

Information about authors

Kabanova Svetlana Anatolevna – Head of the department of reforestation and afforestation Kazakh research Institute of forestry and agroforestry, PhD in Biology, Shchuchinsk, Kazakhstan; e-mail: kabanova.05@mail.ru.

Danchenko Matvey Anatolevich – Associate Professor of the department of forestry and landscape construction National Research Tomsk State University, PhD in geography, Tomsk, Russian Federation; e-mail: t-ekos@mail.ru.

Borcov Valerij Anatolevich – junior researcher Kazakh research Institute of forestry and agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan; e-mail: bortsov_1969@mail.ru.

Kochegarov Igor Sergeevich – junior researcher Kazakh research Institute of forestry and agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan; e-mail: garik_0188@mail.ru.

DOI: 10.12737/article_5967e99d91f917.53325147

УДК 630*165.6+630*232.31

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОРОСТКИ СЕМЯН ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*Picea excelsa* Link.) И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus silvestris* L.)

Л. С. Мурая¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Л. А. Рязанцева²

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А. И. Сиволапов³

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБУ «Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, Российская Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Для получения качественного посадочного материала ели европейской и сосны обыкновенной использованы биостимуляторы роста. Проведены исследования влияния биостимуляторов (Супер-Гумисола, Рибав-Экстра и Фитоспектра) на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в открытом грунте питомника. Изучен цитологический механизм действия биостимуляторов на хромосомный аппарат обработанных семян. Материалом для исследований являлась корневая меристематическая ткань (на разных стадиях прохождения митоза) у проростков семенного потомства ели. На препаратах определяли частоту и спектр (типы) патологий митоза, которые учитывали в метафазе, анафазе и телофазе митоза клеток корневой меристемы. Частота патологий митоза вычислялась как отношение числа клеток с патологиями в мета-, ана-, телофазе митоза к общему числу просмотренных делящихся клеток (на тех же стадиях), в %. Спектр патологических митозов представлен как процентное отношение каждого вида патологий к общему числу патологических митозов. Учитывали число клеток с разным соотношением микроядер. Семена сосны обыкновенной показали большую устойчивость к воздействию биостимуляторов роста, чем ели европейской. У них выявлено меньше патологических митозов и микроядер, в сравнении с семенами ели европейской. Биостимуляторы роста Супер-Гумисол 10 мл/л и Фитоспектр 1.0 мл/л (ель европейская) избирательно влияют на семена, что проявилось в значительной индивидуальной изменчивости: в проростках одних семян наблюдали достаточно серьезные отклонения от нормы (наличие патологических митозов, микроядер), частота появления которых достигала 7-9 %, в пролиферирующих тканях других проростков видимых аномалий не обнаружено или выявлено в небольших количествах. Биостимуляция роста посадочного материала – это сложный процесс, который может привести как к положительным результатам, так и неблагоприятным последствиям. Семена сосны обыкновенной показали большую устойчивость к воздействию биостимуляторов роста, чем ели европейской. У них выявлено меньше патологических митозов и микроядер, в сравнении с семенами ели европейской.

Ключевые слова: цитогенетический механизм влияния биостимуляторов на проростки семян, патологии митоза, сосна обыкновенная, ель европейская.

THE CYTOGENETIC MECHANISM OF THE INFLUENCE OF GROWTH BIOSTIMULATORS ON SEEDLINGS OF NORWAY SPRUCE (*Picea excelsa* U) AND SCOTS PINE (*Pinus silvestris* L.) SEEDS

L. S. Muraya¹

PhD in Biology, Leading researcher L. A. Ryazantseva²

PhD in Agriculture, Associate Professor A. I. Sivolapov³

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University»,

Voronezh, Russian Federation

2 – Federal state budget institution «All-Russian Research Institute of Forest, Genetics, Breeding and Biotechnology», Voronezh, Russian Federation

