

**Применение эффективных инновационных технологий при
выращивании декоративного посадочного материала для озеленения
городов**

Авдеев Юрий Михайлович

Вологодский государственный университет

Доцент

Аннотация

В статье рассматриваются оценка развития биотехнологий в лесном хозяйстве как стратегического направления развития экономики. Исследования затрагивают вопросы выращивания посадочного материала, производства биологических средств защиты лесов, создания новых форм древесных растений с заданными признаками, в том числе с применением методов геной инженерии, для повышения эффективности селекционной работы с помощью методов молекулярного маркирования, сохранения генетических ресурсов с использованием криобанков и банков депонирования растительного материала *in vitro*, генетической паспортизации и сертификации семян, оценки законности происхождения срубленной древесины.

Ключевые слова: биотехнология, лесное хозяйство, экономика, древесина.

**Application of effective innovative technologies in the cultivation of decorative
planting material**

Avdeev Yury Mikhailovich

Vologda State University

Associate Professor

Abstract

The article discusses the assessment of the development of biotechnology in the forestry sector as a strategic sector of the economy. The research concerns the cultivation of planting material, the production of biological forest protection products, the creation of new forms of woody plants with the desired characteristics, including the use of genetic engineering methods, to improve the efficiency of breeding using molecular marking methods, the conservation of genetic resources using cryobanks and plant material Deposit banks *in vitro*, genetic certification and seed certification, assessment of the legality of the origin of cut timber.

Keywords: biotechnology, forestry, economy, wood.

Биотехнологии наряду с информационными технологиями стали одним из главных научных и практических направлений 21-го века, определив

уровень мировой цивилизации. В этом отношении развитие биотехнологии - стратегическая цель России, необходимой для обеспечения ее статуса великой державы. [1]

У производства, полученного посредством промышленных биотехнологических методов, есть практически все отрасли народного хозяйства: медицина (антибиотики, гормоны, вакцины, ферменты, диагностические системы), сельское хозяйство (белок фуража, аминокислоты, продукты для защиты растений и животных) дрожжи пищевой промышленности, алкоголь, сиропы глюкозы), химическое производство (полисахариды, биоразлагаемые полимеры, биокатализ), энергия (биоэтанол, биогаз, биодизель), экология (биоисправление, сохранение биоразнообразия). [1-5]

Помимо решения существующих и краткосрочных проблем биотехнология имеет важное значение в качестве средства решения долгосрочных проблем, а именно перехода от невозобновляемых ресурсов к возобновляемому сырью. Это само по себе является глобальной геополитической задачей в связи с истощением минеральных ресурсов, изменением климата и ростом населения, которую должно решать человечество в целом и отдельные государства в частности. [5-10]

В настоящее время в России существует множество научных информационных докладов, в которых изложены основные понятия, принципы и методы биотехнологических исследований в области лесного хозяйства. [11-20]

Исследование посвящено выращиванию посадочного материала, производству биологических средств защиты лесов, созданию новых форм древесных растений с заданными характеристиками, в том числе использованию методов генной инженерии для повышения эффективности селекции методами молекулярной маркировки, сохранению генетических ресурсов с использованием криобанков и банков депонирования растительного материала *in vitro*, генетической сертификации и сертификации семян [11-30]

Наиболее широко используются методы клонального микроразмножения растений (в том числе соматического эмбриогенеза) для ускоренного использования селекционных достижений на основе получения высококачественного посадочного материала для создания лесных насаждений. [31-40]

Актуальной проблемой является разработка эффективной системы микроклонального размножения декоративных хвойных пород (в том числе *Pinus sibirica* – кедр). [35-39]

Хвойные породы обладают рядом свойств, определяющих их значимость в лесном хозяйстве (качественная древесина) и декоративность (декоративные формы кроны). Хвойные деревья выполняют фитосанитарную функцию, очищают воздух от загрязнений и пыли [40-45].

Микроклональное умножение выделенной работы нескольких авторов. [45-59]

В.Г.Лебедев и К.А.Шестопалов [60] разработали методику клонального размножения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) двухнедельных сеянцев.

