvaceae). Origine, mise en place et Viellissement des fibres phloemiennes // Revue Générale de Botanique. 1971. Vol. 78, № 923 – 925. P. 133 – 160.
- Carlquist S.* Fibre Dimorphism: Cell Type Diversification as an Evolutionary Strategy in Angiosperm Woods // Botanical Journal of the Linnean Society. 2014. Vol. 174. P. 44 – 67.
- Chouse A. K. M., Yunus M.* Intrusive Growth in the Phloem of *Dalbergia* // Bulletin of the Torrey Botanical Club. 1975. Vol. 102, № 1. P. 14 – 17.
- Dumbroff E. B., Elmore H. W.* Living Fibres are a Principal Feature of the Xylem in Seedlings of *Acer saccharum* Marsh // Annals of Botany. 1977. Vol. 41, № 172. P. 471 – 472.
- Esau K.* The Multinucleate Condition in Fibers of Tobacco // Hilgardia. 1938. Vol. 11. P. 427 – 434.

- Esau K.* Vascular Differentiation in the Vegetative Shoot of *Linum*. III. The Origin of Bast Fibers // *American Journal of Botany*. 1943. Vol. 30. P. 579 – 586.
- Foster A. S.* Plant Idioblasts: Remarkable Examples of Cell Specialization // *Protoplasma*. 1956. Vol. 46. P. 184 – 193.
- Jurzitza G.* Sklerenchyma – nicht immer totes Gewebe // *Mikrokosmos*. 1988. Vol. 77, № 6. S. 168 – 170.
- Gibson A. G.* Vegetative Anatomy of *Pachycornus* (Anacardiaceae) // *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1981. Vol. 83, № 4. P. 273 – 284.
- Golinowski W. O.* The Anatomical of the Common Fir (*Abies alba* Mill.) Bark. 2. Quantitative Changes in Bark Tissues within the Stem // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 1971. Vol. 40, № 4. P. 569 – 598.
- Harche M.* Origine et differentiation des fibres, sousépidermiques de la feuille d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) // *Ann. Sci. Natur. Bot. Biol. Veget.* 1984. Vol. 6, № 4. P. 207 – 226.
- Hatfield R., Vermerris W.* Lignin Formation in Plants. The Dilemma of Linkage Specificity // *Plant Physiology*. 2001. Vol. 126. P. 1351 – 1357.
- Hauptli F.* Die Sklereidendifferenzierung in *Pyrus communis*: morphologische, anatomische und histochemische Untersuchungen // *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*. 1971. Bd. 81. S. 273 – 319.
- Jain D. K., Singh V.* Studies in Bignoniaceae. VII. Wood Anatomy // *Proceedings of the Indian Academy of Science (Plant Sciences)*. 1980. Vol. 89, № 6. P. 443 – 456.
- Jansson S., Douglas C. J.* Populus: A Model System for Plant Biology // *Annual Review of Plant Biology*. 2007. Vol. 58. P. 435 – 458.
- Jalan S.* A New Type of Idioblast in *Schisandra grandiflora* // *Journal of Indian Botanical Society*. 1985. Vol. 64. № 2 – 3. P. 195 – 197.
- Karabourniotis G., Papastergiou N., Kabanopoulou E., Fasseas C.* Foliar Sclereids of *Olea europaea* May Function as Optical Fibres // *Canadian Journal of Botany*. 1994. Vol. 72. P. 330 – 336.
- Mellerowicz E. J., Gorshkova T. A.* Tensional Stress Generation in Gelatinous Fibres: A Review and Possible Mechanism Based on Cell-wall Structure and Composition // *Journal of Experimental Botany*. 2012. Vol. 63. P. 551 – 565.
- Parameswaran N.* Some Remarks on the Nomenclature of Fibres, Sclereids and Fibresclereids in the Secondary Phloem of Trees // *JAWA Bulletin*. 1980. Vol. 1, № 3. P. 130 – 132.
- Parameswaran N., Conrad H.* Wood and Bark Anatomy of *Balanites aegyptiaca* in Relation to Ecology and Taxonomy // *JAWA Bulletin*. 1982. Vol. 3, № 2. P. 75 – 88.
- Parameswaran N., Liese W.* Structure of Septate Fibres in Bamboo // *Holzforsehung*. 1977. Vol. 31, № 2. P. 55 – 57.
- Peraira dos Santos A. V.* Origem e desenvolvimento de esclereideos foliares em *Erythroxylum suberosum* St. Hil. // *Ciencia e Cultura*. 1976. Vol. 28, № 10. P. 1204 – 1208.
- Pizzolato T. D., Heimsch C.* Ontogeny of the Protophloem Fibers and Secondary Xylem Fibers within Stem of *Coleus*. 1. A Light Microscope Study // *Canadian Journal of Botany*. 1975. Vol. 53. P. 1658 – 1671.

