

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДОВ СИБИРИ

© Л .И. Романова, И.Н. Третьякова УДК 630.181.62:582.475.2(571.51)
Сибирский государственный технологический университет, Институт леса РАН им. Сукачева

Были изучены лиственничные насаждения в техногенных зонах г. Красноярска. Жизненное состояние деревьев, в основном, удовлетворительное. Одним из сигналов техногенного эффекта на *Larix sibirica* является изменение морфоструктуры кроны: уменьшение апикальной доминантности, изменение формы ствола. Климатические факторы оказывают большее влияние на генеративные органы, чем техногенные. Обильное пыление, высокие урожаи шишек и формирование полных семян наблюдались в отдельные годы. Формировалось большое количество пустых семян. Таким образом, *Larix sibirica* является устойчивым видом на экологический стресс. Авторы рекомендуют использование этого вида в озеленении сибирских городов.

The larch stands in technogenic zones of Krasnoyarsk were studied. The trees look satisfactory. One technogenic effect on *Larix sibirica* is the change of crown morphologic structure: decrease of apical dominancy, change of stem shape. The climatic factors influence the generative organs more than technogenic factors do. Abundant pollination, good yield of cones and full seeds are observed for a number of years. Other years, there were many empty seeds. It means that *Larix sibirica* is ecological stress-resistant. We recommend using this species in gardening Siberian cities.

Лиственница сибирская, одна из основных лесообразователей Сибири, является декоративным видом, широко применяется в озеленении городов и в зеленом садово-парковом строительстве. Однако до сих пор остается неизвестной перспектива разведения лиственницы в городских условиях, где очень сильно сказывается техногенная нагрузка на древесные организмы (Григорьев и др., 1997).

Настоящая работа посвящена выявлению возможных изменений в вегетативных и генеративных органах лиственницы сибирской под влиянием техногенного загрязнения в г. Красноярске и его окрестностях. С этой целью проводилась оценка жизненного состояния деревьев лиственницы сибирской по показателям морфоструктуры кроны и состоянию генеративных органов, произрастающих в разных

районах города.

Материалы и методика. Исследование лиственницы сибирской в возрасте 20-40 лет проводилось в озеленительных посадках г. Красноярска, растущих в загрязненных районах города (участки № 1-6). В качестве контроля были взяты насаждения лиственницы, произрастающие в окрестностях г. Красноярска - район Академгородка - участок № 7 (3 км на запад от г. Красноярска) и район Погорельского опытно-экспериментального пункта (ОЭП) - участок № 8 (38 км на север от г. Красноярска).

В каждом из перечисленных выше насаждений проводилась оценка жизненного состояния деревьев по методу В.А. Алексеева (1989). Расчет индексов жизненного состояния насаждений по числу деревьев производится по формуле:

$$I_{\text{ж}} = \frac{100 * p_1 + 70 * p_2 + 40 * p_3 + 5 * p_4}{N}$$

где $I_{\text{ж}}$ - относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по числу деревьев; p_1 - число здоровых деревьев, p_2 - ослабленных, p_3 - сильно ослабленных, p_4 - отмирающих деревьев в т.ч. сухостой; N - общее число деревьев.

Для изучения морфоструктуры кроны у 25-30 деревьев на каждом участке определялись таксационные показатели (высота дерева м, диаметр ствола на 1,3 м высоты, размер проекции кроны (С-Ю, 3-В), длина кроны м, угол прикрепления ветвей первого порядка к стволу). Также выявлялась степень апикального доминирования (отношение длины лидерного побега по отношению к боковым в верхней мутовке) (Третьякова, Бажина 1999).

Для оценки жизнеспособности генеративных органов был проведен сбор пыльцы и шишек в каждом из насаждений с 25 деревьев в течение 4 лет с 1999 г. по 2002 г. Для характеристики пыльцы проводились замеры пыльцевых зерен по диаметру и тестирование ее на содержание крахмала (Поддубная-Арнольди и др. 1961). Количественную оценку проводили визуально по интенсивности окрашивания в процентах. Материал просматривали на микроскопах МБИ-6.

Для оценки семенной продуктивности шишек был проведен анализ структуры урожая по методу Д.А.Сабинина (1971), разработанному для злаковых культур, а затем модифицированному для хвойных (Минина, Третьякова 1983).

Качество семян оценивали рентгенографическим методом (Щербакова 1965, ОСТ №56-94-87,1983).