Е.В.Юшкова с группой авторов [61] изучала закономерности роста и развития каллусных тканей кедра (*Pinus sibirica* Rupr.), Сибирской лиственницы (лиственница Ledeb), обыкновенная сосна (*Pinus* обыкновенная л.), ель Европейская (обыкновенная абиес л. Карст.), полученный от ювенильных заводов, и введенный в культуру *in vitro* на средствах массовой информации с различными уровнями инкрети.

В лесном Институте. В.Н.Сукачева провела большую часть исследований по микроразмножению хвойных древесных растений *in vitro* методом соматического эмбриогенеза. Использование в качестве эксплантов megagametophytes, незрелых зиготических зародышей, семяздоли, microsporocytes, микроспор и пыльцы в Сибирской Лиственницы (лиственница Ledeb), сосны Сибирской (кедра Сибирского Rupr.), сосна (*Pinus* л. *sylvestris*) и сосна (*Pinus* стланика Регель.) соматические зародыши и зародыши-подобные структуры были получены из этих видов растений [62-65].

Исследования соматического эмбриогенеза у хвойных в России начались в начале XXI века в Институте леса СО РАН. Индуцирован из соматических эмбрионов сибирской лиственницы [67], *Larix gmelinii* и *Larix sukaczewii*, сибирской каменной сосны [68]. Выявлено, что первым цитологическим маркером соматического эмбриогенеза у Сибирской Лиственницы является растяжение соматических клеток зародыша зиготы, их неравномерное деление и образование исходных клеток и трубчатых клеток. В дальнейшем исходные клетки делились и формировали глобулы соматических эмбрионов [67].

Соматический эмбриогенез проходил под строгим генетическим контролем. Только семенные эмбрионы-экспланты, полученные из донорских материнских деревьев с высоким эмбриогенным потенциалом, образуют эмбриогенный каллус, соматические эмбрионы и растения. [67 – 78]

В условиях культуры *in vitro* [63] через 3-4 дня. завесу микростробилы были порваны и пыльца упала на поверхность среды. В течение 2-3 недель пыльцевые зерна прорастали и образовывали пробки значительно расширена. На среде, содержащей 0,2 мг/л 2,4 D, ядро вегетативной клетки опустилось в трубку. Генеративная клетка осталась внутри оболочки гаметофит и делятся, образуя кластеры и глобулярных структур *embryoids* в месяц выращивания.

У представителей сибирских хвойных пород путем отбора питательных сред для тканевого и клеточного уровней были получены морфогенные Калли различного генетического и онтогенетического происхождения, способные продуцировать эмбриональные суспензоры, многие из которых образовывали соматические эмбрионы. [63]

Микроскопия каллусных тканей из кедра и лиственницы показал наличие соматических *embryoids*. Таким образом, эти каллусной ткани

можно считать эмбриогенный, т. е. перспективным для получения регенерантов растений. Отобраны оптимальные условия каллусогенеза из различных эксплантов хвойных растений Сибирской флоры и получены нормально растущие адвентивные побеги сибирской ели. [61]

В культуру *in vitro* вводят голубую ель и тую *occidentalis*, с последующим микрклональным размножением полученных регенерантов. Отмечено влияние состава питательной среды на продолжительность культивирования и скорость каллусообразования в эксплантах Колосков. Зависимость частоты трансплантации западных эксплантов туи от выживаемости растений в культуре *in vitro*. [61]

А. С. Леопольд [79] использовал черенки молодых и зрелых деревьев для укоренения можжевельника (*Juniperus prosera*). Он использовал четыре наиболее распространенных растительных гормона индола-3-уксусную кислоту (IUC), IMC, NUC и 2,4 D. Максимальный процент укоренения (24%) был получен при обработке молодых черенков IUC, обработка черенков NUC стимулировала образование более длинных корней. Автор пришел к выводу, что наиболее важным фактором укоренения можжевельника (*Juniperus prosera*) является возраст растений.

Вегетативный способ размножения, основанный на выращивании изолированных клеток, тканей и органов растений на искусственных питательных средах в условиях *in vitro*, позволяет получить посадочный материал независимо от урожайности семян и наиболее полно сохранить хозяйственно-ценные признаки и свойства материнского растения в потомстве [45-59].

Использование эффективных инновационных технологий, таких как соматический эмбриогенез и андроклиний в сочетании с криоконсервацией и различными селекционными программами позволит получить, ранний отбор и тестирование ценных генотипов, их быстрое распространение, что будет способствовать массовому производству улучшенных высокоурожайных клонов и чистых линий хвойных деревьев. [63]

Хвойные древесные растения.