3 – Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

To obtain high-quality planting material of Norway spruce and Scots pine we have used biostimulants of growth. The effect of biostimulants (Super-Gumesol, Ribav-Extra and Fotospektr) on seed germination and growth of seedlings of Scots pine and Norway spruce in open soil of forest nursery is studied. Cytogenetic mechanism of action of biostimulants on the chromosomal mechanism in the treated seeds is researched. The study material was root embryonic tissue of seedlings in the seed of progeny of spruce. In the preparations the frequency and spectrum of pathological mitosis was determined, which was taken into consideration metaphase, anaphase and telophase of mitotic cells of the root meristem. The frequency of pathological mitosis was calculated as the ratio of the number of cells with abnormalities in the meta-, ana-, telophase mitosis to the total number of viewed dividing cells (at the same stages), in %. Spectrum of pathological mitoses is presented as the percentage of each type of pathology to the total number of pathological mitoses. Number of cells with different ratios of microkernels was taken into consideration. Seeds of Scots pine showed a greater resistance to the effects of biostimulants of growth than Norway spruce seeds. They revealed less of abnormal mitoses and micronuclei in comparison with seeds of Norway spruce. Super-Gumesol growth biostimulants 10 ml/l and Fotospektr 1.0 ml/l have selective influence on the seeds: spruce seedlings of some seeds were observed with serious deviations from the norm; the frequency of occurrence of abnormal mitoses, micronuclei has reached 7-9 %, in other proliferating tissues of seedlings visible anomalies are not detected or detected in small amounts. Bio-stimulation of growth of planting material is a complex process that can lead to positive results, and adverse effects. Seeds of Scots pine showed a greater resistance to the effects of biostimulants of growth than Norway spruce. They revealed less of abnormal mitoses and micronuclei in comparison with seeds of Norway spruce.

Keywords: cytogenetic mechanism of the influence of biostimulants on seed seedlings, pathology of mitosis, Scotch pine, Norway spruce.

Введение

Выращивание посадочного материала хвойных пород в открытом грунте лесных питомников – достаточно трудоемкий процесс, во многом зависящий от внешних факторов (наличие питательных веществ, достаточное содержание гумуса, оптимальной влажности почвы, освещенности и температуры воздуха), меняющихся в течение сезона. В данной ситуации можно повысить плодородие почвы путем внесения органических и минеральных удобрений и применить ряд перспективных агроприемов (обработка семян стимуляторами и микроэлементами перед посевом, а также внекорневые подкормки минеральными удобрениями и биостимуляторами, освобождение полей от

сорняков, проведение профилактических мероприятий по обработке семян фунгицидами), позволяющих повысить иммунитет к болезням и ускорить их рост.

В настоящее время в технологии выращивания посадочного материала из семян недостаточно используются передовые агротехнические приемы, включающие в себя применение новых биологических и химических средств для стимуляции роста семян.

Научные разработки последних лет показали, что при выращивании семян и саженцев ценных хвойных пород (ель, сосна, лиственница, кедр, пихта и др.) можно успешно использовать стимуляторы роста на различных стадиях их развития, как при предпосевной обработке семян, так и внекорневой обработке

сеянцев. Поэтому активно ведется поиск и испытание новых биостимуляторов [1].

Нами проведены исследования влияния биостимуляторов (Супер-Гумисола, Рибав-Экстра, Фитоспектра и др.) на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в открытом грунте питомника [7]. Большой интерес представляет механизм действия биостимуляторов на хромосомный аппарат обработанных семян и сеянцев.

Характеристики использованных стимуляторов приведены ниже:

Супер-Гумисол – жидкий высококонцентрированный препарат, биостимулятор нового поколения. Содержит в себе все легкоусвояемые питательные вещества, гуматы, фульвокислоты, аминокислоты, природные фитогормоны, ростовые вещества, микроэлементы в хелатной форме и полезную почвенную микрофлору. Применяется для предпосевной обработки семян и подкормки растений во время всего вегетативного периода. Расход при опрыскивании 1 кг/1 л на 1 гектар. Супер-Гумисол совместим с любыми пестицидами. Природные фитогормоны и полезная почвенная микрофлора повышают всхожесть, увеличивают энергию прорастания семян, стимулируют корнеобразование, рост и развитие растений.

Препарат получен из натурального экологически чистого сырья (Вермикомпост – Биогумус) с применением современных микробиологических технологий, которые придают ему уникальные свойства. Супер-Гумисол является высокоэффективным природным антистрессовым адаптогеном, который способен мобилизовать защитные силы и сохранить высокую продуктивность растений в экстремальных природных условиях. Поставщик ООО «Агроэкосервис» (Москва).

Рибав-Экстра – природный комплекс биологически активных веществ, экстракт продуктов метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня. Выпускается в виде 60 %-го спиртового экстракта.

Обладает очень высокой корнеобразующей активностью и способствует быстрому восстановлению растений после биологических повреждений (угнетение болезнетворными микроорганизмами, гербицидами, неблагоприятное воздействие внешней среды). Препарат обладает выраженным антистрессовым и лечебным действием: его используют для восстановле-

ния всех видов культур, поврежденных и ослабленных засухой, заморозками, болезнями и вредителями.