Результаты. Анализ жизненного состояния насаждений лиственницы сибирской в г. Красноярске и его окрестностях показал, что наиболее здоровые, стройные деревья произрастают на участках № 7 и № 8. Деревья лиственницы, не имеющие значительных внешних повреждений кроны, ствола и хвои составили на данных участках- 96,4% и 94% соответственно.

Жизненное состояние деревьев, произрастающих в районах, с сильным техногенным загрязнением, в основном удовлетворительное. Деревья с незначительными повреждениями вегетативных органов произрастают на участках № 2, № 4 и № 5. К категории ослабленных по таким признакам, как снижение густоты кроны, наличие усыхающих ветвей в верхней части кроны, выключение из ассимиляционной деятельности 30% всей площади хвои, в этих районах было отнесено около 20% деревьев. Очень хорошие показатели жизненного состояния деревьев были отмечены на участке № 1, здесь незначительные повреждения (менее 10%) не сказываются на общем состоянии дерева. Наиболее поврежденные деревья произрастают на участке № 3, где 74,5 % деревьев имеют признаки, ведущие к суммарному ослаблению жизненного состояния дерева на 30%. Деревья с

незначительными признаками ослабленности составили в этом районе 25,5%.

Таким образом, результаты оценки жизненного состояния деревьев лиственницы показали, что техногенная нагрузка не оказывает значительного влияния на их вегетативные органы.

Проведенное морфометрическое обследование лиственничных насаждений в г. Красноярске и его окрестностях показало, что таксационные характеристики деревьев колеблются, как в фоновых древостоях, так и в городских насаждениях (таблица 1).

Наиболее высокие деревья произрастают на контрольном участке № 8. В насаждениях, произрастающих в районах города показатели высоты дерева, диаметра, проекции кроны оказались наибольшими на участках № 2 и № 5, здесь произрастают деревья с раскидистой кроной. Угол прикрепления ветвей на контрольных участках в нижней, средней и в верхней части кроны был более острым, чем у деревьев в условиях города. Наиболее низкие таксационные характеристики деревьев лиственницы, оказались на участке № 3.

На данном участке произрастают в основном низкорослые деревья, с неправильно сформированной кроной и стволом

Следует отметить, что такой показатель, как степень апикального доминирования (отношение длины лидерного побега к боковым в верхней мутовке) во всех районах исследования составил 1:1. Соотношение 2:1 наблюдалось в фоновом насаждении (участок №8), у единичных экземпляров. Снижение апикального доминирования у молодых деревьев лиственница в условиях г. Красноярска можно рассматривать, как проявление угнетения роста верхушечного побега в условиях загрязнения.

В целом, состояние вегетативных органов лиственницы в загрязненных районах в черте г. Красноярска удовлетворительные, исключение составили насаждения на участке № 3.

Лиственница сибирская в г. Красноярске и его окрестностях пылит в начале мая, однако обильное пыление у нее происходит очень редко, и наблюдалось только в 1999 г. В 2000 г все насаждения лиственницы характеризовались полным отсутствием пыльцы. В 2001 г. пыление у лиственницы было очень слабое и закончилось за 1-2 дня. Единичные мужские шишки закладывались лишь на отдельных деревьях. В 2002 г. обильная пыльца наблюдалась только на участках №1 и № 7. В остальных районах исследования пыление было очень слабым, а на участке № 2, она вообще отсутствовала у всех деревьев.

Таблица 1 - Морфометрическая характеристика деревьев лиственницы сибирской

№ уч.	Н, м	С, %	Д 1,3, см	С, %	Проекция кроны, м				Длина кроны, м	С, %	Угол прикрепления ветвей первого порядка к стволу, град.					
					С-Ю	С, %	З-В	С, %			Низ	С, %	Серед.	С, %	Верх	С, %
1	9.2±0.28	15	16.0±0.83	26	4.3±0.24	27	4.3±0.24	27	8.6±0.28	16	91±0.7	37	87±0.6	33	62±1.6	12
2	11.0±0.32	15	21.0±0.96	23	5.3±0.15	14	5.0±0.16	15	8.9±0.26	14	93±3.4	18	89±3.2	18	62±2.3	18
3	5.6±0.33	29	8.0±0.61	38	2.6±0.18	34	2.4±0.16	32	4.2±0.31	36	87±3.3	19	83±4.3	25	59±2.0	18
4	8.6±0.56	32	15.5±1.08	34	4.3±0.26	30	4.2±0.24	28	7.8±0.54	34	91±3.3	18	87±3.3	18	67±2.8	20
5	10.2±0.25	12	18.0±0.75	20	5.5±0.17	15	5.6±0.15	14	8.3±0.21	12	91±3.5	19	81±3.3	20	66±3.8	28
6	7.8±0.87	13	16.5±0.62	22	5.2±0.83	14	5.1±0.81	12	6.7±0.92	13	91±3.7	20	86±3.8	22	66±3.3	25
7	9.7±0.22	11	18.6±0.62	17	4.0±0.13	16	4.2±0.16	19	8.4±0.22	13	84±3.3	20	71±3.3	23	50±2.8	28
8	17.4±0.54	15	16.6±0.72	19	3.5±0.11	16	4.0±0.13	15	15.8±0.50	15	73±3.3	23	57±3.6	32	44±2.6	29

