

РЕАКЦИЯ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЗУБЧАТОГО (*QUERCUS DENTATA* THUNB.) НА ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ДОЗ СУЛЬФАТОВ И СВИНЦА В ПОЧВЕ

Л. В. Козина, В. П. Верховат

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

Небольшие рощи дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch.) на урбанизированных территориях Приморского края считаются явлением довольно обычным. Они сохранились от растительного покрова, существовавшего здесь ранее, и продолжают произрастать в условиях довольно высокого атмосферного и почвенного загрязнения.

Распространение другого вида дуба — дуба зубчатого (*Quercus dentata* Thunb.) в пределах Приморского края ограничено крайним югом. Основная часть его ареала находится в Японии, Корее, Китае (Малеев, 1936; Воробьев, 1968; Меницкий, 1984; Усенко, 1984; Харкевич, 1991; Добрынин, 2000; и др.). Г.Э. Куренцова (1968) относит дуб зубчатый к реликтам плейстоцена. Для России он определен как редкий вид, сокращающий свой ареал (категория 3) и требующий охраны (Красная книга СССР, 1978, 1984; Красная книга РСФСР, 1988; Харкевич, Качура, 1981).

Приморская популяция дуба зубчатого находится в условиях северного предела своего распространения и приурочена к прибрежным территориям, которые уже давно интенсивно включаются в процесс хозяйственного освоения (Куренцова, 1969), а в последние годы активного строительства зон отдыха, дорог, дач. В настоящее время рощи, редколесья и отдельные деревья дуба зубчатого сохранились на обочинах автомагистралей, проложенных через места его произрастания (автотрасса пос. Славянка—пос. Хасан, трасса в районе Находкинского перевала), в пределах селитебной зоны г. Находка, пос. Хасан, Гвоздево, Краскино, Зарубино. Деревья имеют удовлетворительное состояние и даже обильно плодоносят. Дан-

ный факт стал решающим при выборе этого вида для проведения вегетационных опытов по определению его толерантности к почвенному загрязнению, тем более что сведений об адаптивной способности дуба зубчатого в техногенных условиях в научной литературе для нашего региона нет. Первые данные о его высокой устойчивости к загрязнению почвы получены авторами (Козина, Верховлат, 2000) в модельных экспериментах с влиянием разных доз свинца (от 300 до 3000 мг/кг почвы) на однолетние саженцы. Результаты исследований водного обмена и морфологической изменчивости саженцев показали некоторое увеличение интенсивности транспирации и водного дефицита тканей листа, снижение полной влагоемкости тканей листа и продуктивности ассимиляционного аппарата. Единичные хлорозы и некрозы листьев имели место только к концу вегетации.

Дуб зубчатый заслуживает особого внимания как высокодекоративная порода, которая должна занять достойное место в озеленении приморских городов и использоваться в парковом строительстве (Воробьев, 1968; Урусов, Смирнова, 1976; Урусов и др., 1983; и др.), поэтому исследования адаптивных реакций разных возрастных групп на почвенное загрязнение имеют не только научное, но и практическое значение.

Цель настоящей работы — изучить ответные реакции ювенильных растений (всходов и сеянцев) дуба зубчатого на воздействие высоких и очень высоких доз токсичных веществ в почве (тяжелого металла свинца и элементарной серы) по морфометрическим и физиологическим показателям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проведены на территории Горнотаежной станции ДВО РАН, в окрестностях которой отсутствуют промышленные предприятия и автомагистрали, являющиеся источниками атмосферного и почвенного загрязнения среды токсикантами. Вегетационные опыты были поставлены в условиях летней теплицы, исключающей попадание атмосферных осадков. В качестве элементов загрязнителей почвы использовались высокие дозы элементарной серы и свинца — от 1000 до 4000 мг на кг почвы. Сера вносилась в виде порошка элементарной серы, а свинец — в виде окиси.

Таблица 1

Вес желудей дуба зубчатого разных фенотипов

Фенотип желудей	Вес желудей (среднее из 60, г)		
	крупный	средний	мелкий
Каплевидные*	2,1	1,7	1,2
Эллипсовидные*	2,3	1,9	1,4
Эллипсовидные с ямчатой верхушкой	2,4	1,7	1,0
Эллипсовидные с плоской рубцовой площадкой	2,7	2,0	1,7
Бочковидные удлинённые	2,6	2,0	-
Бочковидные укорочённые	2,3	1,8	1,2
Почти шаровидные	2,2	1,6	1,1
Шаровидные*	2,4	1,9	1,3

Примечание. Звездочками (*) показаны фенотипы желудей (крупных размеров), взятые в опыт.