Фитоспектр – универсальный регулятор роста растений со свойствами фунгицида и комплексного удобрения. Представляет собой водный раствор, содержащий гликозиды экстрактов растений и функциональные добавки. Основу препарата составляют вещества, обладающие широким спектром биологического действия: фунгицидной, антимикробной, противовирусной, инсектицидной активностью, благодаря чему усиливается устойчивость растений к стрессовым факторам среды, обеспечивается их естественная защита и повышается усвояемость питательных веществ. Компоненты препарата стимулируют рост бактерий, ускоряющих образование гумуса, способствуют образованию комковатой структуры, улучшая тем самым аэрацию и влагоудержание в почве. Препарат Фитоспектр рекомендуется применять в качестве биотехнического средства для улучшения питания растений. Используется в виде водных растворов путем их полива и опрыскивания, а также при замачивании семян.

Карвитол, ВР – ацетиленовый спирт, регулятор роста растений, экологически безопасный препарат (класс опасности 4/3), номер государственной регистрации 0774-07-111-240-0-1-3-1, выпускается ОАО «МХК «ЕвроХим». Используется для предпосевной обработки семян (повышает полевою всхожесть) и опрыскивания растений (усиливает ростовые процессы).

Материал и методы

Цитологический анализ на прохождение митоза при формировании меристематической ткани проростков семенного потомства проводился у ели европейской и сосны обыкновенной. Материалом для исследований являлась корневая меристематическая ткань (на разных стадиях прохождения митоза) у проростков семенного потомства ели и сосны. Материал фиксировали в спиртово-уксусной смеси (3:1). Постоянно-давленные микропрепараты, окрашенные ацетогематоксилином, изготавливали по методике Топильской и др. [8]. Просмотр микропрепаратов осуществлялся на микроскопе Микмед -2 при увеличении $40 \times 1,5 \times 10$. Микрофото съемку проводили с использованием видеоокуляра DCM500 (Shangrao TeleView Optical Instruments Co., Ltd.).

На препаратах определяли частоту и спектр (ти-

пы) патологий митоза (ПМ), которые учитывали в метафазе, анафазе и телофазе митоза клеток корневой меристемы. Частота патологий митоза вычислялась как отношение числа клеток с патологиями в мета-, ана-, телофазе митоза к общему числу просмотренных делящихся клеток (на тех же стадиях), в %. Спектр патологических митозов представлен как процентное отношение каждого вида патологий к общему числу патологических митозов. Учитывали число клеток с разным соотношением микроядер [2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11].

Результаты и обсуждение

На основании полученных результатов были сделаны выводы о целесообразности использования того или иного стимулятора.

Цитогенетическая характеристика семян ели и сосны, подверженных воздействию биостимуляторов роста, предусматривает цитологический анализ поведения хромосом в митозе в активно пролиферирующих тканях проростков. Особое внимание митозу уделяется потому, что он является необходимым процессом почти всех этапов онтогенеза. Патологии митоза могут вызываться разными компонентами воздействия на клетку, в том числе и биостимуляторами роста. С целью выяснения влияния биостимуляторов на рост и развитие организма изучали характер поведения хромосом в митозе у проростков семян ели и сосны.

Проведен цитологический анализ поведения хромосом в митозе у проростков семян ели европейской *Picea excelsa* Link. и сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L.

Анализ поведения хромосом в активно пролиферирующих тканях проростков ели европейской выявил полиморфизм по частоте появления клеток с аномальным митозом (табл. 1).

После обработки семян биостимулятором Супер-Гумисол (10 мл/л) выявлен значительный поли-

морфизм по частоте появления аномальных клеток у разных проростков. Об этом свидетельствует и широкий размах предела варьирования (от 0 до 14.2 %). Индивидуальная изменчивость по цитологическим показателям подтверждается и результатами сезонной изменчивости роста (по высоте) 3-летних сеянцев. У одной группы проростков частота появления аномалий была небольшой (2.9 %, 2.2 %, 3.4 %), у другой группы достигала 14 %. Встречались отклонения типа обособления групп хромосом в метафазе, мосты, которые появлялись в анафазе и в некоторых клетках сохранялись до поздней телофазы, фрагменты мостов, забегания хромосом в анафазе, обособление групп хромосом в телофазе (рис. 1). Такие аномалии, если они затрагивают большое число клеток в организме (высокая частота встречаемости патологических митозов), в конечном итоге могут приводить к формированию слабо развитых или нежизнеспособных семян. С другой стороны, наличие в данной группе достаточного количества проростков с нормальным формированием генотипов (небольшая частота появления аномальных клеток), свидетельствует о том, что данный стимулятор роста является перспективным. Здесь необходимо проводить более тщательный подбор концентрации обрабатываемого раствора.

После обработки семян стимулятором роста Рибав – Экстра 1.0 (мл/л) проростки семян характеризуются относительной стабильностью генома. В данной группе наблюдается самая низкая частота появления аномалий (табл. 2). Из отклонений от нормы обнаружены мосты, фрагменты мостов и микроядра с низкой частотой появления микроядер – 0.5 %.

