

УДК 58.084.2+582.475.2+630*232.318

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ *LARIX SIBIRICA* LEDEB. ПРИ ПОСЕВНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

А. В. Пименов, А. С. Аверьянов, Т. С. Седельникова

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: pimenov@ksc.krasn.ru, alexey.averyanov.92@mail.ru, tss@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 28.01.2021 г.

Представлены результаты посевного эксперимента по оценке грунтовой всхожести семян, сохранности и роста сеянцев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), отражающие экотипический (популяционный) и формовой (индивидуальный) уровни внутривидовой дифференциации. Исследования проводились на протяжении 4 лет (2016–2019 гг.) на опытном участке ИЛ СО РАН в Академгородке г. Красноярск для популяционных и индивидуальных выборок семян лиственницы сибирской из экологически контрастных происхождений Сибири – лесоболотного (Томская область), лесостепного (Республика Хакасия) и лесотундрового (Таймырский Долгано-Ненецкий район Красноярского края). Определялись грунтовая всхожесть семян, динамика вертикального годичного прироста сеянцев, их текущая и итоговая сохранность. Выявлено, что особенности внутривидовой изменчивости качества семян лиственницы сибирской проявляются в первые 2 года эксперимента. Семена лиственницы сибирской различного происхождения имеют неодинаковую «стратегию» прорастания, определяемую условиями местообитания материнских древостоев. Из семян лесотундрового происхождения сформировались единичные ослабленные сеянцы, полностью погибшие в 1-й год эксперимента. Семена лесоболотного происхождения характеризовались постепенным увеличением числа всходов и более высокой сохранностью сеянцев в течение всего первого года роста, с относительно плавным их отпадом на протяжении последующих лет. Семенам лесостепного происхождения в 1-й год эксперимента было свойственно ускоренное прорастание и высокий начальный прирост сеянцев, но низкая итоговая сохранность. Грунтовая всхожесть семян, динамика прироста сеянцев и их итоговая сохранность значительно более высоки у типичной формы деревьев лиственницы сибирской по сравнению с ее внутривидовыми формами с особенностями морфологии шишек и габитусу. Динамика прироста и сохранность сеянцев соответствуют показателям грунтовой и лабораторной всхожести семян и их массы: максимальные значения этих параметров выявлены в происхождении лиственницы сибирской из более оптимальных суходольного и лесостепного экотопов, а также у типичной формы деревьев.

Ключевые слова: лиственница сибирская, экотипическая и формовая дифференциация, грунтовая всхожесть семян, сохранность и рост сеянцев.

DOI: 10.15372/SJFS20210302

ВВЕДЕНИЕ

Лиственница (*Larix* Mill.) – главная, наиболее распространенная лесообразующая порода России, отличающаяся высоким биологическим разнообразием (Биоразнообразие..., 2010). Многолетний опыт ее выращивания свидетельствует о том, что использование определенных ее видов, экотипов и гибридов в тех или иных эколого-географических условиях является наи-

более эффективным способом создания продуктивных и устойчивых насаждений (Зеленяк и др., 2015; Грибов и др., 2017). Разработаны научно-практические рекомендации по выращиванию лиственницы в различных регионах. Например, в лесостепных районах Южной Сибири рекомендуется создавать искусственные насаждения из семян лиственницы сибирской (*L. sibirica* Ledeb.), собранных в популяциях из подзоны южной тайги и низкогорных районов Ал-

тае-Саянской горной области, где сосредоточен наиболее ценный генофонд вида (Ирошников, 1984). В условиях центральной части Восточно-Европейской равнины (Московская область) целесообразным считается применять лиственницу европейскую (*L. decidua* Mill.), лиственницу Сукачёва (*L. sukaczewii* Ledeb.) и лиственницу сибирскую (Мельник, Карасев, 2005). В Предуралье (Республика Башкортостан) хорошие перспективы имеет семенной материал лиственницы сибирской из Южной Сибири (Республика Хакасия), гибридных форм лиственницы Сукачёва местного происхождения и лиственницы Маргилинда (*L. marschlinsii* Coaz) из Соединенного Королевства Великобритании (Николаева и др., 2019). В регионах Центральной лесостепи (Воронежская область) лучшими таксационными показателями и сохранностью характеризуются лиственница сибирская из Республики Хакасия из южных районов Красноярского края, лиственница европейская и лиственница Сукачёва из стран Балтии (Галдина, Токорева, 2012). На юге Финляндии удовлетворительные показатели роста и сохранности демонстрирует лиственница сибирская из различных районов Сибири и Дальнего Востока (Lukkařinen et al., 2010). В опыте по посевам лиственницы европейской и гибридов лиственницы европейской и лиственницы Кемпфера (*L. kaempferi* (Lamb.) Carrière), осуществленном в Германии и Словакии, установлено, что деревья из Судет превосходят по росту особи из Западных Карпат (Foff et al., 2014).

При создании лесных культур лиственницы возникает естественная необходимость оценки посевных качеств семян. В основном, такие исследования осуществляются в лабораторных условиях на уровне географических и экотопических выборок: анализируются энергия прорастания и всхожесть семян, рентгенографическими методами диагностируется их морфолого-анатомическое строение (Матвеев, Семериков, 1995; Телятников, Пристяжнюк, 1999; Барченков, 2001; Павлов, Миронов, 2003; Седельникова, Пименов, 2006; Ковылина и др., 2012; Милютин и др., 2013; Макаров, 2016).

Достаточно большое внимание уделяется значимым для практики исследованиям, направленным на повышение эффективности приемов предпосевной подготовки семян и технологий выращивания сеянцев лиственницы. В работе по изучению влияния агротехнических приемов на рост 2-летних сеянцев лиственницы сибирской, лиственницы Гмелина (*L. gmelinii* (Rupr.)

Kuzen.), а также лиственницы Чекановского (*L. sibirica* × *L. gmelinii* = *L. czekanowskii* Szafer) в Восточной Сибири (Забайкальский край) показано, что мульчирование посевов, регулярные поливы и внесение удобрений повышают выход посадочного материала и снижают его себестоимость. Установлены оптимальные способы и сроки подготовки семян к посеву, норма высева и другие показатели, влияющие на рост сеянцев (Пак, Бобринев, 2013; Пак и др., 2015). В условиях Средней Сибири (Красноярский край) существенное положительное влияние на грунтовую всхожесть и сохранность сеянцев лиственницы сибирской оказало применение пленочных укрытий посевов, обработка семян стимуляторами роста (Козлова, 1975; Кириенко, Гончарова, 2016). Для регионов Нижнего Поволжья разработан комплекс агротехнических мероприятий по улучшению роста сеянцев лиственницы сибирской, включающий внесение удобрений, стимуляторов роста и микоризацию почвы под посевами, их искусственное освещение (Макаров и др., 2012).