Хвойные растения являются наиболее сложными объектами для различных методов селекции, в том числе и для *in vitro*, поэтому разработка эффективной системы клонального микроразмножения для некоторых видов является актуальной задачей [80-88].

Стратегической целью является достижение уровня экономического и социального развития, соответствующего статусу России как ведущей мировой державы 21 века, с достаточно высоким образом жизни, успешно конкурировать на мировом рынке и надежно обеспечивающей национальную безопасность и реализацию конституционных прав граждан. [1,89-90]

Библиографический список

1. Концепция стратегии развития биотехнологической отрасли промышленности на 2008–2020 гг. М., 2010. 17 с.

2. Высоцкий А.А. Внедрение в лесохозяйственную практику научных разработок селекционного лесоводства. - Инновации и технологии в лесном хозяйстве, Материалы международной научно-практической конференции 22-23 марта 2011 г., Санкт-Петербург, ФГУ «СПбНИИЛХ», 2011. - с. 45
3. Шестибратов К.А., Лебедев В.Г., Мирошников А.И. Лесная биотехнология: методы, технологии, перспективы // Биотехнология. 2008. № 5. С. 3–22.
4. Шабунин Д.А. Перспективы микроклонального размножения лиственных пород для плантационного лесовыращивания // Тр. СПбНИИЛХ. 2011. Ч. 1, № 1(24). С. 49–55.
5. Долголиков В.И., Попивший И.И. Положительные стороны и недостатки клоновой селекции ели // Лесоведение. 1992. № 2. С. 11–18.
6. Жигунов А.В., Шабунин Д.А., Антонов О.И. Однородность клонированных растений в лесных культурах // Материалы VI Московского междунар. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М. : ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 285–286.
7. Адаптация регенерантов ели европейской к условиям *ex vitro*/ Шабунин Д.А. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2010. № 1(21). С. 120–135.
8. Бондаренко А.С., Жигунов А.В., Шабунин Д.А. Перспективы применения биотехнологий в лесном хозяйстве // Биотехнологии и вызовы времени: сб. материалов выставки-конференции. СПб.: Ленэкспо, 2011. С. 77.
9. Выращивание саженцев триплоидной осины из регенерантов, полученных по технологии *in vitro* / Бовичева Н.А. [и др.] // Тр. СПбНИИЛХ. 2006. № 3(16). С. 68–76.
10. Ильинов А.А., Топчиева Л.В., Раевский Б.В. Использование микросателлитовых маркеров в изучении генофонда ели финской *Picea x fennica* (Regel) Kom. в Карелии // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1–2. С. 80–86.
11. Лутова Л.А. Биотехнология высших растений: учеб. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. 240 с.
12. Машкина О.С., Буторина А.К. Генетическая инженерия древесных растений // Генетика. 2003. Т. 39, №3. С. 309–317.
13. Voerjan W. Biotechnology and the domestication of forest trees. *Current Opinion in Biotechnology*. 2005. V. 16. P. 159–166. doi: 10.1016/j.copbio.2005.03.003.
14. Wimp G.M., Young W.P., Woolbright S.A., Keim P., Whitham T.G. Conserving plant genetic diversity for dependent animal communities. *Ecology Letters*. 2004. V. 7. P. 776–780. doi: 10.1111/j.1461-0248.2004.00635.x.
15. Fang S., Xu X., Lu S., Tang L. Growth dynamics and biomass production in short- rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. *Biomass & Bioenergy*. 1999. V. 17. P. 415–425. doi: 10.1016/S0961-9534(99)00060-4.