После обработки семян биостимулятором Фитоспектр (1.0 мл/л) выявлен размах аномалий. Частота патологических митозов составила 4-9 %. У проростков этой группы чаще всего можно было видеть нарушения

Таблица 1

Особенности поведения хромосом в митозе у проростков семян ели европейской (*Picea excelsa* Link.), обработанных биостимуляторами роста

Концентрация стимулятора, мл/л	Патологии митоза, %				Микроядра, %	
	метафаза	анафаза	телофаза	пределы варьирования min-max, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	пределы варьирования min-max, %
Супер-Гумисол (10,0)	7.17±0.800	7.02±1.200	7.32±1,300	0 – 14.2	2.55±0.700	0 – 7
Рибав-Экстра 1,0)	3.14±0.800	2.5±0.500	2.40 ±0,300	0 – 7.7	0.5 ±0.10	0 - 1
Фитоспектр (1,0)	4.8±1.20	9.2±2.10	7.70 ±1,500	0 -18.0	3.3±0.90	0 -8.8
Фитоспектр (0,05)	8.0 ±1.40	4.4±1.10	4.50±0,900	0 – 8.3	3.9±0.70	0-7
Контроль	1.43 ±0.600	1.67±0.700	1.36±0,400	0 – 6.6	0.01±0.010	0 – 0.1

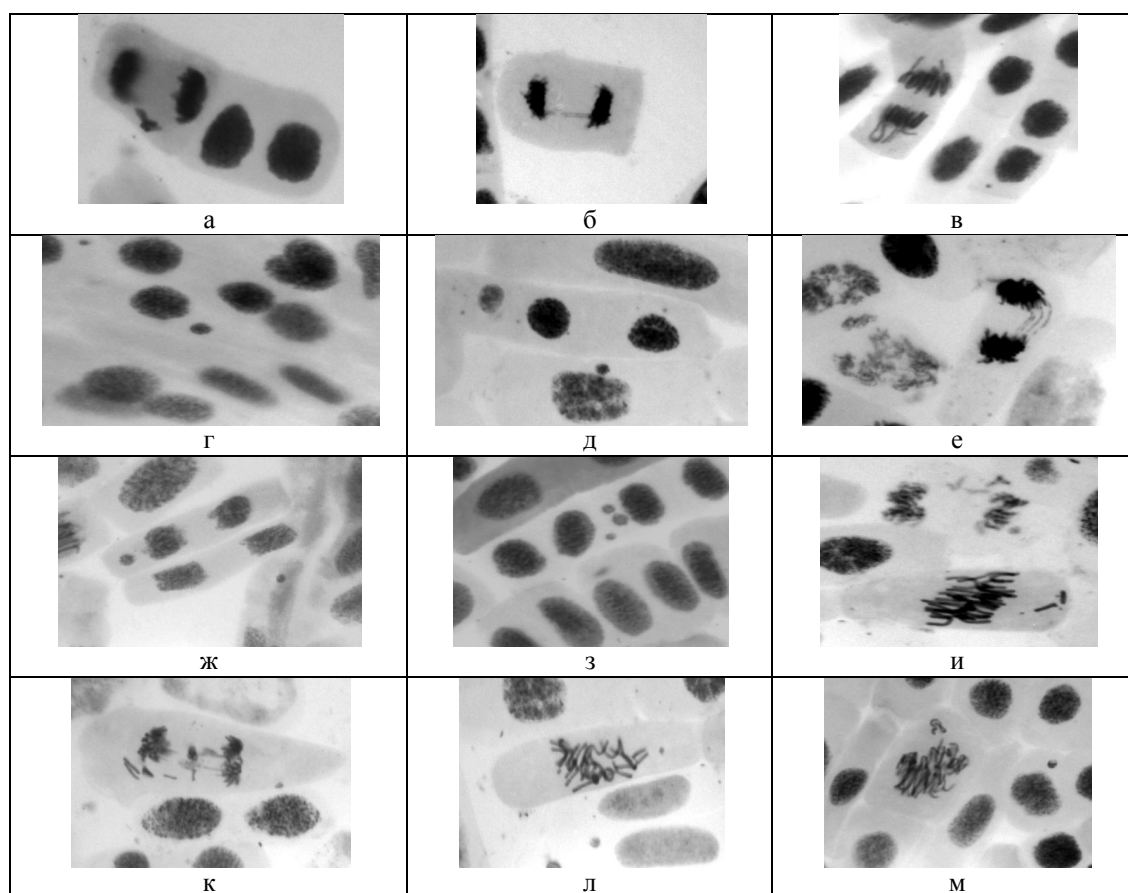


Рис. 1. Патологии митоза, выявленные в проростках семян ели европейской и сосны обыкновенной, обработанных биостимуляторами роста: а – обособление группы хромосом в анафазе; б – мост в телофазе; в – забегание хромосом в анафазе; г, д, ж – по 1 микроядру на клетку; е – множественные мосты в телофазе; з – 3 микроядра в одной клетке; и, л, м – выбросы хромосом за веретено деления в метафазе; к – задержка хромосом на экваторе в анафазе