*Pizzolato T. D., Heimsch C.* Ontogeny of the Protophloem Fibers and Secondary Xylem Fibers within Stem of Coleus. 2. An Electronmicroscope Study // Canadian Journal of Botany. 1975. Vol. 53. P. 1672 – 1697.

*Rao A. N.* Foliar Sclereids in *Scorodocarpus borueensis* (Kulim) // Malaysia Forest. 1975. Vol. 38, № 3. P. 184 – 186.

*Rao A. N.* Further Observations on Leaf and Sclereid Anatomy in *Welwitschia mirabilis* Hook // Journal of Indian Botanical Society. 1985. Vol. 64, № 2. P. 129 – 134.

*Rao A. N.* Heteroblastic Condition and Two Types of Sclereids in *Adinandra dumosa* Jack. // Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB. 1974. Vol. 40, № 1. P. 30–37.

*Rao A. N.* Morphology and Morphogenesis of Foliar Sclereids in *Aeqiceras corniculatum* // Israel Journal of Botany. 1971. Vol. 20, № 2. P. 124–132.

*Rao A. R., Rao C. K.* Root sclereids of *Gnetum ula* Brongn // Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB. 1971. Vol. 37, № 4. P. 150 – 162.

*Rao A. R., Rao C. R.* Root Sclereids of *Syzygium cumini* L. Skeeds // Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB. 1972. Vol. 75, № 4. P. 177 – 190.

*Rao A. R., Mauya S.* The Polymorphic Sclereids in the Fertile Parts of Two Species of *Thuja* // Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB. 1970. Vol. 36, № 6. P. 374 – 383.

*Rao T. A., Das S.* On Terminal Sclereids in *Bellendena montana* R. Br. (Proteaceae) // Current Science (India). 1976. Vol. 45, № 24. P. 870 – 871.

*Rao T. A., Bremer K., Naidu T. R. B.* Foliar sclereids in *Memecylon* and *Lijndenia* (Melastomataceae) from Borneo, Jeva, Malaya and Sumatra // Nordic Journal of Botany. 1983. Vol. 3, № 3. P. 343 – 345.

*Rao T. A., Poornima N., Swapna C.* Foliar Sclereids in *Persoonia* R. Br. ex Knight (Proteaceae) // Current Science (India). 1985. Vol. 54, № 7. P. 350–353.

*Roland J. C., Reis D., Vian B., Roy S.* The Helicoidal Plant Cell Wall as a Performing Cellulose-based Composite // Biology of the Cell. 1989. Vol. 67. P. 209 – 220.

*Roland J. C., Reis D., Vian B., Satiatjeunemaitre B., Mosiniak M.* Morphogenesis of Plant Cell Walls at the Supramolecular Level: Internal Geometry and Versatility of Helicoidal Expression // Protoplasma. 1987. Vol. 140. P. 75 – 91.

*Schanderl H.* Die physiologische Bedeutung der sog. «Sternhaare» in den blatt- und blattstielgeweben von Vertretern der Gattung *Nymphaea* und *Nuphar* // Zeitschrift für Pflanzenphysiologie. 1973. Bd. 70, № 2. S. 166 – 172.

*Schooch-Bodmer H., Huber P.* Das Spitzenwachstum der Bastfasern bei *Linum usitatissimum* und *Linum herenne* // Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft. 1951. Bd. 61. S. 377 – 404.

*Steiner G.* Lebende Holzfasern in den Gelenken von *Mimosa pudica* and *Neptunia plena* // Phyton. 1980. Vol. 20, № 3 – 4. S. 325 – 331.

*Tomlinson P. B., Magellan T. M., Griffith M. P.* Root Contraction in *Cycas* and *Zamia* Determined by Gelatinous Fibers // American Journal of Botany. 2014. Vol. 101. P. 1275 – 1285.

*Vietez A. M.* Ultraestructura de las fibras y esclereidas del anillo esclerenquimatico del floema en *Castanea sativa* Mill. // Ann. Edafol. Agribiol. 1975. Vol. 34, № 1 – 2. P. 1 – 10.

*Warren Wilson J.* The Position of Regenerating Cambia: Auxin/Sucrose Ratio and the Gradient Induction Hypothesis // Proceedings of the Royal Society of London. Ser. B. 1978. Vol. 203. P. 153 – 176.

*Warren Wilson J., Warren Wilson P. M.* Control of Tissue Patterns in Normal Development and in Regeneration // Positional controls in plant development. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1984. P. 225 – 280.