16. Schestibratov K., Lebedev V., Podrezov A., Salmova M. Transgenic aspen and birch trees for Russian plantation forests. *BMC Proceedings*. 2011. V. 5. Suppl. 7. P. 124. doi: 10.1186/1753-6561-5-S7-P124.
17. Almeida A.C., Landsberg J.J., Sands P.J., Ambrogi M.S., Fonseca S., Barddal S.M., Bertolucci F.L. Needs and opportunities for using a process-based productivity model as a practical tool in Eucalyptus plantations. *Forest Ecology & Management*. 2004. V. 193. № 1–2. P. 167–177. doi: 10.1016/j.foreco.2004.01.044.
18. Landsberg J.J., Waring R.H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology & Management*. 1997. V. 95. P. 209–228. doi: 10.1016/S0378-1127(97)00026-1.
19. Stape J.L., Ryan M.G., Binkley D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. *Forest Ecology & Management*. 2004. V. 193. № 1–2. P. 219–234. doi: 10.1016/j.foreco.2004.01.031.
20. Perez-Cruzado C., Mohren G.M.J., Merino A., Rodriguez-Soalleiro R. Carbon balance for different management practices for fast growing tree species planted on former pastureland in southern Europe: A case study using the CO2Fix model. *European J. of Forest Research*. 2012. V. 131. № 6. P. 1695–1716. doi: 10.1007/s10342-012-0609-6.
21. Mohren G.M.J., Garza Caligaris J.F., Masera O., Kanninen M., Karjalainen T., Pussinen A., Nabuurs G.J. CO2FIX for Windows: a dynamic model of the CO2-fixation in forests; Version 1.2: IBN Research Report 99/3. 1999. URL: http://dataservices.efi.int/casfor/downloads/co2fix1_2_manual.pdf (дата обращения: 23.07.2015).
22. Liski J., Palosuo T., Peltoniemi M., Sievanen R. Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling*. 2005. V. 189. P. 168–182. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.005.
23. Komarov A.S., Chertov O.G., Zudin S.L., Nadporozhskaya M.A., Mikhailov A.V., Bykhovets S.S., Zudina E.V., Zoubkova E.V. EFIMOD 2 – a model of growth and cycling of elements in boreal forest ecosystems. *Ecological Modelling*. 2003. V. 70. P. 373–392. doi: 10.1016/S0304-3800(03)00240-0
24. Rytter L., Stener L.G. Productivity and thinning effects in hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) stands in southern Sweden. *Forestry*. 2003. V. 78. P. 285–294. doi: 10.1093/forestry/cpi026.
25. Poplar Silviculture: Plantations and Native Stands: Annual Meeting of the Poplar Council of Canada, 16–19 sept. 2003, Quebec. Canada: Rouyn-Noronda, 2003. 77 p.
26. Carson, Michael, Walter Christian, and Sue Walter. The future of forest biotechnology. In Robert Kellison, Susan McCord, and Kevan M.A. Gartland (eds.), *Forest biotechnology in Latin America*. Raleigh, Institute for Forest Biotechnology, 2004. P. 13–40.
27. Walter, Christian, and Sean Killerby. A global study on the state of forest tree genetic modification. In *Preliminary review of biotechnology in forestry:*

- Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004. Chapter 3.
28. Chaix, Gilles, and Olivier Monteuis. Biotechnology in the Forestry Sector. In Preliminary review of biotechnology in forestry: Including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Papers. Rome: Forestry Department, FAO, 2004. Chapter 2.
29. Larocque G.R. Performance and morphological response of the hybrid poplar DN-74 (*Populus deltoides* x *nigra*) under different spacings on a 4-year rotation. *Annals of Forest Science*. 1999. V. 56. P. 275–287. doi: 10.1051/forest:19990402.
30. Mamashita T., Larocque G.R., DesRochers A., Beaulieu J., Thomas B.R., Mosseler A., Major J., Sidders D. Short-term growth and morphological responses to nitrogen availability and plant density in hybrid poplars and willows. *Biomass & Bioenergy*. 2015. V. 81 P. 88–97. doi: 10.1016/j.biombioe.2015.06.003.
31. Pilate G., Guiney E., Holt K., Petit-Conil M., Lapierre C., Leple J.C., Pollet B., Mila I., Webster E.A., Marstorp H., Hopkins D.W., Louanin L., Boerjan W., Schuch W., Cornu D., Halpin C. Field and pulping performances of transgenic trees with altered lignification. *Nature Biotechnology*. 2002. V. 20. P. 607–612. doi: 10.1038/nbt0602- 607.
32. Park Y.W., Baba K., Furutab Y., Iidab I., Sameshimac K., Araid M., Hayashi T. Enhancement of growth and cellulose accumulation by overexpression of xyloglucanase in poplar. *FEBS Letters*. 2004. V. 564. P. 183–187. doi: 10.1016/S0014-5793(04)00346- 1.
33. Russell H. Biotechnology in Forest Tree Improvement // FAO, Rome, forthcoming.
34. Strauss S.H., Lande R., Namkoong G. Limitations of molecular-marker-aided selection in forest tree breeding // *Can. For. Res.* 1992. N 22. P. 1050–1061.
35. Trotter P. Biotechnology in the Pulp and Paper Industry: a Review. P. 1: Tree Improvement, Pulping and Bleaching, and Dissolving Pulp Applications // *Tappi Journal*. 1990. N 73(4), April.
36. Large-scale statistical analysis of secondary xylem ESTs in pine / Pavy N. [et al.] // *Plant Mol. Biol.* 2005. N 57. P. 203–224.
37. Nairn C.J., Haselkorn T. Three loblolly pine *CesA* genes expressed in developing xylem are orthologous to secondary cell wall *CesA* genes of angiosperms // *New Phytologist*. 2005. N 166. P. 907–915.
38. Карев А.М., Егоров Р.Н., Пуляев Н.Н., Иволгин В.С. Организационно-технологические основы производства и реализации продукции плодово-ягодных питомников // Москва, 2016
39. Дидманидзе О.Н., Иволгин В.С., Пуляев Н.Н. Оптимизация реализационного возраста плодовых саженцев // В сборнике: Современные системы производства, хранения и переработки высококачественных плодов и ягод материалы научно-практической конференции. 5-я Всероссийская выставка - День садовода -2010. Мичуринск, 2010. С. 172-174