В то же время работы по определению биологических особенностей грунтовой всхожести семян различных видов и происхождений лиственницы и изучению ранних стадий развития сеянцев единичны. Так, в условиях питомника в Средней Сибири проведены опыты с семенным материалом лиственницы сибирской из Республики Хакасия, позволившие оценить грунтовую всхожесть семян и динамику появления всходов в различных вариантах посевов (Буторова, 1983). В Швеции в условиях южной, средней и северной тайги в рамках полевого опыта выполнен анализ ювенильных этапов роста сеянцев лиственницы, выявивший максимальную сохранность лиственницы Сукачева из западных регионов России, а лучший рост – лиственница Гмелина из российского Дальнего Востока (Karlman et al., 2011). Однако исследования динамики прорастания семян и развития сеянцев внутривидовых форм, отдельных экотипов и отклоняющихся от нормального габитуса морфотипов деревьев, которые являются собственно компонентами биологического разнообразия природных популяций лиственницы, не проводились. В настоящем сообщении представлены результаты посевного эксперимента по оценке грунтовой всхожести семян, сохранности и роста сеянцев лиственницы сибирской, представляющих экотипический (популяционный) и формовой (индивидуальный) уровни внутривидовой дифференциации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперимент, заложенный 25–27 мая 2016 г. на опытном участке ИЛ СО РАН в Академгородке г. Красноярск, проводился в течение 4 лет (2016–2019 гг.) для популяционных и индивидуальных выборок семян лиственницы сибирской из экологически контрастных происхождений Сибири – лесоболотного (Томская область, 56°20'40" с. ш., 84°35'33" в. д.), лесостепного (Республика Хакасия, 54°24'04" с. ш., 89°58'05" в. д.; 54°30'54" с. ш., 89°46'57" в. д.) и лесотундрового (Таймырский Долгано-Ненецкий район Красноярского края, 69°28'16" с. ш., 88°30'19" в. д.). В лесотундровом происхождении лиственница сибирская представлена субарктической расой *L. sibirica* var. *polaris* Dylis. Всего было сформировано 12 выборок семян: 5 экотипических популяционных, собранных с 74 деревьев на болоте низинного типа водно-минерального питания (Большое Жуковское болото, согра кедрово-елово-пихтовая травяно-болотная кочкарная, состав древостоя 4КЗЕ1П1Л1Б, далее – болотная согра), с 82 деревьев на смежном с болотом песчаном суходоле (лиственничник разнотравно-зеленомошный с кустарниками, состав древостоя 4Л2П2Е1С1Б ед. К), с 43 деревьев в лесостепи (Ширинская степь, окрестности поселков Туим и Марчелгаш, редкостойный чистый лиственничник разнотравный), с 30 деревьев на каждом из пробных участков в микрорайонах Кайеркан и Оганер (п-ов Таймыр, южное подножие гор Харыялах, окрестности г. Норильска, чистые лиственничники злаково-хвощевые, сфагново-кустарничковые и гипново-кустарничковые); 7 морфотипических индивидуальных, собранных с модельных деревьев: типичной формы; четырех форм, отличающихся морфологическими особенностями шишек – а) крупношишечной, б) мелкошишечной, в) несущей шишки с выступающими кроющими чешуями, г) с нераскрывающимися самостоятельно шишками, из которых семена извлекались принудительно с помощью пинцета; формы с нарушением габитуса – кустовидной, характеризующейся отсутствием главного ствола; формы, несущей «ведьмину метлу» (Ширинская степь, окрестности поселков Туим и Марчелгаш).

Перед проведением посевного эксперимента в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 13056.6-75 (1975) были определены следующие показатели: абсолютная всхожесть семян, масса 1000 шт. полнозернистых семян лиственницы сибирской в образцах, собранных

в Республике Хакасия (лесостепь). Качество семян лесоболотного и лесотундрового происхождения, участвовавших в посевном эксперименте, исследовалось ранее (Седельникова, Пименов, 2006, 2007; Sedel'nikova, Pimenov, 2007). Семена сеяли в бороздки шириной 10 см, на глубину около 1.0 см, в трех повторностях, по 100 шт. для каждой из выборок. Почва на опытном участке дерново-карбонатная слабощелочная супесчаная (Лоскутов, 1991). Общий вид посевного эксперимента представлен на рис. 1.

Исследовались следующие показатели: грунтовая всхожесть семян (динамика в июне-июле и эпизодические замеры в августе–октябре 2016 г.); текущая (2017, 2018 гг.) и итоговая (2019 г.) сохранность сеянцев. Динамика вертикального годовичного прироста сеянцев за 2016, 2017, 2018 гг. определялась на 3-летних сеянцах в учетный период 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного эксперимента выявлено, что в четырех вариантах посевов лиственницы сибирской всхожесть семян и сохранность сеянцев оказались крайне низкими. Единичные ослабленные сеянцы и их полная гибель в 1-й год эксперимента в 2016 г. зафиксированы для двух выборок семян лиственницы сибирской из Таймырского Долгано-Ненецкого района Красноярского края (лесотундра), характеризующегося наиболее экстремальными климатическими условиями и высоким уровнем промышленной загрязненности по сравнению с другими рассмотренными экотопами. Очень низкая всхожесть семян и 100 % отмирание сеянцев в 2016 г. наблюдались для двух выборок семян с деревьев, несущих «ведьмину метлу» и шишки с выступающими кроющими чешуями, из Республики Хакасия (лесостепь). Еще в одном варианте посева – у мелкошишечной формы деревьев – не отмечено ни одного всхода. Высокий уровень отпада сеянцев из семян лиственницы лесотундрового происхождения и ряда ее внутривидовых форм на ранних этапах развития не позволил выполнить их полноценный анализ, поэтому итоговая оценка проведена для семи вариантов выборок семян, удовлетворительно сохранившихся в течение эксперимента. Установлено, что показатели грунтовой всхожести семян в анализируемых выборках лиственницы сибирской низкие: диапазон их изменчивости составляет 5–7 %, а у отдельных форм деревьев – 1–2 %. Для обеих выборок семян из Томской области, как с болотной согры, так и песчаного



Рис. 1. Основные этапы посевного эксперимента с лиственницей сибирской: технологические аспекты закладки опыта (А); сеянцы 1-го (а), 2-го (б) и 3-го (в) годов развития.