Таблица 2

Особенности поведения хромосом в митозе у проростков семян сосны обыкновенной, обработанных биостимуляторами роста

Концентрация стимулятора, мл/л	Патологии митоза, %				Микроядра, %	
	метафаза	анафаза	телофаза	пределы варьирования min-max, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	пределы варьирования min-max, %
Супер-Гумисол (10,0)	1.36±0.700	1.36±0.700	3.42±0.800	0 – 6.6	1.59±0.800	0 – 7.4
Рибав-Экстра (1,0)	0.85±0.400	0.9±0.40	0	0 – 4.0	0	0
Фитоспектр (1,0)	0.58±0.300	1.43±0.500	0	0 – 4.0	0.6±0.200	0 -1.5
Фитоспектр (0,05)	1.81±0.600	1.81±0.400	2.6±0.50	0 – 5.0	1.47±0.500	0-4
Контроль а)	1.16±0.500	2.55±0.400	2.5±0.80	0 – 6.0	1.5±0.400	0 -4
Контроль б)	0	0.44±0.300	0.34±0.200	0 – 2.2	0.01±0.010	0 – 0.1

Примечание: а) видимые небольшие отклонения; б) митоз без видимых или незначительных отклонений

связанные с повреждением хромосом: мосты, забегания хромосом в метафазе, микроядра (рис. 1, е, в, г).

Характерной особенностью для всех опытных вариантов явилось появление микроядер.

Микроядра можно было наблюдать на всех ста-

диях митоза. Значительное количество их присутствовало в интерфазных клетках. Чаще всего в патологической клетке встречается одно микроядро, но иногда мы наблюдали клетки с 2, 3 и 4 микроядрами (рис. 1).

Наибольшая частота появления микроядер вы-

явлена у проростков семян, обработанных биостимулятором Фитоспектр (1.0 и 0.05 мл/л) от 3.3 ± 0.9 до 3.9 ± 0.7 % соответственно.

Микроядра – это дополнительные к ядру мелкие округлые хроматиновые структуры, которые появляются вследствие нарушений хромосомного аппарата делящейся клетки, основой которого являются молекулы ДНК. Такие нарушения могут быть спровоцированы как внешними, так и внутренними причинами. Образование микроядер служит показателем нестабильности генома, отражением протекающих в клетках мутаций. В настоящее время микроядерный тест получает широкое распространение в исследованиях, как животных, так и растительных клеток. Сходные картины поведения хромосом в митозе наблюдали и у проростков семян, которые обработаны тем же стимулятором роста, но в другой концентрации (Фитоспектр 0.05 мл/л).

У проростков контрольного варианта видимые отклонения от нормы составили в среднем 1.4 %, что считается в пределах нормы [4]. В основном митоз проходил нормально.

Цитологический анализ поведения хромосом в митозе у проростков семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), обработанных биостимуляторами роста идентичен патологическим картинкам ели европейской.

Результаты цитологического анализа хода митоза в меристематических тканях проростков семян сосны обыкновенной, обработанных биостимуляторами роста представлены в табл. 2.

В проростках семян, обработанных биостимулятором Карвитол (0.02 мл/л), в таблице не показано, наблюдается значительная индивидуальная изменчивость. У группы проростков данного варианта митоз протекает без видимых или незначительных отклонений от нормы. В другой группе проростков частота появления патологических митозов достаточно высокая (до 14.5-15.0 %). Из аномалий здесь можно отметить нарушение формирования веретена деления, забегания хромосом (рис. и, м), мосты (рис. б), обособление групп хромосом от веретена деления (рис. а), наличие микроядер в метафазе (рис. л), в интерфазных клетках (рис. 1, ж, д). Обнаруженные патологии могут привести к неравномерному распределению хромосом между дочерними клетками, потере генетического материала, появлению слабо развитых или нежизнеспособных

семян. В результате возможно значительное выпадение семян при выращивании их в грунте.

Семена, обработанные биостимулятором Рибав-Экстра (2.0 и 1.0 мл/л), проявили большую устойчивость к воздействию данного препарата. Частота появления у проростков семян патологических митозов низкая (0.6-1.4 % и 0.8-0.9 % соответственно). Во втором варианте микроядер не обнаружено.