- 40.Хромова Т.М., Емельянова О.Ю., Цой М.Ф. Экологическая оценка состояния древесных растений декоративной группы возделываемых биотопов городов Орловской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 409-412.
- 41.Емельянова О.Ю. К методике комплексной оценки декоративности древесных растений / Современное садоводство-Contemporary horticulture. 2016. № 3 (19). С. 54-74. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2016/3/38.pdf>
- 42.Емельянова О.Ю., Масалова Л.И., Фирсов А.Н. Оценка генофонда хвойных растений дендрария ВНИИСПК // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2015. № 3 (15). С. 76-81. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/3/52.pdf>
- 43.Дубовицкая О.Ю. Коллекция лекарственных интродуцентов дендрария ГНУ ВНИИСПК как источник видового разнообразия для озеленения населенных мест // В сборнике: Актуальность идей В.Н. Хитрово в исследовании биоразнообразия России Орел, 2014. С. 60-63.
- 44.Дубовицкая О.Ю., Золотарева Е.В. Декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2014. Т. 29. № 23 (194). С. 38-43.
- 45.Дубовицкая О.Ю. Создание устойчивых ландшафтных композиций фитонцидных и декоративных растений для улучшения среды обитания в оздоровительных учреждениях: дис. ... канд. биол. наук / Москва, 2003.
- 46.Долголиков В.И., Попивший И.И. Положительные стороны и недостатки клоновой селекции ели // Лесоведение. 1992. № 2. С. 11–18.
- 47.Жигунов А.В., Шабунин Д.А., Антонов О.И. Однородность клонированных растений в лесных культурах // Материалы VI Московского междунар. конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Ч. 1 (Москва, 21–25 марта, 2011 г.). М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. С. 285–286.
- 48.Нимаджанова К., Султонова М.С., Холов З.Н., Худойкулов Б.С. Поиски перспективных методов вегетативного размножения некоторых хвойных пород *in vivo*. Теоретический и научно-практический журнал «Кишоварз» («Земледелец»), Душанба, 2014. №2(62). с. 23-25.
- 49.Васильева О.Г. Биолого-морфологические основы клонального микроразмножения некоторых представителей рода *Rhododendron L.*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009.
- 50.Anderson W. C. A Revised Tissue Culture Medium for Shoot Multiplication of *Rhododendron*//J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1984. Vol. 109. P. 343-347.
- 51.Eeckhaut T., Janssens. K., Keyser E., Riek J. Micropropagation of *Rhododendron*//Protocols for *in vitro* Propagation of Ornamental Plants; Methods in Molecular Biology. 2010. Vol. 589. P. 141-152.
- 52.Kamenicka A., Valka J., Vizarova G. A Comparative Study of Different Cytokinins on the Formation of *Rhododendronforrestii* Bait'. f. ex Diels. Axillary Shoots *in vitro*//ACTA Rhysiologiae Plantarum. 1998. Vol. 20, № 2.