суходола, характерны постепенное увеличение числа всходов и более высокая сохранность сеянцев в течение всего 1-го года роста – 5–6 % в 2016 г., с относительно плавным их отпадом на протяжении последующих 3 лет до 2–4 %. При этом более высокие значения всхожести семян и сохранности сеянцев на протяжении всего эксперимента наблюдаются у лиственницы с суходола по сравнению с болотной согрой (рис. 2).

В то же время семенам лиственницы из Республики Хакасия (лесостепь) свойственны ускоренное прорастание, вероятно, свидетельствующее о меньшей глубине покоя семян, и более низкая сохранность сеянцев – с 7 % в 2016 г. до 1 % в 2019 г.

Вероятно, семена лиственницы различного происхождения имеют неодинаковую «стратегию» прорастания, что подтверждается данными

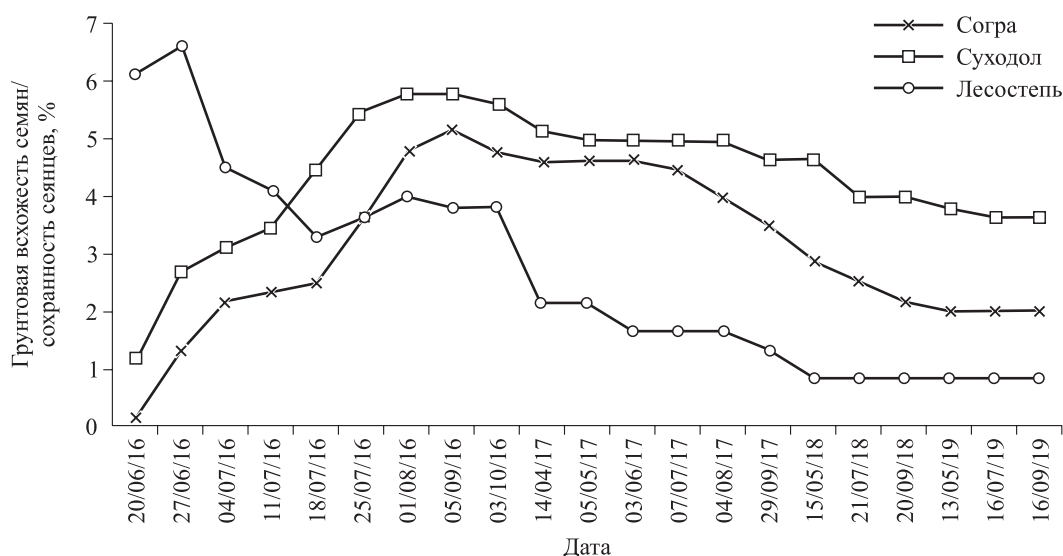


Рис. 2. Всхожесть семян и сохранность сеянцев экотипов лиственницы сибирской.

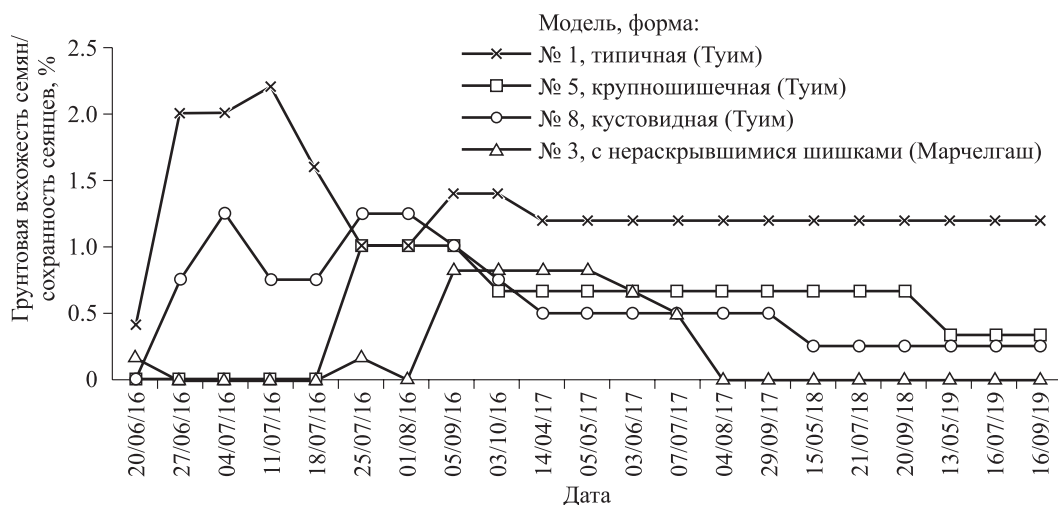


Рис. 3. Всхожесть семян и сохранность сеянцев внутривидовых форм лиственницы сибирской.

других авторов. Так, для лиственницы сибирской на северном пределе ее ареала в Западной Сибири длительность прорастания семян зависит от местообитания материнского древостоя (Телятников, Пристяжнюк, 1999). Параметры качества семян, собранных на полярной границе лесов на юге п-ова Ямал, в значительной степени зависят от условий произрастания материнских деревьев (Матвеев, Семерилов, 1995). Исследованы три варианта всхожести семян и сохранности сеянцев различных форм деревьев лиственницы сибирской (рис. 3).

Первый вариант, характерный для типичной формы, отличается более высокой массовой всхожестью семян, выраженным отпадом сеянцев к концу 1-го года роста и стабильной сохранностью перезимовавших растений на протяжении всего дальнейшего эксперимента. Второй вариант, представленный на примере кустовидной формы, отражает наличие двух и более «волн» прорастания семян, свидетельствующих о поливариантности глубины их покоя. Для третьего варианта, диагностированного у форм с особенностями морфологии шишек – крупношишечной и с нераскрывающимися шишками, свойственны большая глубина покоя, пониженная всхожесть семян и низкая сохранность сеянцев (у формы с нераскрывающимися шишками все сеянцы погибли на 2-й год эксперимента, в 2017 г.). Указанные формовые различия отчетливо проявляются в 1-й год посевного эксперимента, на протяжении дальнейших 3 лет наблюдается лишь постепенное отмирание сеянцев, с наибольшей итоговой их сохранностью у типичной формы.