Пыльцевые зерна на всех участках сформировались разной величины. Они округлой формы и не имеют воздушных мешков.

Величина пыльцевых зерен в 1999 г. колебалась у разных деревьев от 60 мкм на участке № 2, до 112 мкм на участке № 1. В 2001 г. величина пыльцевых колебалась от 24 мкм на участке № 5 и 134 мкм на участке № 1. В 2002 г. диаметр пыльцевых зерен варьировал от 54 мкм на участке № 3, до 112 мкм на участке № 1. Средние показатели пыльцы лиственницы колеблются по годам. В 1999 и 2002 г.

формировалась наиболее крупная пыльца по сравнению с 2001г. В целом средние размеры, пыльцы в загрязненных и фоновых древостоях составили близкую величину.

Пыльца лиственницы не прорастает на питательных средах даже под действием гормонов. Поэтому о качестве пыльцы судили на основании гистохимической реакции по содержанию в ней крахмала. Содержание крахмала в пыльце в 2001 г. во всех загрязненных районах оказалось незначительным (рис 1).

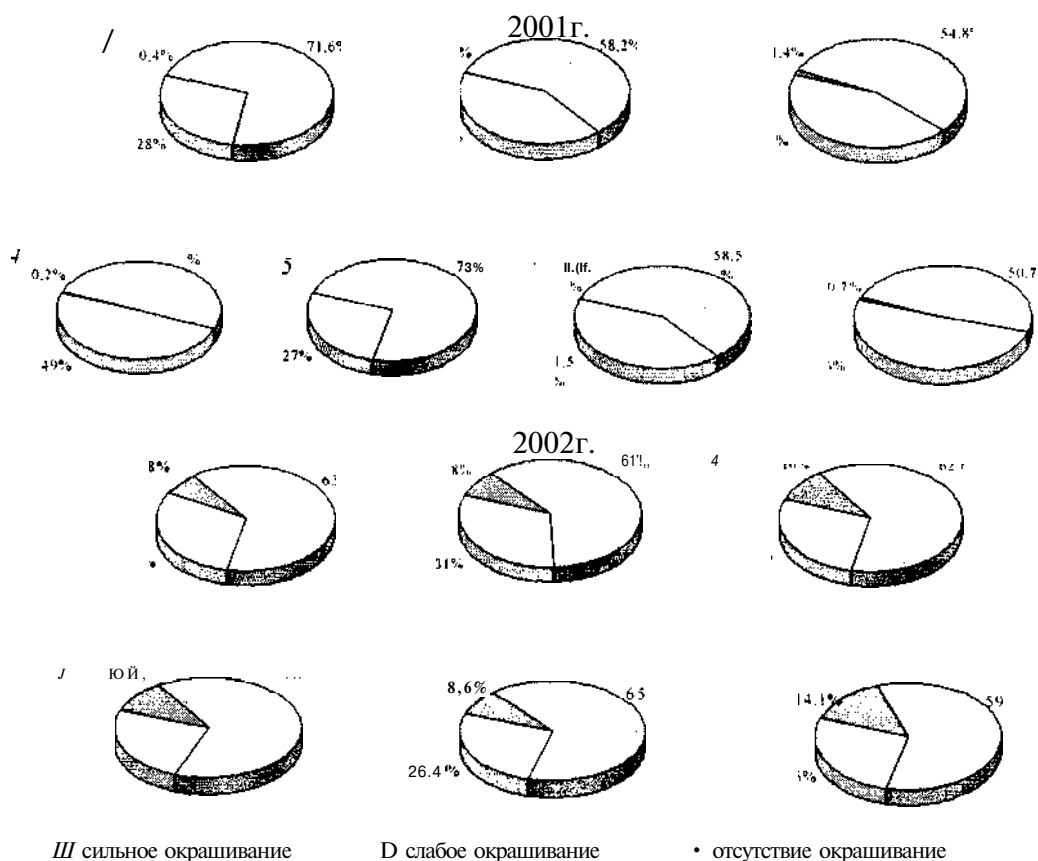


Рисунок 1 - Содержание крахмала у лиственницы сибирской

Лишь 42-72% пыльцы показало слабую гистохимическую реакцию на крахмал. Пыльца лиственницы из фоновых древостоев также очень слабо накапливала крахмал. На основании этих данных можно сделать вывод, что в 2001 году в г. Красноярске и его окрестностях сформировалась пыльца очень низкого качества. В 2002 году основная часть проб пыльцы, около 63% была отнесена к умеренно окрашенным. Лишь 10% пыльцевых зерен во всех районах исследования интенсивно накапливали крахмал, остальные пробы пыльцы оставались неокрашенными.

Следует отметить, что, обильное пыление лиственницы на участках № 1 и № 7, на ее качестве никак не отразилось, содержание крахмала в пыльце на данных участках не отличалось от других районов исследования.

Проведенное исследование показало, что урожай шишек у лиственницы значительно

колеблется по годам. 1999 год оказался благоприятным для урожая лиственницы, как в черте города, так и за его пределами. В этот год в загрязненных районах формировались крупные шишки (30-32 мм).