*Wyatt S. E., Sederoff R., Flaishman M. A., Lev-Yadun S.* *Arabidopsis thaliana* as Model for Gelations Fiber Formation // Физиология растений. 2010. Т. 57, № 3. С. 384 – 388.

---

**Образец для цитирования:**

Степанов С. А. Склеренхима *Populus nerrubens* Alb.: полиморфизм клеток // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2018. Т. 16, вып. 2. С. 39 – 65.  
DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-39-65.

---

**THE SCLERENCHYMA *NERVIRUBENS POPULUS* ALB.:  
POLYMORPHISM OF CELLS****S. A. Stepanov**

*N. G. Chernyshevsky Saratov State University  
83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia  
E-mail: hanin-hariton@yandex.ru*

Received 01 April 2018, Accepted 23 April 2018

The paper presents a brief overview of information on the polymorphism of cells sklerenhimy plants, indicating inconsistency of the existing views. The accepted judgment that the cells of the sclerenchyma in most cases deprived of living protoplasts, is now refuted. In some of them revealed from one to 175 nuclei, numerous mitochondria, vacuoles and other organelles. On cross-section area of phloem of the trunk of a poplar in addition to fibers oriented along the longitudinal axis, are installed other types of cells sklerenhimy: transverse fibers derived cells ray model of cambium, fiber sclereids. In the result of longitudinal and transverse fibers in loknyste of sclereids form a common network of cells connected with each other numerous-governmental contacts. In some transverse fibers of the sclerenchyma one can observe the body of the cell with a well-defined nucleus, long and short processes. Revealed also other types of cells sklerenhimy phloem, significantly different in form. Sclereids in poplar phloem occur in the form of separate cells located among parenchymal cells or next to the sclerenchyma fibers. This type of sclereids is characterized by a massive body and thick processes with short sprouts departing from them. Another type of sclereids had thinner, often long and branching processes, but also with a well-defined cell body. The number of sclereids increases sequentially from the cambium towards the periphery of the trunk of a poplar, where they form a large group of cells, as observed on transverse and longitudinal sections. Expected information value of a network of cells sklerenhimy poplar.

**Key words:** sclerenchyma, phloem fibers, sclereids.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-39-65

**REFERENCE**

- Aleksandrov V. G. *Plant Anatomy*. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1966. 431 p. (in Russian)
- Bendre A. M. Floral Sclereids in Some Loganiaceae. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB.*, 1975, vol. 81, iss. 4, pp. 174 – 180.
- Borodin I. P. *Course of Plant Anatomy*. Moscow – Leningrad: Sel'khozgiz, 1938. 312 p. (in Russian)
- Bourelly J. Contribution a letude anatomique de *L'Hibiscus cannabinus* L. (Malvaceae). Origine, mise en place et Viellissement des fibres phloemiennes. *Revue*

*Générale de Botanique*, 1971, vol. 78, iss. 923 – 925, pp. 133 – 160.

Carlquist S. Fibre Dimorphism: Cell Type Diversification as an Evolutionary Strategy in Angiosperm Woods. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2014, Vol. 174, pp. 44 – 67.

Cherepanov S. K. *Vascular Plants of Russia and Neighboring Countries (within the Former USSR)*. St. Petersburg: Mir i Sem'ya Publ., 1995. 992 p. (in Russian)

Chernik V. V. Development and Structure of Pericarp in the *Tilia* Genus. *Proceedings of the Academy of Sciences of the BSSR. Series of Biological Sciences*, 1984, Deposited in VINITI 26.01.84. № 490–84. pp. 17 – 28. (in Russian)

Chouse A. K. M., Yunus M. Intrusive Growth in the Phloem of Dalbergia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1975, vol. 102, iss. 1, pp. 14 – 17.

Danilova M. F., Kashina T. K., Miroslavov E. A., Kozubova G. M. *Atlas of Ultrastructure of Plant Tissues*. Petrozavodsk: Karelia, 1980. 456 p. (in Russian)

De Bari A. *Comparative Anatomy of Vegetative Organs of Phanerogams and Fern-like Plants*. St. Petersburg: Izdatel'stvo "Obshchaya Pol'za", 1877. 699 p. (in Russian)

Dumbroff E. B., Elmore H. W. Living Fibres are a Principal Feature of the Xylem in Seedlings of *Acer saccharum* Marsh. *Annals of Botany*, 1977, vol. 41, iss. 172, pp. 471 – 472.