Диагностированная в ходе эксперимента грунтовая всхожесть семян была существенно ниже по сравнению с определенной для данных происхождений всхожестью, полученной

в лабораторных условиях, низкие значения которой (10–15 %) установлены для семян с деревьев, растущих в лесотундре в окрестностях г. Норильска в микрорайонах Кайеркан и Оганер (Седельникова, Пименов, 2007; Sedel'nikova, Pimenov, 2007). Средние значения лабораторной всхожести для семян болотного экотипа составляли 48.7 ± 3.1 %, суходольного – 32.3 ± 1.6 % (Седельникова, Пименов, 2006); для семян лесостепного происхождения лиственницы из Республики Хакасия – 53 % для дерева типичной формы и 11–14 % для внутривидовых форм с особенностями морфологии шишек и габитуса.

Экотипические и формовые особенности всхожести семян лесоболотного (Томская область) и лесостепного (Республика Хакасия) происхождений соответствуют также диагностированным для данных выборок различиям в массе семян. У суходольного экотипа, выделяющегося в проведенном посевном эксперименте более высокими значениями сохранности и прироста сеянцев по сравнению с болотным экотипом, показатели массы семян оказались также существенно выше, составляя соответственно 12.1 и 10.2 г (Седельникова, Пименов, 2006). У типичной формы лесостепного происхождения, сеянцы которой в эксперименте отличаются лучшими показателями сохранности и прироста, семена имеют не только более высокую грунтовую и лабораторную всхожесть, но и массу (10.4 г) по сравнению с внутривидовыми формами с особенностями морфологии шишек и габитуса (6.0–7.3 г).

Цитогенетический анализ проростков семян лиственницы сибирской, участвовавших в посевном эксперименте у форм деревьев из Республики Хакасия с особенностями морфологии шишек и габитуса, а также несущих «ведьмину

метлу» показал изменчивость числа хромосом (миксоплоидия) и хромосомные перестройки, не наблюдающиеся у типичных деревьев (Седельникова, Пименов, 2017). Ранее в семенном потомстве деревьев из Таймырского Долгано-Ненецкого района Красноярского края выявлено свыше 37 % проростков семян с миксоплоидией и хромосомными перестройками (Седельникова, Пименов, 2007; Sedel'nikova, Pimenov, 2007). Наличие хромосомных нарушений, очевидно, может быть связано с пониженной всхожестью и более низкой массой семян у таких деревьев. Более низкая всхожесть семян, в проростках которых имеются хромосомные нарушения, установлена и для других видов хвойных (Владимирова, Дмитриева, 2000; Пименов и др., 2009).

Выявленная в ходе эксперимента экотопическая и формовая дифференциация качества семян лиственницы сибирской согласуется с данными других авторов, свидетельствующими о низкой всхожести ее семян. Согласно В. Н. Сукачеву (1934), средняя всхожесть семян лиственницы сибирской – менее 20 %, что считается характерным для данного вида. Установлено, что в условиях Средней Сибири грунтовая всхожесть семян составляет 5–25 % (Козлова, 1975; Буторова, 1983). У деревьев из зоны лесотундры в Западно-Сибирском секторе Арктики преобладают семена с низкими показателями всхожести (от 0 до 20 %), определенной в лабораторных условиях. При этом индивидуальные различия между деревьями по всхожести продуцируемых семян очень велики – коэффициент вариации этого показателя превышает 60 % (Матвеев, Семериков, 1995). В северных районах Западной Сибири всхожесть семян колеблется от 0.5 до 28 % (Телятников, Пристяжнюк, 1999). Высокая степень изменчивости качества семян отмечена также в популяциях лиственницы юга Сибири, в которых значения лабораторной всхожести варьируют от 17 до 73 % (Милютин и др., 2013). Основные причины, влияющие на семенную продуктивность и качество семян лиственницы сибирской, связывают с особенностями процесса микроспорогенеза (сроками прохождения мейоза, наличием мейотических аномалий, фенологией пыления, качеством пыльцы) в условиях изменения температуры воздуха в осенне-зимний период, наблюдаемых в последние годы на территории Сибири (Рождественский, Семериков, 1995; Третьякова и др., 2006).

К числу важных показателей внутривидовой дифференциации хвойных относятся не только всхожесть семян и сохранность сеянцев, но и их ростовые характеристики (рис. 4), в первую оче-

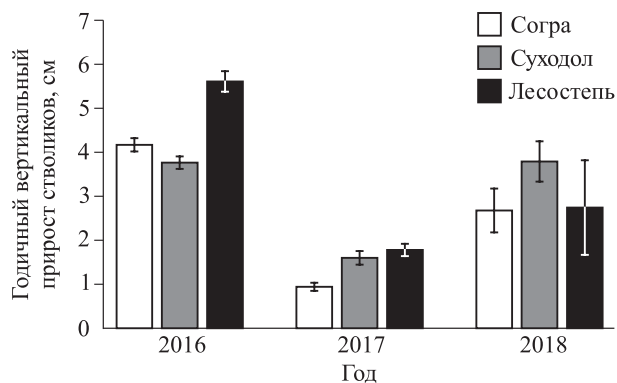


Рис. 4. Прирост сеянцев экотопов лиственницы сибирской.

редь вертикальный годичный прирост побегов (Пименов и др., 2004).

Оказывается, что в 1-й год эксперимента приросты максимальны, при этом значительно более высокие в лесостепном экотипе, болотный и суходольный экотипы различаются незначительно. В посевном эксперименте, проведенном в 1982 г. в условиях Средней Сибири (питомник Караульного лесничества учебно-опытного лесхоза СТИ), приросты в высоту однолетних сеянцев лиственницы сибирской из Республики Хакасия имели сходное значение, варьируя от 42 до 50 мм (Буторова, 1983).

Во 2-й год эксперимента приросты снижаются в 2–4 раза (с 42 до 10 мм), особенно у сеянцев, сформировавшихся из семян с болотной согры. На 3-й год приросты увеличиваются, наблюдается дифференциация между выборками по их абсолютным значениям и индивидуальной изменчивости у сеянцев в пределах одной выборки: в суходольном экотипе приросты максимальные, в лесостепном выявлена наибольшая индивидуальная изменчивость сеянцев.

Рассмотрим динамику годичных приростов у сеянцев внутривидовых деревьев форм лиственницы сибирской (рис. 5).