Семенная продуктивность шишек в 1999 г. оказалась очень высокой у всех сравниваемых деревьев (75,6 %-79 %). В 2000 г. шишки, во всех исследуемых районах, отсутствовали на всех деревьях. 2001 год оказался неблагоприятным для урожая лиственницы во всех насаждениях.

Морфометрические параметры шишек у лиственницы во всех районах исследования оказались близкими (таблица 3). Наиболее крупные шишки сформировались на участке № 7 - 29 мм, наиболее мелкие на участке № 2 - 22 мм

Семенная продуктивность шишек у лиственницы в этом году сильно варьировала - от 94 % (участок № 4), до 36% (участок № 1).

Таблица 2 - Морфометрия шишек и их семенная продуктивность

№ уч-ка	Размеры шишек, мм				Кол-во семенных чешуи, шт						Кол-во семян в шишке, шт.	Семенная продук- тивность%
	Длина	С, %	ширина	С, %	Разви-тые	С, %	Нераз- витые	С, %	общее	С, %		
1999 г.												
1	32.3±3.0	9	15.0±1.0	7	34.0±3.6	11	4.0±1.4	34	38.0±3.5	9	57	79
2	32.7±2.8	9	15.0±1.5	10	38.0±5.0	13	1.3±0.6	46	39.0±4.0	10	60	75,6
6	30.2±4.0	13	15.0±5.2	34	36.0±3.4	9	2.5±1.0	42	38.0±4.3	11	58	76,6
7	24.7±5.4	22	12.5±2.0	16	24.0±6.0	25	6.0±2.0	32	30.0±8.0	27	46	80
2001 г.												
1	27.6±0.5	30	15.0±0.3	29	24.0±0.5	33	8.0±0.3	60	31.7±0.6	29	22,7	36
2	22.0±0.4	17	15.4±0.3	15	23.8±0.8	29	4.3±0.1	28	28.0±0.8	26	44	75,5
3	25.0±0.4	21	16.5±0.2	18	24.8±0.5	29	4.7±0.1	34	29.5±0.5	26	23	40
4	25.0±0.4	24	15.6±0.2	16	29.5±0.4	18	5.5±0.1	28	35.0±0.4	16	66	94
5	26.0±0.5	20	19.5±0.5	25	20.8±0.5	26	7.3±0.3	36	28.0±0.6	22	31	55
7	29.0±0.5	16	17.7±0.3	14	25.6±0.6	25	4.8±0.2	34	30.6±0.6	22	48,5	78
2002 г.												
1	24.0±1.0	33	14.4±0.5	26	25.2±1.2	36	4.6±0.2	43	29.7±1.2	32	47,4	78
3	16.6±0.8	35	12.0±0.7	42	18.7±0.8	32	4.8±0.3	42	23.5±0.9	28	29	64
4	24.2±0.9	26	15.6±0.5	22	25.2±1.0	29	4.6±0.3	42	29.8±1.0	27	46	77
5	21.2±1.0	24	13.4±0.6	23	17.3±0.9	27	3.7±0.4	54	21.0±1.0	26	32	75
8	27.3±0.8	10	16.0±0.2	10	26.0±0.9	12	2.0±1.0	43	28.0±0.8	11	33	58

В 2002 году наибольшей урожайностью шишек отличались: участки № 1 и № 7.