Это свидетельствует о том, что биостимулятор роста Рибав-Экстра не оказывает мутабельного влияния на семена.

В двух вариантах при обработке семян биостимулятором Фитоспектр (1.0 мл/л и 2.0 мл/л) наблюдали: частота отклонения от нормы в пределах 2.6 %. Появление более высокого содержания микроядер указывает на нестабильность генома.

Таким образом, семена сосны обыкновенной показали большую устойчивость к воздействию биостимуляторов роста, чем ели европейской. У них выявлено меньше патологических митозов и микроядер, в сравнении с семенами ели европейской.

Биостимуляторы роста Супер-Гумисол 10 мл/л (ель европейская) и Карвитол 0,02 мл/л (сосна обыкновенная) избирательно влияют на семена, что проявилось в значительной индивидуальной изменчивости: в проростках одних семян наблюдали достаточно серьезные отклонения от нормы (наличие патологических митозов, микроядер), частота появления которых достигала 7 %, в пролиферирующих тканях других проростков видимых аномалий не обнаружено или выявлено в небольших количествах.

Обработка семян ели европейской и сосны обыкновенной биостимулятором роста Рибав – Экстра в концентрациях 1.0 мл/л и 2.0 мл/л по данным цитологических исследований не вызывает значительных изменений цитогенетических показателей.

Для того, чтобы дать окончательную оценку применения исследуемых биостимуляторов, необходимо проведение цитогенетического анализа на растениях в процессе онтогенеза в открытом грунте. Для решения данных вопросов перспективным может быть экспресс – анализ «Микроядерный тест», используемый для древесных растений в экстремальных условиях произрастания или с применением биостимуляторов [2].

Выводы

Биостимуляция роста посадочного материала –

это сложный процесс, который может привести как к положительным результатам, так и неблагоприятным последствиям.

Доказательной основой выявленного нами положительного результата – стимулирующего эффекта ряда биостимуляторов (Рибав – Экстра, Супер – Гумисол, Фитоспектр и другие) по энергии прорастания и технической всхожести семян, роста, развития и состояния сеянцев ели и сосны на специально заложенных опытных испытательных участках в питомнике ВНИИЛГИСбиотех, ВГЛТУ и на опытных участках плантационных культур сосны и ели, заложенных в Конь-Колодезском лесничестве Учебно-опытного лесхоза.

Применение биостимуляторов в разных дозах и комбинациях осуществлено с использованием разных способов обработки 2- и 3-летних сеянцев (предпосевная, корневая и внекорневая). Опытно-производ-

ственная проверка сохранности и приживаемости сеянцев сосны и ели заложенных культур на вырубках в Конь-Колодезском лесничестве показала эффективность использования биостимуляторов. Для закладки плантационных культур использовали 2-летние сеянцы сосны, качество которых соответствовало требованиям действующих стандартов. Минимальные размеры стволика 10 см, толщина у корневой шейки – 1.5-10 мм, длина корневой системы 10-20 см. Максимальные размеры сеянца определяли исходя из возможности обеспечения оптимальных условий посадки на лесокультурную площадь.

Цитогенетические исследования показали, что у большинства вариантов обработанных семян сосны и ели биостимуляторами наблюдаются незначительные нарушения митоза, что дает гарантии их применения для стимуляции всхожести семян и роста сеянцев.

Библиографический список

1. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород [Текст] / Е. М. Андреева [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 3. – С. 10-18.
2. Архипчук, В. В. Использование ядрышковых характеристик в биотестировании [Текст] / В. В. Архипчук // Цитология и генетика. – 1995. – Т. 29. – № 3. – С. 6-11.
3. Цитогенетическая характеристика семенного потомства некоторых видов древесных растений в условиях антропогенного загрязнения г. Воронежа [Текст] / А. К. Буторина [и др.] // Цитология. – 2000. – Т. 42. – № 2. – С. 196-201.
4. Буторина, А. К. Шкала чувствительности критериев цитогенетического мониторинга [Текст] / А. К. Буторина, В. Н. Калаев // Цитология. – 1999. – Т. 41. – № 12. – С. 1056-1057.
5. Цитогенетический мониторинг аутохтонных лесов Усманского и Хреновского боров [Текст] / А. К. Буторина [и др.] // Известия РАН. Сер. биологическая. – 2007. – № 4. – С. 508-512.
6. Гераськина, Н. П. Биоиндикационная оценка устойчивости лесных экосистем к промышленному загрязнению среды [Текст] / Н. П. Гераськина // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2007. – № 1. – С. 61-65.
7. Выращивание посадочного материала сосны и ели с использованием новейших биостимуляторов [Текст] / Л. А. Рязанцева, Н. В. Пентелькина, Г. И. Иванюшина, О. С. Слюсарева // Проблемы объектов лесной науки: современное состояние и перспективы: Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 40-летию ФБУ «ВНИИЛГИСбиотех» «Достижения и перспективы лесной генетики и селекции», 25-27 апреля 2013 г., Воронеж : НАУКА-ЮНИПРЕСС, 2014. – С. 212-226.
8. Топильская, Л. А. Изучение соматических и мейотических хромосом смородины на ацетогематоксилиновых давленных препаратах [Текст] / Л. А. Топильская, С. А. Лучникова, Н. П. Чувашина // Бюлл. Научн. информ. Центр. генет. лаб. им. И.В. Мичурина, 1975. – Вып. 22. – С. 107.
9. Artyuhov, V. C. Cytogenetic indices of English oak (*Quercus robur* L.) seminal progeny subject to radioactive radiation in the Chernobyl nuclear disaster and growing on territories with different levels of anthropogenic contamination [Текст] / V. C. Artyuhov, V. N. Kalaev / 20 Years after Chernobyl Accident: past, present and future. New York : Nova Science Publishers, 2006. – P. 247-264.
10. Butorina, A. The first detected case of amitosis in Pine [Текст] / A. Butorina, N. Evstratov // Forest Genetics. – 1996.