Годичный прирост сеянцев формы с нераскрывающимися шишками на рисунке не отображен, поскольку они погибли в 2017 г., а замеры проводились в 2018 г. На протяжении всего эксперимента максимальные приросты наблюдались у сеянцев типичной формы. Индивидуальная изменчивость абсолютных значений приростов ежегодно увеличивалась. При этом у сеянцев крупношишечной и кустовидной форм они различались между собой незначительно (несколько выше в течение всего эксперимента были у крупношишечной формы). Трехлетняя динамика абсолютных приростов у сеянцев всех изученных форм деревьев аналогична анали-

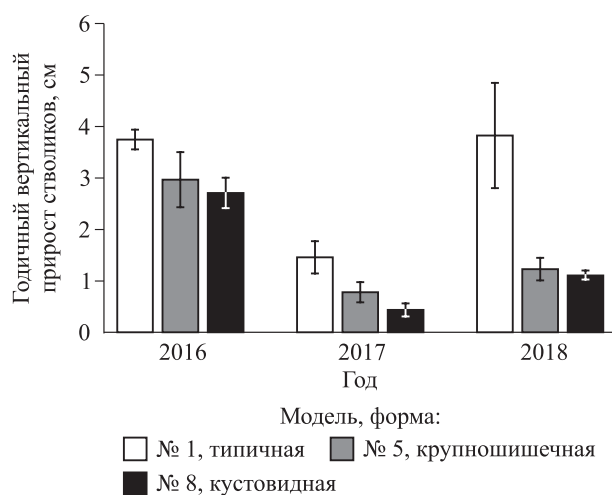


Рис. 5. Прирост сеянцев внутривидовых форм лиственницы сибирской.

зированным выше экотипическим выборкам: максимальные значения наблюдаются в 1-й год, существенное снижение – во 2-й и усиление ростовых процессов – на 3-й год эксперимента.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате 4-летнего посевного эксперимента по оценке грунтовой всхожести семян и развития сеянцев лиственницы сибирской на уровне популяционных и индивидуальных выборок выявлены следующие особенности:

1. Основные закономерности внутривидовой изменчивости качества семян проявляются в первые 2 года посевного эксперимента.

2. Грунтовая всхожесть семян лесоболотного, лесостепного и лесотундрового происхождения имеет существенные различия, по всей вероятности, определяемые условиями произрастания материнских древостоев.

3. Семена различного происхождения имеют неодинаковую «стратегию» прорастания. Из семян лесотундрового происхождения сформировались единичные ослабленные сеянцы, полностью погибшие в 1-й год эксперимента. Семена лесоболотного происхождения характеризовались постепенным увеличением числа всходов и более высокой сохранностью сеянцев в течение всего 1-го года роста, с относительно плавным их отпадом на протяжении последующих лет. Семенам лесостепного происхождения в 1-й год эксперимента было свойственно ускоренное прорастание и высокий начальный прирост сеянцев, при их низкой итоговой сохранности.

4. Грунтовая всхожесть семян, динамика прироста сеянцев и их итоговая сохранность харак-

теризуются более высокими значениями у типичной формы деревьев по сравнению с внутривидовыми формами с особенностями морфологии шишек (крупношишечной, с нераскрывающимися шишками) и габитуса (кустовидной). Возможно, это связано с наличием клеток с хромосомными нарушениями, диагностированными в проростках семян данных форм деревьев.

5. Динамика прироста и сохранность сеянцев соответствуют показателям грунтовой и лабораторной всхожести семян и их массы. Максимальные значения этих параметров выявлены в происхождениях растений из более оптимальных суходольного и лесостепного экотопов, а также у типичной формы деревьев.

Исследование проведено в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН № 0356-2021-0009 «Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Барченков А. П. Изменчивость показателей качества семян лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в бассейне реки Енисей // Вестн. КрасГАУ. 2001. № 7 (58). С. 107–111 [Barchenkov A. P. Izmenchivost pokazately kachestva semyan listvennitsy sibirskoy (*Larix sibirica* Ledeb.) v bassejne reki Yenisey (Variability of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) seed quality indicators in the Yenisei river basin) // Vestn. KrasGAU (Bull. Krasnoyarsk St. Agr. Univ.). 2001. N. 7 (58). P. 107–111 (in Russian with English abstract)].
- Биоразнообразие лиственниц Азиатской России / отв. ред. С. П. Ефремов, Л. И. Милютин. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2010. 159 с. [Bioraznoobrazie listvennitsy Aziatskoy Rossii (Larch biodiversity of Asian Russia) / S. P. Efremov, L. I. Milyutin (Eds.). Novosibirsk: Akad. izd-vo «Geo» (Geo Acad. Publ.), 2010. 159 p. (in Russian with English abstract)].
- Буторова О. Ф. Выращивание сеянцев лиственницы сибирской // Лиственница (проблемы комплексной переработки): межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КПИ, 1983. С. 36–40 [Butorova O. F. Vyrashchivanie seyantsev listvennitsy sibirskoy (Growing of the Siberian larch seedlings) // Listvennitsa (problemy kompleksnoy pererabotki). Mezhhvuz. sb. nauch. tr. (Larch (problems of complex processing). Inter Higher Educ. Inst. Coll. Sci. Works). Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Polytech. Inst., 1983. P. 36–40 (in Russian)].
- Владимирова О. С., Дмитриева Л. В. Добавочные хромосомы у ели сибирской в Приенисейской Сибири // Сохранение биологического разнообразия Приенисейской Сибири: материалы Первой межрегион. науч.-практ. конф. Ч. 2. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2000. С. 18–20 [Vladimirova O. S., Dmitrieva L. V. Dobavochnye khromosomy u eli sibirskoy v Prieniseyskoy Sibiri (Additional chromosomes of the Siberian