- P. 167-171.
53. Huetteman C. A., Preece J. E. Thidiazuron: A Potent Cytokinin for Woody Plant Tissue Culture//Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 1993. Vol. 33. P. 105-119.
54. Singh S. K., Gurung B., Rai L. K., Nepal L. H. The Influence of Temperature, Light and Pre-Treatment on the Seed Germination of Critically Endangered Sikkim Himalayan Rhododendron (*R. niveum* Hook f.)//J. Am. Sci. 2010. Vol. 6, № 8. P. 172-177.
55. Briggs B. A., McCulloch S. M., Caton L. A. In vitro Propagation of Rhododendron//Acta Horticulturae. 1994. Vol. 364. P. 21-26.
56. Becwar, M.R. Initiation of embryogenic cultures and somatic embryo development in loblolly pine (*Pinus taeda*)//M.R. Becwar, R. Nagmani, S.R. Wann//Can. J. For. Res. 1990 V. 20. P. 810-817.
57. Cairney, J. The cellular and molecular biology of conifer embryogenesis//J. Cairney, G. Pullman//New phytologist. 2007. V. 176. P. 511-536.
58. Carneros, E. Plant regeneration in Stone pine (*Pinus pinea* L.) by somatic embryogenesis//E. Carneros, C. Celestino, K. Klimaszewska, Y.-S. Park, M. Toribio, J.M. Bonga//Plant Cell Tiss. Organ Cult. 2009. V. 98. P. 165-178.
59. Hakman, I. The development of somatic embryos in tissue cultures initiated from immature embryos of *Picea abies* (Norway spruce)//I. Hakman, L.C. Fowke, S. Von Arnold//Plant Sci. 1985. V. 38. P 53-59.
60. Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Органогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в культуре *in vitro* // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1-2. С. 114-119.
61. Юшкова Е.В. Микроразмножение хвойных в условиях *in vitro* // Е.В. Юшкова, Е.В. Никонорова, Н.А. Величко и др. // Лесной журнал. 2001. № 4. С. 129-132.
62. Ворошилова Е.В., Третьякова И.Н. Соматический эмбриогенез в культуре мегагаметофитов и зиготических зародышей *Pinus sibirica* // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология: материалы X международ. конф., 14-18 октября 2013 г. Казань, 2013. С. 107.
63. Третьякова И.Н., Белоруссова А.С., Носкова Н.Е. Перспективы применения методов биотехнологии для размножения генетически ценных форм лесных древесных видов // Хвойные бореальной зоны. 2007. – № 2-3. – С. 309-317.
64. Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С. Микрклональное размножение *Larix sibirica* и *Larix sukaczewii* с использованием биотехнологии соматического эмбриогенеза *in vitro* // Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири: материалы 4-го международ. совещ., 24-29 августа 2015 г. Барнаул, 2015. С. 175.
65. Третьякова И. Н., Ворошилова Е. В., Шуваев Д. Н. Каллусогенез и индукция соматического эмбриогенеза у гибридных зародышей семян *Pinus sibirica* // Физиология растений. 2014. № 2. С. 297.
66. Лесные культуры: учеб. пособие / под общ. ред. проф. А.Р. Родина. – Н. Новгород, 2009. 464 с.