К сожалению, на участке № 7 отмечалось раннее раскрытие шишек и высыпание семян, поэтому в качестве контроля исследовался участок № 8, здесь сформировались наиболее крупные шишки - 27 мм, наиболее мелкие на участке № 3 - 16,6 мм. Семенная продуктивность шишек в насаждениях в черте города составила 64-78 %, в фоновых древостоях она оказалась ниже - 58 %.

Проведенный рентгенографический анализ семян у лиственницы показал, что качество семян не связано с их семенной продуктивностью. В

1999 году высокое качество семян отмечалось в загрязненных районах. Полнозернистые семена составили на участке № 1-69 %, на участке № 6-58 %. В фоновых древостоях только 13 % семян оказались выполненными, хотя семенная продуктивность составляла 80 %. В 2001 году качество семян у лиственницы во всех районах исследования было ниже, чем в 1999 году. Только на участках № 1 и № 7- полнозернистость семян составила 55% и 45%, в остальных районах исследования преобладали пустые семена. В 2002 г. качество семян оказалось еще более низким во всех районах исследования. В основном формировались пустые семена (таблица 3).

Таблица 3 - Рентгенографический анализ семян лиственницы сибирской в 1999 и 2002 г.

№ уч- ка	Место сбора семян	Качество семян, %		
		Пустые	С поврежденным эндоспермом	Полнозернистые с развитым зародышем
1999г.				
1	о. Татышева	29	2	69
2	пл. Победы	66	-	34
6	Нефтебаза	42	-	58
7	Академгородок	78	9	13
2001г.				
1	о. Татышева	53	1,7	45,3
2	пл. Победы	95	2,5	2,5
3	Часовенная гора	87,8	0,8	11,4
4	Набережная р. Енисей	89,4	-	10,6
5	ул. Копылова	75	-	25
7	Академгородок	25,5	19,5	55
2002г.				
1	о. Татышева	66,7	7,7	25,6
2	пл. Победы	-	-	-
3	Часовенная гора	85,5	6,3	8,1
4	Набережная р. Енисей	97,8	-	2,2
5	ул. Копылова	69	8,4	22,5
7	Погорельский ОЭП	95,3	-	4,7

Таким образом, качество продуцируемых семян у лиственницы колеблется по годам, этот показатель тесно связан с обилием пыления и качеством продуцируемой пыльцы.

Обсуждение.

Результаты обследования лиственничных насаждений в г. Красноярске и его окрестностях показали, что жизненное состояние деревьев, а также все таксационные характеристики в загрязненных районах в черте города и фоновых древостоях значительных различий не имеют. Состояние вегетативных органов деревьев лиственницы в городских условиях по всем морфометрическим показателям - удовлетворительное. В основном преобладают высокие деревья с правильно сформированной кроной и стволом. В загрязненных районах, жизненно ослабленные деревья составили около 20 %. В черте города можно выделить лишь один участок с неудовлетворительным состоянием вегетативных органов.

Однако такой показатель, как апикальное доминирование, у деревьев лиственницы в условиях города практически отсутствует. По мнению Е.Г. Мининой, апикальная доминантность является важнейшим фактором формирования кроны дерева, и свидетельствует об адаптационных способностях древесных организмов (Минина, Третьякова, 1983). При наблюдении за кроной представителей семейства сосновых Е.Г. Мининой было высказано предположение о том, что критерием начальной стадии загрязнения атмосферы может служить направление роста побегов в пространстве: «Ветки кроны, пригибающиеся к земле, т.е. ветки с резко выраженным геотропическим положительным ростом, свидетельствуют о гравитационно-зависимом ослаблении адаптации дерева к загрязнению среды» (Минина и др. 1984, с.891). У лиственницы сибирской в условиях техногенного загрязнения изменения роста боковых побегов не наблюдается. Однако,

угнетение степени апикального доминирования верхушечного побега и увеличение угла прикрепления боковых ветвей к стволу, свидетельствует о реакции данного вида на техногенный стресс.

Генеративные органы у лиственницы сибирской, произрастающей в г. Красноярске и его окрестностях, не отличаются по морфологическим признакам от других представителей данного вида в разных частях ареала (Коропачинский, Милютин, 1964), (Круклис, Милютин 1997).