Опыт заложен в трехкратной повторности (по 20 шт. желудей в каждой кювете). Желуди для посадки собраны в октябре 2000 г. на юге Хасанского района (Хасанский природный парк и его окрестности). Перед посадкой они калибровались по фенотипам и крупности. Для опыта отбирались только крупные семена типично каплевидных, эллипсовидных и шаровидных фенотипов. Вес одного желудя колебался от 2,1 до 2,7 г (табл. 1). Посадка осуществлялась семенами, не прошедшими естественную стратификацию. В течение вегетации проводились наблюдения за ростом и развитием всходов и сеянцев и их жизненным состоянием. Кроме того, определялись все показатели водного режима (интенсивность транспирации, водный дефицит, полная влагоемкость тканей листа) и фотосинтетическая продуктивность ассимиляционного аппарата.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Реакции древесных видов на атмосферное загрязнение токсичными для их жизнедеятельности веществами освещены в научной литературе достаточно хорошо (Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Загрязнение..., 1988; Гетко, 1989; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1990). Ответные реакции древесных видов на воздействие почвенного загрязнения в настоящее время изучены крайне недостаточно. Ток-

сичные элементы, накапливаясь в почве за счет атмосферных осадков и растительного опада, поступают в растения через корневые системы, вызывая серьезные метаболические нарушения (Косицин, Игошина, 1986).

Вблизи крупных автомагистралей, как правило, наблюдается повышенная концентрация в почве тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn и др.) и их солей. По шкале экологического нормирования принято различать несколько уровней содержания свинца в почве: от низкого 5–10 мг/кг почвы до очень высокого 70–150. По данным Н.С. Шиховой (1992), максимальное количество свинца в почвах г. Владивостока составляет от 100 до 500 мг/кг почвы, а г. Дальнегорска — от 30 до 500 мг/кг, причем вблизи автодорог последнего его количество в почве значительно больше — 600–700 мг/кг почвы.

Содержание серы в почвах г. Владивостока варьирует от 300 до 1800 мг/кг (Шихова, 1993), а в почвах Дальнего Востока оно составляет от 0,004 до 0,3 % в зависимости от типа почвы (Голов, Прокопова, 1981).

В предварительных вегетационных опытах подбирались диапазоны концентраций серы и свинца, тормозящие рост, но не слишком быстро угнетающие физиологические реакции растений. В этих экспериментах получена характеристика реакций сеянцев дуба зубчатого на концентрацию свинца в почве от 100 до 900 мг/кг. Результаты показали, что уже при этих дозах происходит некоторая задержка в развитии всходов и сеянцев. В контроле первые всходы появились на 15-й день, а в опыте только на 19-й. Через две недели сеянцы в опыте несколько отставали и в росте. В течение всего периода вегетации жизненное состояние растений оставалось хорошим даже в вариантах с высокой дозой свинца (900 мг/кг) в почве. Однако эти предварительные данные получены на небольшом числе желудей и не могут служить основанием для обобщений.

В последующих вегетационных опытах элементарная сера и свинец вносились в почву в очень высоких концентрациях (1000–3500 мг/кг почвы). Дозы серы в 10 и более раз, а свинца в 100 раз и более превосходили ПДК этих элементов загрязнителей в почвах городов Приморского края.

Во всех вариантах опыта, так же как и в контроле, нестратифицированные желуди прорастали недружно. Максимальная всхожесть семян составляла не более 50–65% (табл. 2, 3). В вариантах опыта с внесенной в почву элементарной серой токсичный элемент оказывал угнетающее действие на прорастание желудей в течение

Таблица 2

Число всходов дуба зубчатого по дням наблюдений
(среднее из 60 желудей, шт) под влиянием высоких доз серы в почве

Вариант опыта, доза S, мг/кг почвы	Дата появления всходов				
	04.06.01 (26 дней)	14.06.01 (36 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)
Контроль	6	13	21	32	34
I – 1000	4	12	19	31	35
II – 2000	2	6	20	30	30
III – 3500	3	8	22	26	31

Примечание. Дата посадки 08.05.2001 г.

первых 36 дней: через 26 дней после посадки их всхожесть составляла в контроле 15%, а в вариантах опыта – 5,0–7,5%; через 36 дней в контроле – 33%, а в вариантах опыта – от 10 до 20%. Однако уже через 46 дней в результате адаптивных реакций всхожесть желудей в опытных вариантах значительно возрасла до 32–36,5% по отношению к контролю.

Внесенный в почву свинец не оказывал токсичного действия на прорастание желудей. Во всех вариантах опыта и в контроле в течение первых 26 дней всхожесть желудей составляла всего 5–10% (табл. 3); через 46 дней – 20–27%. К концу вегетации и в контроле, и в разных вариантах опыта максимальное число сеянцев было от 50 до 65%.

Таблица 3

Число всходов дуба зубчатого по дням наблюдений
(среднее из 60 желудей, шт) под влиянием высоких доз свинца в почве

Вариант опыта, доза Pb, мг/кг почвы	Дата появления всходов				
	04.06.01 (26 дней)	14.06.01 (36 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	10.10.01 (160 дней)
Контроль	1	7	15	39	35
I – 1000	3	10	15	25	29
II – 2000	4	5	12	21	28
III – 3500	3	7	16	3	32
IV – 4000	1	4	16	34	39

Примечание. Дата посадки желудей 08.05.2001 г. (по 20 штук в кювете).