- spruce in Cis-Yenisei Siberia) // Sokhranenie biologicheskogo raznoobraziya Prieniseyskoy Sibiri. Mat-ly Pervoy mezhr. nauch.-prakt. konf. (Conservation of biological diversity of Cis-Yenisei Siberia. Proc. First interregional sci-pract. conf.). Part 2. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk gos. un-t (Krasnoyarsk St. Univ.), 2000. P. 18–20 (in Russian)].
- Галдина Т. Е., Токорева М. О. Современное состояние географических культур лиственницы в центральной лесостепи // Лесотех. журн. 2012. № 1 (5). С. 95–99 [Galdina T. E., Tokoreva M. O. Sovremennoe sostoyanie geograficheskikh kultur listvennitsy v tsentralnoy lesostepi (The current state of geographical larch crops in the central forest-steppe) // Lesotekh. zhurn. (For. Engineer. J.). 2012. N. 1 (5). P. 95–99 (in Russian with English abstract)].
- ГОСТ 13056.6-75. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. М., 1975. 37 с. [GOST 13056.6-75. Semena derevev i kustarnikov. Metody opredeleniya vskhozhesti (GOST 13056.6-75. Seeds of trees and shrubs. Methods for determining germination). Moscow, 1975. 37 p. (in Russian)].
- Грибов С. Е., Карбасников А. А., Карбасникова Е. Б., Корчагов С. А. Оценка перспективности использования лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в озеленении г. Вологды // ИВУЗ. Лесн. журн. 2017. № 2 (356). С. 95–106 [Gribov S. E., Karbasnikov A. A., Karbasnikova E. B., Korchagov S. A. Otsenka perspektivnosti ispolzovaniya listvennitsy sibirskoy (*Larix sibirica*) v ozelenenii g. Vologdy (Prospective assessment of Siberian larch (*Larix sibirica*) in the landscaping of the city of Vologda) // IVUZ. Lesn. zhurn. (For. J.). 2017. N. 2 (356). P. 95–106 (in Russian with English abstract)].
- Зеленяк А. К., Иоюз А. П., Морозова Е. В. Особенности адаптации лиственницы сибирской к условиям сухой степи Нижнего Поволжья // Соврем. пробл. науки и образ. 2015. № 5. С. 635–641 [Zelenyak A. K., Iozus A. P., Morozova E. V. Osobennosti adaptatsii listvennitsy sibirskoy k usloviyam sukhoy stepi Nizhnego Povolzhya (Features of adaptation of Siberian larch in the conditions dry steppe of the Lower Volga region) // Sovrem. Probl. nauki i obraz. (Contemporary problems of science and education). 2015. N. 5. P. 635–641 (in Russian with English abstract)].
- Ирошников А. И. Интродукция лиственницы в Южной Сибири // Изменчивость и интродукция древесных растений. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1984. С. 19–31 [Iroshnikov A. I. Introduktsiya listvennitsy v Yuzhnoy Sibiri (Introduction of larch in Southern Siberia) // Izmenchivost i introduktsiya drevesnykh rasteniy. (Variability and introduction of woody plants. Coll. articles). Krasnoyarsk: In-t lesa i drevesiny im. V. N. Sukacheva SO AN SSSR (V. N. Sukachev Inst. For. & Timber, Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1984. P. 19–31 (in Russian)].
- Кириенко М. А., Гончарова И. А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов Средней Сибири // Сиб. лесн. журн. 2016. № 1. С. 39–45 [Kirienko M. A., Goncharova I. A. Vliyanie kontsentratsii stimulyatorov rosta na gruntovuyu vskhozhest' semyan i sokhrannost' seyantsev glavnykh lesoobrazuyushchikh vidov Sredney Sibiri (The influence of growth different concentrations on ground seed germination and survival of seedlings of the main forest forming species of Central Siberia) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2016. N. 1. P. 39–45 (in Russian with English abstract)].
- Ковылина О. П., Ковылин Н. В., Познахирко П. Ш., Юркевич О. В. Особенности семеношения лиственницы сибирской в искусственных фитоценозах лесостепи // Актуальные проблемы лесн. комплекса. 2012. Вып. 31. С. 36–39 [Kovylyina O. P., Kovylin N. V., Poznakhirko P. Sh., Yurkevich O. V. Osobennosti semenosheniya listvennitsy sibirskoy v iskusstvennykh fitotsenozakh lesostepi (Features of Siberian larch seed production in artificial phytocenoses of the forest-steppe) // Aktualnye problemy lesnogo kompleksa (Actual problems of forest complex). 2012. Iss. 31. P. 36–39 (in Russian with English abstract)].
- Козлова Л. Н. Всхожесть семян лиственницы сибирской в пленочных укрытиях // Лиственница: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибТИ, 1975. Т. 6. С. 33–39 [Kozlova L. N. Vskhozhest semyan listvennitsy sibirskoy v plenochnykh ukrytiyakh (Seed germination of Siberian larch in film shelters) // Listvennitsa. Mezhd. sb. nauch. tr. (Larch. Inter Higher Educ. Inst. Coll. Sci. Works). Krasnoyarsk: Sib. St. Inst. Technol., 1975. V. 6. P. 33–39 (in Russian)].
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с. [Loskutov R. I. Introduktsiya dekorativnykh drevesnykh rasteniy v yuzhnoy chasti Sredney Sibiri (Introduction of ornamental woody plants in the southern part of Central Siberia). Krasnoyarsk: In-t lesa i drevesiny im. V. N. Sukacheva SO AN SSSR (V. N. Sukachev Inst. For. & Timber, Sib. Br. USSR Acad. Sci.), 1991. 189 p. (in Russian)].
- Макаров В. М., Зеленяк А. К., Иоюз А. П. Технология выращивания лиственницы сибирской // Совр. пробл. науки и образов. 2012. № 6. С. 1–7 [Makarov V. M., Zelenyak A. K., Iozus A. P. Tekhnologiya vyrashchivaniya listvennitsy sibirskoy (Technology of cultivation of the *Larix sibirica*) // Sovr. probl. nauki i obrazov. (Modern probl. sci. educ.). 2012. N. 6. P. 1–7 (in Russian with English abstract)].
- Макаров В. П. Посевные качества семян лиственницы в Забайкальском крае // ИВУЗ. Лесн. журн. 2016. № 1. С. 66–73 [Makarov V. P. Posevnyye kachestva semyan listvennitsy v Zabaykalskom krae (Larch seeds qualities in Zabaikalsky Krai) // IVUZ. Lesn. zhurn. (For. J.). 2016. N. 1. P. 66–73 (in Russian with English abstract)].
- Матвеев А. В., Семериков Л. Ф. Изменчивость качества семян лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на полярной границе леса // Экология. 1995. № 1. С. 13–19 [Matveev A. V., Semerikov L. F. Izmenchivost kachestva semyan listvennitsy sibirskoy (*Larix sibirica* Ledeb.) na polyarnoy granitse lesa (Variability of seed quality of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) at the polar border of the forest) // Ekologiya (Ecology). 1995. N. 1. P. 13–19 (in Russian with English abstract)].
- Мельник П. Г., Карасев Н. Н. Результаты интродукции лиственницы Северо-Восточного Подмосковья // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2005. № 2. С. 36–40 [Melnik P. G., Karasev N. N. Rezultaty introduktsii listvennitsy Severo-Vostochnogo Podmoskovya (The results of larch introduction to the north-east of the Moscow region) // Vestnik MGUL – Lesn. vestn. (Bull. Moscow St. For.