– V.3. – № 3. – P. 137-139.

11. Krajewska, M. Number of nuclei, mitotic activity and cell length in *Cladophora* sp. thallus treated with cadmium and chromium [Текст] / M. Krajewska // Acta Soc. Bot. Pol., 1996. – Vol. 65. – P. 249-265.

References

1. Andreeva E.M., Stecenko S.K., Kuchin A.V., Terehov G.G., Hurshkainen T.V. *Vliyaniye stimulyatorov rosta prirodno-go proishojdeniya na prorostki hvoinih porod* [The effect of growth promoters of natural origin to seedlings of coniferous species] *Lesotekhnicheskii jurnal*, 2016, no. 3, pp.10-18. (In Russian).

2. Arhipchuk V.V. *Ispolzovanie yadrishkovih harakteristik v biotestirovani* [The use of nucleolar characteristics in biotesting] *Citologiya i genetika*, 1995, Vol. 29, no. 3, pp. 6-11. (In Russian).

3. Butorina A.K. *Citogeneticheskaya harakteristika semennogo potomstva nekotoryh vidov drevesnih rastenii v usloviyah antropogennogo zagryazneniya g. Voroneja* [Cytogenetic characteristics of seed progeny of some species of woody plants in conditions of anthropogenic contamination in Voronezh] *Citologiya*, 2000, Vol. 42, no. 2, pp. 196-201. (In Russian).

4. Butorina A.K., Kalaev V.N. *Shkala chuvstvitelnosti kriteriev citogeneticheskogo monitoringa* [Sensitivity scale criteria cytogenetic monitoring] *Citologiya*, 1999, Vol. 41, no. 12, pp. 1056-1057. (In Russian).

5. Butorina A.K., Cherkashina O.N., Ermolaeva O.V., Chernodubov A.I. [et al.]. *Citogeneticheskii monitoring autohton-nih lesov Usmanskogo i Hrenovskogo borov* [Cytogenetic monitoring of autochthonous forest usmanskoy and Khrenovskoy hog]. *Izvestiya RAN. Ser. Biologicheskaya*, 2007, no. 4, pp. 508-512. (In Russian).

6. Geraskina N.P. *Bioindikacionnaya ocenka ustoichivosti lesnih ekosistem kpromishlennomu zagryazneniyu sredi* [Bio-indicative assessment of the sustainability of the forest ecosystems to industrial pollution] *Vestnik Voronejskogo gosudarstvenno-go universiteta. Ser. Himiya. Biologiya. Farmaciya*. [Bulletin of Voronezh State University. Ser. Chemistry. Biology. Pharmacy] Voronezh, 2007, no.1, pp. 61-65. (In Russian).

7. Ryazanceva L.A., Pentelkina N.V., Ivanyushina G.I., Slyusareva O.S. *Viraschivaniye posadochnogo materiala sosni i eli s ispolzovaniem noveishih biostimulyatorov* [The cultivation of seedlings of pine and spruce using the latest bio-stimulants] *Problemi obektov lesnoi nauki_ sovremennoe sostoyaniye i perspektivi: Materiali nauchno_ prakticheskoi konferencii s mejdunarodnim uchastiem, posvyaschennoi 40-letiyu FBU «VNIILGISbiotech» «Dostijeniya i perspektivi lesnoi genetiki i selekcii», 25-27 aprelya 2013 g.* [Problems of Forest Science Objects: Current State and Prospects: Proceedings of the Scientific and Practical Conference with International Participation, dedicated to the 40th anniversary of the FBU VNIILGISbiotech "Achievements and Prospects of Forest Genetics and Breeding", April 25-27, 2013]. Voronezh, 2014, pp. 212-226. (In Russian).