Eames A. J., MacDaniels L. H. *An Introduction to Plant Anatomy*. Moscow – Leningrad: Sel'khozgiz, 1935. 332 p. (in Russian)

Eremin V. M. Anatomy of the Bark of the Species of the Genus *Larix* Mill. (Pinaceae) in Soviet Union. *Botanicheskii Zhurnal*, 1981, vol. 66, iss. 11, pp. 1595 – 1605. (in Russian)

Esau K. *Plant Anatomy*. Moscow: Mir Publ., 1969. 564 p. (in Russian)

Esau K. The Multinucleate Condition in Fibers of Tobacco. *Hilgardia*, 1938, vol. 11, pp. 427 – 434.

Esau K. Vascular Differentiation in the Vegetative Shoot of *Linum*. III. The Origin of Bast Fibers. *American Journal of Botany*, 1943, vol. 30, pp. 579 – 586.

Evert R. F. *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development*. Moscow: Binom Publ., 2015. 600 p. (in Russian)

Foster A. S. Plant Idioblasts: Remarkable Examples of Cell Specialization. *Protoplasma*, 1956, vol. 46, pp. 184 – 193.

Galston A., Davis P., Setter R. *The Life of the Green Plant*. Moscow: Mir Publ., 1983. 549 p. (in Russian)

Gamaley Yu. V. *Floema of Leaf: Development of Structure and Functions in Connection with the Evolution of Flowering Plants*. Leningrad: Nauka Publ., 1990. 144 p. (in Russian)

Gamaley Yu. V. Supercellular Organization of Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 1997, vol. 44, iss. 6, pp. 819 – 846. (in Russian)

Gibson A. G. Vegetative Anatomy of *Pachycornus* (Anacardiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1981, vol. 83, iss. 4, pp. 273 – 284.

Golinowski W. O. The Anatomical of the Common Fir (*Abies alba* Mill.) bark. 2. Quantitative Changes in Bark Tissues within the Stem. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 1971, vol. 40, iss. 4, pp. 569 – 598.

Gorshkova T. A. *Plant Cell Wall as a Dynamic System*. Moscow: Nauka Publ., 2007. 426 p. (in Russian)

Gorshkova T. A., Nikolovski N., Finaev D. N. Plant Cell Wall is a Stumbling Stone for Molecular Biologists. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2005, vol. 52, iss. 3, pp. 392 – 409.

Harche M. Origine et differentiation des fibres, sousépidermiques de la feuille d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Ann. Sci. Natur. Bot. Biol. Veget.*, 1984, vol. 6, iss. 4, pp. 207 – 226.

Hatfield R., Vermerris W. Lignin Formation in Plants. The Dilemma of Linkage Specificity. *Plant Physiology*, 2001, vol. 126, pp. 1351 – 1357.

Hauptli F. Die Sklerendindifferenzierung in *Pyrus communis*: morphologische, anatomische und histochemische Untersuchungen. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, 1971, Bd. 81, S. 273 – 319.

Ivanov L. A. *Plant Anatomy*. Leningrad.: Goslestekhiadat, 1939. 264 p. (In Russian)

Jain D. K., Singh V. Studies in Bignoniaceae. VII. Wood Anatomy. *Proceedings of the Indian Academy of Science (Plant Sciences)*, 1980, vol. 89, iss. 6, pp. 443 – 456.

Jalan S. A New Type of Idioblast in *Schisandra grandiflora*. *Journal of Indian Botanical Society*, 1985, vol. 64, № 2 – 3, pp. 195 – 197.

Jansson S., Douglas C. J. Populus: A Model System for Plant Biology. *Annual Review of Plant Biology*, 2007, vol. 58, pp. 435 – 458.

Jensen W. *Botanical Histochemistry*. Moscow: Mir Publ., 1965. 377 p. (in Russian)

Jurzitza G. Sklerenchyma – nicht immer totes Gewebe. *Mikrokosmos*, 1988, vol. 77, iss. 6, ss. 168 – 170.

Karabourniotis G., Papastergiou N., Kabanopoulou E., Fasseas C. Foliar Sclereids of *Olea europaea* May Function as Optical Fibres. *Canadian Journal of Botany*, 1994, vol. 72, pp. 330 – 336.

Kosichenko N. E., Popov V. K., Lomovskikh Yu. A. Features of the Anatomical Structure of the Cortex of Various Birch Forms. *Lesovedenie*, 1980, vol. 6, pp. 36 – 45. (in Russian)

Kursanov L. I., Komarnitsky N. A., Razdorsky V. F., Uranov A. A. *The Botany. Volume I: Anatomy and Morphology of Plants*. Moscow: Prosveshchenie Publ., 1966. 424 p. (in Russian)

Mellerowicz E. J., Gorshkova T. A. Tensional Stress Generation in Gelatinous Fibres: A Review and Possible Mechanism Based on Cell-wall Structure and Composition. *Journal of Experimental Botany*, 2012, vol. 63, pp. 551 – 565.