- Univ. – For. Bull.). 2005. N. 2. P. 36–40 (in Russian with English abstract)].
- Милютин Л. И., Жамъянсурен С., Барченков А. П., Новикова Т. Н., Бужинлхам Ц. Изменчивость качества семян лиственницы и сосны в Монголии и прилегающих районах России // Лесоведение. 2013. № 1. С. 3–8 [Milyutin L. I., Zhamyansuren S., Barchenkov A. P., Novikova T. N., Buzhinlkhram Ts. Izmenchivost kachestva semyan listvennitsy i sosny v Mongolii i prilgayushchikh rayonakh Rossii (Variability of seed quality in Siberian larch and Scots pine in Mongolia and adjacent regions of Russia) // Lesovedenie (For. Sci.). 2013. N. 1. P. 3–8 (in Russian with English abstract)].
- Николаева М. А., Орлова Л. В., Крестьянов А. А., Каматов Д. Н. Географическая изменчивость лиственницы в опытных лесных культурах Республики Башкортостан // Сиб. лесн. журн. 2019. № 1. С. 30–43 [Nikolaeva M. A., Orlova L. V., Krest'yanov A. A., Kamatov D. N. Geograficheskaya izmenchivost listvennitsy v opytnykh lesnykh kulturakh Respubliki Bashkortostan (Geographic variability of larch in the experimental forest crops of the Republic of Bashkortostan) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2019. N. 1. P. 30–43 (in Russian with English abstract)].
- Павлов И. Н., Миронов А. Г. Динамика посевных качеств семян *Larix sibirica* Ledeb. в насаждениях юга Сибири с 1936 по 2000 гг. // Хвойные бореальные зоны. 2003. Т. 21. Вып. 1. С. 14–21 [Pavlov I. N., Mironov A. G. Dinamika posevnykh kachestv semyan *Larix sibirica* Ledeb. v nasazhdeniyakh yuga Sibiri s 1936 po 2000 gg. (Dynamics of sowing qualities of *Larix sibirica* Ledeb. seeds of in the stands of the south of Siberia, 1936–2000) // Khvoynye borealnoy zony (Coniferous of the Boreal Zone). 2003. V. 21. Iss. 3. P. 14–21 (in Russian with English abstract)].
- Пак Л. Н., Бобринев В. П. Особенности выращивания сеянцев лиственницы в питомниках Байкальского бассейна // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 12. С. 157–161 [Pak L. N., Bobrinev V. P. Osobennosti vyrashchivaniya seyantsev listvennitsy v pitomnikakh Baykalskogo basseyna (Peculiarities of larch tree seedling growth in the Baikal basin arboreta) // Vestn. KrasGAU (Bull. Krasnoyarsk St. Agr. Univ.). 2013. N. 12. P. 157–161 (in Russian with English abstract)].
- Пак Л. Н., Бобринев В. П., Банищикова Е. А. Особенности выращивания культур лиственницы Чекановского в Забайкальском крае // Междунар. журн. прикл. и фундамент. иссл. 2015. № 2–1. С. 91–95 [Pak L. N., Bobrinev V. P., Bانشchikova E. A. Osobennosti vyrashchivaniya kultur listvennitsy Chekanovskogo v Zabaykalskom krae (Features of cultivation of the Chekanovsky larch in Zabaikalsky Krai) // Mezhdunar. zhurn. prikl. i fundament. issl. (Int. J. Appl. Fundament. Res.). 2015. N. 2–1. P. 91–95 (in Russian with English abstract)].
- Пименов А. В., Седельникова Т. С., Ефремов С. П. Анализ посевных качеств семян и начальных этапов развития *Pinus sylvestris* L. в различных местообитаниях // Раст. ресурсы. 2004. Т. 40. Вып. 2. С. 42–52 [Pimenov A. V., Sedel'nikova T. S., Efremov S. P. Analiz posevnykh kachestv semyan i nachal'nykh etapov razvitiya *Pinus sylvestris* L. v razlichnykh mestoobitaniyakh (Analysis of sowing qualities of seeds and the first stage of *Pinus sylvestris* L. development in different ecotopes) // Rast. resursy (Plant res.). 2004. V. 40. Iss. 2. P. 42–52 (in Russian with English abstract)].
- Пименов А. В., Седельникова Т. С., Муратова Е. Н. Индивидуальная изменчивость качественных характеристик семенного потомства *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* на евтрофном болоте // Бот. журн. 2009. Т. 94. № 10. С. 1549–1554 [Pimenov A. V., Sedel'nikova T. S., Muratova E. N. Individualnaya izmenchivost kachestvennykh kharakteristik semennogo potomstva *Picea obovata* i *Pinus sylvestris* na evtrofnom bolote (Individual variability of qualitative characteristics of *Picea obovata* and *Pinus sylvestris* (Pinaceae) seedlings in eutrophic bog) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 2009. V. 94. N. 10. P. 1549–1554 (in Russian with English abstract)].
- Рождественский Ю. Ф., Семериков Л. Ф. Микроспорогенез лиственницы сибирской в Западно-Сибирском Заполярье // Экология. 1995. № 4. С. 263–267 [Rozhdestvenskiy Yu. F., Semerikov L. F. Mikrosporigenez listvennitsy sibirskoy v Zapadno-Sibirskom Zapolyarye (Microsporogenesis of Siberian larch in the West Siberian Arctic) // Ekologiya (Ecology). 1995. N. 4. P. 263–267 (in Russian with English abstract)].
- Седельникова Т. С., Пименов А. В. Репродуктивные показатели хвойных в болотной согре и на суходоле // Вестн. экол., лесовед. и ландшафтовед. 2006. № 7. С. 116–121 [Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V. Reproductivnye pokazateli khvoynykh v bolotnoy sogre i na sukhodole (Reproductive indices of conifers in swamp-subor and on dry land) // Vestn. ecol., lesoved. i landshaftoved. (Bull. Ecol., For. Sci. and Landscape Sci.). 2006. N. 7. P. 116–121 (in Russian with English abstract)].
- Седельникова Т. С., Пименов А. В. Хромосомные мутации у лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на Таймыре // Изв. РАН. Сер. биол. 2007. № 2. P. 244–247 [Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V. Khromosomnye mutatsii u listvennitsy sibirskoy (*Larix sibirica* Ledeb.) na Taymyre (Chromosomal mutations in Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) on Taimyr Peninsula) // Izv. RAN. Ser. biol. (Proc. Rus. Acad. Sci. Ser. Biol.). 2007. N. 2. P. 244–247 (in Russian with English abstract)].
- Седельникова Т. С., Пименов А. В. Числа хромосом форм *Larix sibirica* (Pinaceae) в Ширинской степи Республики Хакасия // Бот. журн. 2017. Т. 102. № 5. С. 693–697 [Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V. Chisla khromosom form *Larix sibirica* (Pinaceae) v Shirinskoy stepi Respubliki Khakasiya (Chromosome numbers of *Larix sibirica* (Pinaceae) forms in the Shira steppe of the Republic of Khakassia) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 2017. V. 102. N. 5. P. 693–697 (in Russian with English abstract)].
- Сукачев В. Н. Что такое фитоценоз? // Сов. бот. 1934. № 5. С. 4–18 [Sukachyov V. N. Chto takoye fitotsenoz? (What is a phytocenosis?) // Sov. bot. 1934. N. 5. P. 4–18 (in Russian)].
- Телятников М. Ю., Пристяжнюк С. А. Особенности прорастания семян лиственницы сибирской на северном пределе ее ареала в Западной Сибири // Лесоведение. 1999. № 4. С. 73–76 [Telyatnikov M. Yu., Prist'yazhnyuk S. A. Osobennosti prorastaniya semyan listvennitsy sibirskoy na severnom predele ee areala v Zapadnoy Sibiri (Features of seed germination of the Siberian larch at the northern limit of its range in Western Siberia) // Lesovedenie (For. Sci.). 1999. N. 4. P. 73–76 (in Russian with English abstract)].