- 67.Белоруссова, А.С., Третьякова И.Н. Особенности формирования соматических зародышей у лиственницы сибирской: эмбриологические аспекты. Онтогенез. 2008. Т.39. № 2. С.1-10.
- 68.Третьякова, И.Н., Ижболдина М.С. Индукция соматического эмбриогенеза у кедра сибирского. - Лесоведение. - 2009. Т. 5. С. 41-47.
- 69.Becwar, M.R. Initiation of embryogenic cultures and somatic embryo development in loblolly pine (*Pinus taeda*) / M.R. Becwar, R. Nagmani, S.R. Wann // *Can. J. For. Res.* 1990. V. 20. P. 810-817.
- 70.Cairney, J. The cellular and molecular biology of conifer embryogenesis / J. Cairney, G. Pullman // *New phytologist.* - 2007. V. 176. P. 511-536.
- 71.Carneros, E. Plant regeneration in Stone pine (*Pinus pinea* L.) by somatic embryogenesis / E. Carneros, C. Celestino, K. Klimaszewska, Y.-S. Park, M. Toribio, J.M. Bonga // *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 2009. V. 98. P. 165-178.
- 72.Hakman, I. The development of somatic embryos in tissue cultures initiated from immature embryos of *Picea abies* (Norway spruce) / I. Hakman, L.C. Fowke, S. Von Arnold // *Plant Sci.* -1985. - V. 38. - P 53-59.
- 73.Klimaszewska, K. Conifer somatic embryogenesis: I. Development/ K. Klimaszewska, D.R. Cyr // *Dendrobiology.* 2002. V. 48. P 31-39.
- 74.Klimaszewska, K. Optimized somatic embryogenesis in *Pinus strobus* L. / K. Klimaszewska, Y.-S. Park, C. Overton, I. MacEachern, J. M. Bonga // *In vitro cell. Dev. Biol.-Plant.* - 2001. - V. 37 - P. 392-399.
- 75.Lelu-Walter, M-A. Simplified and improved somatic embryogenesis of hybrid larches (*Larix x eurolepis* and *Larix x marschlinii*). Perspectives for breeding / M-A. Lelu-Walter, L.E. Paques // *Ann. For. Sci.* 2009. V. 66. P. 104.
- 76.Malabadi, R.B. Somatic embryogenesis from vegetative shoot apices of mature trees of *Pinus patul* / R. B. Malabadi, J. Van Staden // *Tree Physiology.* 2005. V. 25. P. 11- 16.
- 77.Park, Y.-S. Implementation of conifer somatic embryogenesis in clonal forestry: technical requirements and deployment considerations / Y.-S. Park // *Ann. For. Sci.* 2002. V. 59. P. 651-656.
- 78.Stasolla, C. Maturation of somatic embryos in conifers: morphogenesis, physiology, biochemistry and molecular biology / C. Stasolla, L. Kong, E.C. Yeung, T.A. Thorpe // *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant.* 2002. V. 38. P. 93–105.
- 79.Leopold. A. C. *Plant Growth and Development/* A.C. Leopold, P.E. Kriedemann.- 2 ed.- McGraw-Hill, 1975. - 545 p.
- 80.Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Органогенез сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в культуре *in vitro* II Хвойные бореальной зоны. 2012. № 1-2. С.114-119.
- 81.Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Эффективный способ получения посадочного материала ясеня обыкновенного *in vitro* II Вест. МГУЛ (Лесн. вестн.). 2010. №3(72). С 112-118.
- 82.Порозов П.Е. Использование биотехнологий для с/х развития через призму устойчивого развития//Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 2. С. 207-212
- 83.Бабич Н.А., Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Селекция и семенная

- репродукция кедрового сибирского//Вологда-Молочное, 2014
- 84.Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Изучение полиморфизма древесных растений на примере изменчивости кедрового сибирского по форме семенной чешуи//В сборнике: Инновационные процессы в образовании Сборник статей по результатам всероссийской научно-методической конференции ВГМХА по качеству образования. 2010. С. 178-180
- 85.Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Влияние диссиметрии шишек на посевные качества семян кедрового в условиях интродукции//Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 9. С. 150-154
- 86.Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Закономерности изменчивости массы семян кедрового сибирского при его интродукции в леса вологодской области//Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (28). С. 131-134
- 87.Хамитова С.М., Хамитов Р.С. Влияние типа апофиза шишек сосны кедровой сибирской на формирование в них семян//Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2010. № 3. С. 134-135.
- 88.Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Плодоношение кедрового сибирского в Чагринской кедровой роще//В сборнике: Аграрная наука - сельскохозяйственному производству Сборник трудов ВГМХА по результатам работы научно-практической конференции, посвященной 97-летию академии. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГОУ ВПО "Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина". 2008. С. 44-45
- 89.Мокрецов Ю.В. Организация производства, обеспечивающая актуализацию жизненного цикла продукции//Экономический анализ: теория и практика. 2011. № 8. С. 28-33
- 90.Порозов П.Е. Предпосылки и основы развития конкурентной среды в лесной промышленности Российской Федерации//Молодежный научный вестник. 2017. № 10 (23). С. 194-201