Parameswaran N. Some Remarks on the Nomenclature of Fibres, Sclereids and Fibresclereids in the Secondary Phloem of Trees. *JAWA Bulletin*, 1980, vol. 1, iss. 3, pp. 130 – 132.

Parameswaran N., Conrad H. Wood and Bark Anatomy of *Balanites aegyptiaca* in Relation to Ecology and Taxonomy. *JAWA Bulletin*, 1982, vol. 3, iss. 2, pp. 75 – 88.

Parameswaran N., Liese W. Structure of Septate Fibres in Bamboo. *Holzforsehung*, 1977, vol. 31, iss. 2, pp. 55 – 57.

Peraira dos Santos A. V. Origem e desenvolvimento de escleréides foli-

ares em *Erythroxylum suberosum* St. Hil. *Ciencia e Cultura*, 1976, vol. 28, iss. 10, pp. 1204 – 1208.

Pizzolato T. D., Heimsch C. Ontogeny of the Protophloem Fibers and Secondary Xylem Fibers within Stem of Coleus. 1. A Light Microscope Study. *Canadian Journal of Botany*, 1975, vol. 53, pp. 1658 – 1671.

Pizzolato T. D., Heimsch C. Ontogeny of the Protophloem Fibers and Secondary Xylem Fibers within Stem of Coleus. 2. An Electronmicroscope Study. *Canadian Journal of Botany*, 1975, vol. 53, pp. 1672 – 1697.

Prokop'ev N. Ya., Prokop'eva A. N. Outstanding Anatomists and their Contribution to World Science. Part 3. *Pedagogy of the Higher School*, 2016, vol. 1, pp. 17 – 21. (in Russian)

Prozina M. N. *Botanical Microelectronics*. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1960. 254 p. (in Russian)

Rao A. N. Foliar Sclereids in *Scorodocarpus borueensis* (Kulim). *Malaysia Forest*, 1975, vol. 38, iss. 3, pp. 184 – 186.

Rao A. N. Further Observations on Leaf and Sclereid Anatomy in *Welwitschia mirabilis* Hook. *Journal of Indian Botanical Society*, 1985, vol. 64, iss. 2, pp. 129 – 134.

Rao A. N. Heteroblastic Condition and Two Types of Sclereids in *Adinandra dumosa* Jack. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB*, 1974, vol. 40, iss. 1, pp. 30–37.

Rao A. N. Morphology and Morphogenesis of Foliar Sclereids in *Aeqiceras corniculatum*. *Israel Journal of Botany*, 1971, vol. 20, iss. 2, pp. 124 – 132.

Rao A. R., Mauya S. The Polymorphic Sclereids in the Fertile Parts of Two Species of *Thuja*. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB*, 1970, vol. 36, iss. 6, pp. 374 – 383.

Rao A. R., Rao C. K. Root Sclereids of *Gnetum ula* Brongn. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB*, 1971, vol. 37, iss. 4, pp. 150 – 162.

Rao A. R., Rao C. R. Root Sclereids of *Syzygium cumini* L. Skeeds. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part BB*, 1972, vol. 75, iss. 4, pp. 177 – 190.

Rao T. A., Bremer K., Naidu T. R. B. Foliar Sclereids in *Memecylon* and *Lijn-denia* (Melastomataceae) from Borneo, Jeva, Malaya and Sumatra. *Nordic Journal of Botany*, 1983, vol. 3, iss. 3, pp. 343 – 345.

Rao T. A., Das S. On Terminal Sclereids in *Bellendena montana* R. Br. (Proteaceae). *Current Science (India)*, 1976, Vol. 45, iss. 24, pp. 870 – 871.

Rao T. A., Poornima N., Swapna C. Foliar Sclereids in *Persoonia* R. Br. ex Knight (Proteaceae). *Current Science (India)*, 1985, vol. 54, iss. 7, pp. 350 – 353.

Razdorsky V. F. *Plant Anatomy*. Moscow: Soviet Science Publ., 1949. 524 p. (in Russian)

Redko G. I. *Biology and Culture of Poplars*. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo Universiteta, 1975. 175 p. (in Russian)

Roland J. C., Reis D., Vian B., Roy S. The Helicoidal Plant Cell Wall as a Performing Cellulose-based Composite. *Biology of the Cell*, 1989, vol. 67, pp. 209 – 220.

Roland J. C., Reis D., Vian B., Satiatjeunemaitre B., Mosiniak M. Morphogenesis of Plant Cell Walls at the Supramolecular Level: Internal Geometry and Versatility of Helicoidal Expression. *Protoplasma*, 1987, vol. 140, pp. 75 – 91.