- Третьякова И. Н., Баранчиков Ю. Н., Буглова Л. В., Белоруссова А. С., Романова Л. И. Особенности формирования генеративных органов листовенницы сибирской и их морфогенетический потенциал // Усп. совр. биол. 2006. Т. 126. № 5. С. 472–480 [Tretyakova I. N., Baranchikov Yu. N., Buglova L. V., Belorussova A. S., Romanova L. I. Osobennosti formirovaniya generativnykh organov listvennitsy sibirskoy i ikh morfogeneticheskiiy potentsial (Features of forming Siberian larch generative organs and their morphogenetic potential) // Usp. sov. Boil. (Succes. contemp. biol.). 2006. V. 126. N. 5. P. 472–480 (in Russian with English abstract)].
- Foff V., Weiser F., Foggová E., Gömöry D. Growth response of European larch (*Larix decidua* Mill.) populations to climate transfer // *Silvae Genet.* 2014. V. 63. N. 1–2. P. 67–75.
- Karlman L., Fries A., Martinsson O., Westin J. Juvenile growth of provenances and open pollinated families of four Russian larch species (*Larix* Mill.) in Swedish field tests // *Silvae Genet.* 2011. V. 60. N. 5. P. 165–177.
- Lukkarinen A. J., Ruotsalainen S., Nikkanen T., Peltola H. Survival, height growth and damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) larch provenances in field trials located in southern and northern Finland // *Silva Fenn.* 2010. V. 44. N. 5. P. 727–747.
- Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V. Chromosomal mutations in Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) on Taimyr Peninsula // *Biol. Bull.* 2007. V. 34. N. 2. P. 198–201 (Original Russian Text © T. S. Sedel'nikova, A. V. Pimenov, 2007, publ. in *Izvestiya RAN. Ser. biol.* 2007. N. 2. P. 244–247).

INTRASPECIFIC VARIABILITY OF SEED QUALITY AND SEEDLING DEVELOPMENT OF *LARIX SIBIRICA* LEDEB. IN A SOWING EXPERIMENT

A. V. Pimenov, A. S. Aver'yanov, T. S. Sedel'nikova

V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

E-mail: pimenov@ksc.krasn.ru, alexey.averyanov.92@mail.ru, tss@ksc.krasn.ru

The results of a sowing experiment to assess the field germination of seeds, preservation and growth of seedlings of the Siberian larch *Larix sibirica* Ledeb., representing ecotypic (population) and form (individual) levels of intraspecific differentiation, are presented. The experiment was conducted for 4 years (2016–2019) at the experimental site of V. N. Sukachev Institute of Forest, Rus. Acad. Sci., Sib. Br., in Akademgorodok, the city of Krasnoyarsk for population and individual samples of the Siberian larch seeds from ecologically contrasting origins of Siberia – forest-swamp (Tomsk region), forest-steppe (Republic of Khakassia) and forest-tundra (Taimyr Dolgan-Nenets district of Krasnoyarsk territory). Field germination of seeds, dynamics of vertical annual growth of seedlings, their current and final safety were determined. It was found that the main features of intraspecific variability in the quality of the Siberian larch seeds appear in the first two years of the experiment. The Siberian larch seeds of different origin have different “strategy” of germination, determined by the habitat conditions of the parent stands. From the seeds of forest-tundra origin, single weakened seedlings were formed, which completely died in the first year of the experiment. Seeds of forest-swamp origin were characterized by a gradual increase in the number of seedlings and a higher safety of seedlings throughout the first year of growth, with a relatively smooth death over the following years. Seeds of forest-steppe origin in the first year of the experiment were characterized by accelerated germination and high initial growth of seedlings, but their final safety was low. Field seed germination, dynamics of seedling growth and their final preservation are characterized by significantly higher values in the typical form of the Siberian larch trees, compared with its intraspecific forms with features of cone morphology and habitus. The dynamics of growth and safety of seedlings correspond to the indicators of field and laboratory germination of seeds and their mass: the maximum values of these parameters were found in the origin of the Siberian larch from more optimal dry-steppe and forest-steppe ecotopes, as well as in the typical tree form.

Keywords: *Siberian larch, ecotypic and form differentiation, field germination of seeds, safety and growth of seedlings.*

How to cite: Pimenov A. V., Aver'yanov A. S., Sedel'nikova T. S. Intraspecific variability of seed quality and seedling development of *Larix sibirica* Ledeb. in a sowing experiment // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 3. P. 17–26 (in Russian with English abstract and references).