Наиболее подвержены колебанию у лиственницы показатели качества семян. Они очень сильно колеблются по годам и в основном характеризуются высокой пустосемянностью, как в насаждениях города, так и фоновых древостоях. Лишь в 1999 году, который был отмечен обильным пылением, полнозернистость семян была высокой в двух районах г. Красноярска - участки № 1 и № 6. Ряд авторов связывает качество семян лиственницы с неблагоприятными условиями ее произрастания: высотой над уровнем моря, долготой, типом леса (Deruzhkin et al. 1998), с накоплением суммы эффективных температур (Кузмина, Черепнин, 1973).

Снижение качества семян у лиственницы, т.е. появление пустосемянности, как в загрязненных так и фоновых насаждениях, вероятно обусловлено недостатком пыльцы, продуцируемой деревьями и слабым пылением семянпочек (Третьякова, 1990 г.) Следует также отметить, что лиственница в условиях г. Красноярска и его окрестностей пылит слабо или вообще не продуцирует пыльцу. За 4 года исследования только в 1999 г. наблюдалось обильное пыление. В остальные годы пыление было очень слабым, а в 2000 г. вообще отсутствовало во всех районах исследования. Пыльца данного вида слабо накапливает крахмал, что, вероятно, свидетельствует о низком ее качестве. В целом состояние лиственничных насаждений в условиях экологического стресса г. Красноярска удовлетворительное, о чем свидетельствует исследование вегетативных органов. Генеративные органы лиственницы вероятно очень сильно подвержены влиянию погодно-климатических факторов, поэтому выявить влияние техногенных факторов на их состояние на фоне низкой урожайности не удалось.

На основании анализа жизненного состояния насаждений, анализа морфоструктуры кроны и состояния генеративных органов лиственницы сибирской в г. Красноярске и его окрестностях, можно сделать вывод о том, что лиственница сибирская устойчива по отношению к техногенным факторам и может успешно применяться для озеленения городов Сибири

Библиографический список

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989.-№ 4.-С. 51-57.
2. Григорьев Ю.С., Бучельников М.А. Трансплантационная лихеноиндикация загрязнения воздушной среды на основе замедленной флюоресценции хлорофилла // Экология, 1997. №6. С.465-467.
3. Deruzhkin R.I., Maksimov V.M., Popov V.K. Larix geographical cultures in Central forest-steppe area // Larix-98. World resources for breeding resistance and utilization. IUFRO Interdivisional symposium. Sept. 1-5. 1998. Krasnoyarsk. 1998, P.30.
4. Коропачинский И.Ю., Милютин Л.И. Интрогрессивная гибридизация лиственниц сибирской и даурской в южной части их ареалов.- В кн.: Селекция древесных пород в Восточной Сибири. М.: Наука, 1964, С. 20-31.
5. М.В. Круклис, Л.И. Милютин. Лиственница Чекановского. М.: Наука, 1977.-212 с.
6. Кузмина Н.А., Черепнин В.Л. Географическая изменчивость веса семян лиственницы сибирской в Сибири // Лесоведение, 1973.№1.С 35-39.
7. Минина Е.Г., Третьякова И.Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983. 198с.
8. Минина Е.Г., Ларионова Н.А., Третьякова И.Н. Гравитационная адаптация у лесных древесных видов. // Журнал общей биологии, 1984 XLV № 7 с. 687-692.
9. ОСТ 56-94-87. Метод рентгенографического определения жизнеспособности семян сосны кедровой сибирской, 1983.
10. Поддубная-Арнольди В.А., Цингер Н.А., Петровская-Баранова Т.К., Полупина Н.Н. Гистохимические исследования пыльцы и пыльцевых трубок некоторых покрытосеменных растений. В кн.: Исследования по биохимической эволюции растений, 1961. Т.8 С.1622-1933 (Тр.гл.Бот.Сада АН СССР).
11. Сабинин Д.А. Влияние минерального питания на качество урожая яровой пшеницы // Избранные труды по минеральному питанию. М.: Наука, 1971. С. 483-494.
12. Третьякова И.Н., Бажина Е.В. Качество пыльцы пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах озера Байкал // Лесоведение, 1999. №4, С. 30-38.
13. Третьякова И.Н. Эмбриология хвойных. Физиологические аспекты. Красноярск: Наука, Сибирское отд-ние, 1990. 137с.
14. Щербакова М.А. Определение качества семян хвойных пород рентгенографическим методом. Красноярск. АН СССР СО Институт леса, 1965.-36 с.