Schanderl H. Die physiologische Bedeutung der sog. «Sternhaare» in den blatt- und blattstielgeweben von Vertretern der Gattung *Nymphaea* und *Nuphar*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 1973, bd. 70, № 2, S. 166 – 172.

Schooch-Bodmer H., Huber P. Das Spitzenwachstum der Bastfasern bei *Linum usitatissimum* und *Linum herenne*. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, 1951, bd. 61, S. 377 – 404.

Sharova E. I. *The Cell Wall*. St. Petersburg: Izdatel'stvo St. Petersburgskogo Universiteta, 2004. 156 p. (in Russian)

Snegireva A. V., Ageeva M. V., Amenitskii S. I., Chernova T. E., Gorshkova T. A., Ebskamp M. Intrusive Growth of Sclerenchyma Fibers. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2010, vol. 57, iss. 3, pp. 342 – 355. (in Russian)

Steiner G. Lebende Holzfasern in den Gelenken von *Mimosa pudica* and *Neptunia plena*. *Phyton*, 1980, vol. 20, iss. 3 – 4, ss. 325 – 331.

Stepanov S. A. Anatomy of the Stalk of Shoot *Populus nervirubens* Alb. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2016, vol. 14, iss. 2, pp. 126 – 135. (in Russian)

Stepanov S. A. Nervous System of Plants: the Hypotheses and Facts. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2017, vol. 15, iss. 4, pp. 31 – 56. (in Russian)

Tomlinson P. B., Magellan T. M., Griffith M. P. Root Contraction in *Cycas* and *Zamia* Determined by Gelatinous Fibers. *American Journal of Botany*, 2014, vol. 101, pp. 1275 – 1285.

Tutayuk V. Kh. *Plant Anatomy and Morphology*. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1980. 317 p. (in Russian)

Vietez A. M. Ultraestructura de las fibras y esclereidas del anillo esclerenquimático del floema en *Castanea sativa* Mill. *Ann. Edafol. Agribiol.*, 1975, vol. 34, iss. 1 – 2, pp. 1 – 10.

Warren Wilson J. The Position of Regenerating Cambia: Auxin/Sucrose Ratio and the Gradient Induction Hypothesis. *Proceedings of the Royal Society of London. Ser. B*, 1978, vol. 203, pp. 153 – 176.

Warren Wilson J., Warren Wilson P. M. Control of Tissue Patterns in Normal Development and in Regeneration. In: *Positional controls in plant development*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1984. pp. 225 – 280.

Wyatt S. E., Sederoff R., Flaishman M. A., Lev-Yadun S. *Arabidopsis thaliana* as Model for Gelations Fiber Formation. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2010, vol. 57, iss. 3, pp. 384 – 388.

Yatsenko-Khmelevsky A. A. *Short Course of Plant Anatomy*. Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1961. 282 p. (in Russian)

#### Cite this article as:

Stepanov S. A. The sclerenchyma *Nervirubens populus* Alb.: polymorphism of cells. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2018, vol. 16, iss. 2, pp. 39 – 65 (in Russian). DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-39-65.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 581.9

### РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОДНИКОВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Г. З. Идрисова, И. В. Сергеева, Е. Н. Шевченко, А. Л. Пономарева

*Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова  
Россия, 410012 Саратов, Театральная пл., 1  
E-mail: kairgalieva\_guldana@mail.ru*

Поступила в редакцию 08.04.2018 г., принята 23.04.2018 г.

Представлены результаты флористических исследований родников, расположенных на территории Западного Казахстана. Приведен перечень редких и охраняемых видов флоры родниковых комплексов, занесенных в Красную Книгу России и Казахстана. Указаны географические координаты местонахождения обнаруженных видов растений.

**Ключевые слова:** редкие и охраняемые виды растений, родники, флора, географические координаты, Красная книга Казахстана, Красная книга России, Западный Казахстан.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-66-71

На территории Западного Казахстана расположены разнообразные родниковые объекты. В условиях степной зоны роль гидроморфных комплексов особенно велика, поскольку они определяют развитие специфических свойств природных комплексов и обуславливают биоразнообразие территории (Сивохип, Калмыкова, 2007). Несмотря на распространенность родников, их флористический состав совершенно не изучен (Мирин, 2002). Кроме этого, территории родников пользуются популярностью среди местного населения, поэтому подвержены значительному антропогенному прессингу, в результате которого возникает проблема сокращения видового фитообразия (Мамышева, Дарбаева, 2012; Мырзагалиева, Станис, 2016).