8. Topilskaya L.A., Luchnikova S.A., Chuvashina N.P. *Izuchenie somaticheskikh i meioticheskikh hromosom smorodini na acetogematoksilinovih davlennih preparatah* [The study of somatic and meiotic chromosomes currants on acetophenetidin pressure drugs] *Byull. Nauchn. inform. Centr. genet. lab. im. I.V. Michurina* [Bull. Scientific. Inform. Centre. Genet. Lab. them. I.V. Michurina]. 1975, Vol. 22, pp. 107. (In Russian).

9. Artyuhov V.C., Kalaev V.N. Cytogenetic indices of English oak (*Quercus robur* L.), seminal progeny subject to radioactive radiation in the Chernobyl nuclear disaster and growing on territories with different levels of anthropogenic contamination. 20 Years after Chernobyl Accident: past, present and future. Ney York_ Nova Science Publishers, 2006, pp. 247-264.

10. Butorina A., Evstratov N. The first detected case of amitosis in Pine. *Forest Genetics*, 1996, Vol. 3, no. 3, pp. 137-139.

11. Krajewska M. Number of nuclei, mitotic activity and cell length in *Cladophora* sp. thallus treated with cadmium and chromium. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 1996, Vol. 65, pp. 249-265.

Сведения об авторах

Мурая Лидия Стефановна – инженер I категории кафедры генетики, цитологии и биоинженерии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», старший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии» г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: gen-vgu@yandex.ru.

Рязанцева Лидия Александровна – ведущий научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru.

Сиволанов Алексей Иванович – профессор кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru.

Information about authors

Muraya Lidiya Stefanovna – I category engineer of the Department of genetics, Cytology and bioengineering Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh state University», Senior researcher of the fgbi «All-Russian research Institute of forest genetics, breeding and biotechnology», Moscow, Russian Federation; e-mail: gen-vgu@yandex.ru.

Ryazanceva Lidiya Aleksandrovna – Leading researcher of the fgbi «Scientific research national Institute of forest genetics, breeding and biotechnology», PhD in Biologicy, Senior researcher, Voronezh, Russian Federation; e-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru.

Sivolapov Aleksey Ivanovich – Professor of the Department of forest crops, selection and forest reclamation Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Agriculture, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru.

DOI: 10.12737/article_5967e9ddbc1144.25242725

УДК 630*232

ОСОБЕННОСТИ РОСТА СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ПРИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ ГОРЕЛЬНИКОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **Н. Е. Проказин**¹

доктор технических наук, профессор **И. М. Бартенев**²

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **В. И. Казаков**¹

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **Е. Н. Лобанова**¹

1 – ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»,
г. Пушкино, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Выбор наиболее приемлемого вида посадочного материала при лесовосстановлении на горельниках в лесостепной зоне с бедными песчаными почвами является важной проблемой. В связи с этим, изучение показателей приживаемости и роста культур сосны, созданных посадочным материалом с открытой и закрытой корневой системой, представляет научный и практический интерес. С целью изучения этого вопроса в 2014 году в Левобережном участковом лесничестве учебно-опытного лесхоза Воронежского государственного лесотехнического университета на горельнике 2010 года с песчаными почвами и лесорастительными условиями В₂ был заложен опытный участок с использованием сеянцев сосны обыкновенной, как с закрытой (однолетние сеянцы), так и открытой (двухлетние сеянцы) корневыми системами при различных способах обработки почвы. Проведенные в период с 2014 по 2016 годы наблюдения за ходом роста и развития лесных культур, созданных сеянцами сосны обыкновенной, показал, что обработка почвы оказывает существенное влияние, как на приживаемость, так и на показатели роста. Установлено, что при создании лесных культур в этих условиях необходимо проводить обработку почвы, так как при посадке без обработки почвы сеянцы как с открытой так и с закрытой корневой системой погибают от иссушения. Обработку почвы в лесостепной зоне на песчаных почвах необходимо проводить путем формирования борозды с одновременным образованием щели и рыхлением ее боковых стенок. Культуры, созданные на горельниках в лесостепной зоне на песчаных почвах сеянцами сосны с закрытой корневой системой, не имеет существенных преимуществ (приживаемость и высота в возрасте трех лет) по сравнению с культурами, созданными сеянцами с открытой корневой системой.

Ключевые слова: лесовосстановление, горельники, обработка почвы, посадочный материал, корневая система, сеянцы, лесные культуры, приживаемость, рост, прирост.