Учитывая значимость и актуальность проблемы, целью работы было выявление редких и охраняемых видов растений на территории родников Западного Казахстана.

Материал был собран в ходе полевого сезона 2017 года, была изучена флора 40 родников Западного Казахстана, на территории четырех областей (Мангистауской, Актюбинской, Атырауской и Западно-Казахстанской области). В работе использовался определитель (Каталог..., 2011). Охраняемые растения определялись по Красной книге Казахстана (1981) и Красной книге Российской Федерации (2008). Номенклатура видов представлена по сводке С. К. Черепанова (1995).

В ходе изучения флоры 40 родников Западного Казахстана было установлено, что на территории 12 из них встречались 20 редких видов растений, занесенных в Красную Книгу Российской Федерации (ККРФ) и Республики Казахстан (ККК).

*Stipa pennata* L. s. str. (ККРФ, ККК), *Alnus glutinosa* L. Gaertn. (ККК): родник Жоса (50°49'06.4" с.ш., 56°57'51.2" в.д.), Актюбинская область, Мартоковский район, расположен в 1 км от одноименного п. Жоса на территории фермерского хозяйства, на днище оврага.

*Quercus robur* L. (ККК): родник Самал (44°12'48.8" с.ш., 51°59'30.2" в.д.) находится на территории туристического объекта Самал сайы, в ущелье Мангышлакского нагорья (Хребет Западный Каратау, ущелье Самал), Мангистауская область, Мангистауский район, расположен в 19 км от п. Шетпе, также обнаружен у родника Жоса.

*Salsola euryphylla* Botsch. (ККК): родник Карабулак (45°27'32.6" с.ш., 55°12'57.4" в.д.), Мангистауская область, Бейнеуский район, расположен в 20 км от п. Сарга.

*Silene cretacea* Fisch. ex Spreng. (ККРФ, ККК) *Dianthus andrzejewskianus* (Zapal.) Kulcz. (ККК), *Crambe tataria* Sebeòk (ККК), *Hedysarum grandiflorum* Pall. (ККРФ), *Linaria cretacea* Fisch. ex Spreng. (ККК), *Anthemis trotziana* Claus (ККРФ, ККК), *Centaurea talievii* Kleop. (ККК), *Gladiolus imbricatus* L. (ККК): родник Большая Ичка (51°19'80.53" с.ш., 50°32'20.01" в.д.), Западно-Казахстанская область, Таскалинский район, в 3.9 км ЗЮЗ с. Красенькое, в 10 км от с. Таскала, у юго-восточного подножья г. Большая Ичка (имеет статус особо охраняемой территории).

*Lepidium meyeri* Claus (ККРФ, ККК) родник Январцево (51°44'66.11" с.ш., 52°26'66.60" в.д.) Западно-Казахстанская область, Зеленовский район, в 1 км СВ села Январцево, также обнаружен у родника Большая Ичка.

*Crataegus ambigua* С. А. Mey. ex А. Beck. (ККК): родник Саржансай

(50°36'52.0" с.ш., 056°44'44.0" в.д.), Актюбинская область, Мартоковский район, расположен между поселками Каратагай и Саржансай, также обнаружен у родников Самал, Жоса 2, Большая Ичка, Хамза баба.

*Sanguisorba officinalis* L. (ККК), родник Ислам булак (50°24'00.4" с.ш., 57°18'43.4" в.д.), Актюбинская область, п. Акшат (Благодатный сельский округ) 30 км от г. Актюбинска. Также обнаружен у родников Жоса и Жоса 2.

*Artemisia salsoloides* Willd. (ККРФ): родники Ащыгуздыбулак (48°30'50.26" с.ш., 51°56'35.64" в.д.) и Туздыбулак (48°051'33.24" с.ш., 51°95'35.59" в.д.) расположены в Индерборском районе Атырауской области, 17 км ЮЮВ п. Инберборский на берегу озера Индер.

*Rhinopetalum Karelinii* Fisch. ex D. Don (ККК), *Tulipa greigii* Regel (ККК): родник Туздыбулак (48°051'33.24" с.ш., 51°95'35.59" в.д.) расположен в Индерборском районе Атырауской области, 17 км ЮЮВ п. Инберборский на берегу озера Индер.

*Tulipa gesneriana* L. (*T. suaveolens* Roth. = *T. schrenkii* Regel) (ККРФ, ККК): родник Туздыбулак (48°051'33.24" с.ш., 51°95'35.59" в.д.) расположен в Индерборском районе Атырауской области, 17 км ЮЮВ п. Инберборский на берегу озера Индер, также обнаружен у родника Большая Ичка.

*Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. fil. (ККК): родник Тилепбулак (48°30'50.26" с.ш., 51°56'35.64" в.д.) расположен в Индерборском районе Атырауской области, 19 км ЮЮВ п. Инберборский на берегу озера Индер, также обнаружен у родника Жоса.

Таким образом, в результате исследования 40 родников Западно-Казахстана было выявлено, что на территории 12 из них произрастают 20 охраняемых видов растений. В Красную книгу Казахстана занесено 18 видов, а 7 – в Красную Книгу России. Два вида *Artemisia salsoloides* Willd. и *Hedysarum grandiflorum* Pall. являются охраняемыми только для России.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Каталог растений Западно-Казахстанской области. Уральск: Изд. центр ЗКГУ, 2011. 288 с.

Красная книга Казахской ССР. Ч. 2. Растения. Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1981. 260 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

Мамышева М. В., Дарбаева Т. Е. Редкие растения растительных сообществ горы Большая Ичка в пределах Западно-Казахстанской области // Известия Самарского Научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1(7).

С. 1776 – 1779.

*Мирин Д. М.* Комплексы фитоценозов в долинах ручьев // Ботанический журнал. 2003. Т. 88, № 5. С. 93 – 111.

*Мырзагалиева Ж. Ж., Станис Е. В.* Редкие виды растений в пределах особо охраняемых природных территорий степной экосистемы Западно-Казахстанской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5 – 5 (47). С. 85 – 87.

*Сивохин Ж. Т., Калмыкова О. Г.* Ландшафтно-экологические особенности гидроморфных комплексов ГПЗ «Оренбургский» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № S 67. С. 55 – 60.

*Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и Семья, 1995. 992 с.

---

**Образец для цитирования:**

*Идрисова Г. З., Сергеева И. В., Шевченко Е. Н., Пономарева А. Л.* Редкие и охраняемые виды растений родников западного Казахстана // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2018. Т. 16, вып. 2. С. 66–71.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-66-71.

---

## RARE AND PROTECTED PLANT SPECIES OF SPRINGS IN WESTERN KAZAKHSTAN

**Idrisova G. Z., Sergeeva I. V., Shevchenko E. N., Ponomareva A. L.**

*Saratov State Vavilov Agrarian University  
1 Teatralnaya Area, Saratov 410012, Russia  
E-mail: kairgalieva\_guldana@mail.ru*

Received 8 April 2018, Accepted 23 April 2018

The results of floristic studies of springs located on the territory of Western Kazakhstan are presented. The list of rare and protected species of flora of spring complexes listed in the Red Book of Russia and Kazakhstan is given. The geographical coordinates of the location of the detected plant species are indicated.

**Key words:** rare and protected plant species, springs, flora, geographical coordinates, the Red book of Kazakhstan, the Red book of Russia, Western Kazakhstan.

DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-66-71

### REFERENCES

- Catalog of plants in the West Kazakhstan region.* Uralsk: WKSU Publ. Center, 2011. 288 p. (in Russian)
- Red Data Book of Kazakh SSR. Part 2: Plants.* Alma-Ata: Publ. House "Nauka" of Kazakh SSR, 1981. 260 p. (in Russian)
- Red Data Book of Russian Federation (Plants and Mushrooms).* Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2008. 855 p. (in Russian)
- Mamysheva M. V., Darbaeva T. E. The Rare Plants of Vegetative Association of the Mountain Bolshaya Ichka within West Kazakhstan Region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2012, vol. 14, iss. 1(7), pp. 1776 – 1779. (in Russian)
- Mirin D. M. Complexes of phytocenoses in stream valleys. *Botanicheskii Zhurnal*, 2003, vol. 88, iss. 5. pp. 93 – 111. (in Russian)
- Myrzagalieva Zh. Zh., Stanis E. V. Rare Species of Plants within Specially Protected Natural Areas of the Steppe Ecosystem of West Kazakhstan Region. *International Research Journal*, 2016, iss. 5 – 5 (47), pp. 85 – 87. (in Russian)
- Sivohip Zh. T., Kalmykova O. G. Landscape-ecological features of hydromorphic complexes of the State natural reserve "Orenburgsky". *Vestnik Orenburg State University*, 2007, iss. S 67, pp. 55 – 60. (in Russian)
- Cherepanov S. K. *Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)*. St. Petersburg: Mir i Sem'ya Publ., 1995. 992 p. (in Russian)

**Cite this article as:**

Idrisova G. Z., Sergeeva I. V., Shevchenko E. N., Ponomareva A. L. Rare and Protected Plant Species of Springs in Western Kazakhstan. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2018, vol. 16, iss. 2, pp. 66–71 (in Russian). DOI: 10.18500/1682-1637-2018-2-66-71.

---