На всхожесть желудей дуба зубчатого значительно повлияли сроки посадки. При ранних сроках посадки (6–8 мая) максимальная всхожесть желудей достигала только 50–65%, тогда как при более поздних (14 июня) она была равна 94–96%.

Высокие дозы серы в почве оказывали слабое угнетающее влияние на рост всходов только в течение первых 26 дней. В этот период средняя высота всходов в контроле была 3,5 см, а при самой высокой дозе – 3500 мг/кг почвы – 2,7 см. В последующие дни сеянцы адаптировались к избытку сульфатов в почве и уже через 36 и 46 дней высота сеянцев контрольных и опытных вариантов различалась незначительно, а к концу вегетации проявлялся даже небольшой стимулирующий эффект влияния сульфатов на их рост. Даже вторичный прирост по высоте у сеянцев в вариантах опыта был несколько выше, чем у контрольных растений. Так, через 76 дней средний прирост у сеянцев в контроле был равен 1,2 см, а в разных вариантах опыта – 2,5–3,2 см. Через 160 дней (конец вегетации) вторичный прирост у сеянцев в контроле был 2,4 см, а под влиянием сульфатов в почве – он составил 3,3–3,5 см. Такая же закономерность прослеживалась и по количеству листьев на растении. К концу вегетации их число у сеянцев в контроле в среднем было равно 5,2, а в вариантах опыта – 5,9–6,6 (табл.4).

Таблица 4

**Влияние высоких доз серы в почве
на морфометрические показатели сеянцев дуба зубчатого**

Вариант опыта доза S, мг/кг почвы	Средняя высота растений, см					Среднее количество листьев, шт			Средний прирост, см	
	4.06.01 (26 дней)	14.06.01 (36 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)
Контроль	3,5	6,5	9,3	11,1	11,6	3,2	4,2	5,2	1,2	2,4
I – 1000	2,8	7,3	8,6	11,0	11,4	3,9	5,3	5,9	3,2	3,5
II – 2000	3,1	6,0	8,6	12,1	13,7	4,0	5,4	6,6	2,9	3,3
III – 3500	2,7	7,2	7,4	12,4	12,5	3,8	5,0	5,9	2,5	3,3

Примечание. Дата посадки желудей – 06.05. 2001 г. (по 20 шт. в кювете).

**Влияние высоких доз свинца в почве
на морфометрические показатели сеянцев
дуба зубчатого**

Вариант опыта доза Pb, мг/кг почвы	Средняя высота растений, см					Среднее количество листьев, шт.			Средний прирост, см	
	4.06.01 (26 дней)	14.06.01 (36 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)	24.06.01 (46 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)	24.07.01 (76 дней)	14.10.01 (160 дней)
Контроль	–	6,6	10,5	10,8	11,9	3,6	3,6	4,0	2,1	2,3
I – 1000	–	7,1	9,6	10,9	11,2	Нет	4,0	4,0	1,9	2,1
II – 2000	–	8,7	8,0	9,3	10,3	2,5	3,6	4,0	Нет	2,2
III – 3500	–	6,2	7,2	9,5	10,0	2,7	3,8	4,2	0,9	1,1
IV – 4000	–	5,3	5,7	8,4	9,1	2,4	3,1	3,6	0,2	1,4

Примечание. Дата посадки желудей 06.05. 2001 г. (по 20 шт. в кювете).

Внесенные дозы свинца оказывали более сильное негативное действие на рост и развитие сеянцев, чем сульфатное загрязнение почвы. Под влиянием высоких доз тяжелого металла снижались высота растений, вторичный прирост и число листьев на стебле (табл. 5). Так, через 46 дней средние размеры стеблей сеянцев при дозе свинца 2000 мг/кг составляли 76%, при дозе 3500 мг/кг – 69%, а при дозе свинца 4000 мг/кг – 54% по отношению к контролю. Высокие дозы свинца в почве заметно тормозили и формирование вторичного прироста. При дозах свинца в почве выше 1000 мг/кг у большинства сеянцев еще не было вторичного прироста в высоту, даже через два с половиной месяца (76 дней); в то же время у контрольных растений он равнялся 2,1 см, а в первом варианте опыта (1000 мг/кг) – 1,9 см. К концу вегетации у растений контрольного, первого и второго вариантов опыта вторичный прирост равен 2,3, 2,1, 2,0 см соответственно, и только при дозе 4000 мг/кг он в 1,6 раза меньше, чем в контроле.

Количество листьев у сеянцев в среднем на одном растении варьировало от 3,6 до 4,2 в контроле и разных вариантах опыта. Однако при очень высокой дозе свинца (4000 мг/кг) число листьев на растении меньше, чем у контрольных растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастающее в последнее время антропогенное воздействие на растительный покров требует детальных исследований адаптационных возможностей растений при стрессовых условиях минерального питания.

Некоторые виды растений, обладающие пониженной адаптационной способностью, гибнут будучи не в состоянии приспособиться к меняющимся условиям среды. Особенно это относится к редким видам, занимающим ограниченные в своем распространении территории. Для понимания механизма адаптации растений необходимы объективные критерии ответных реакций растения в неблагоприятных условиях токсичных почв.

Неслучайно объектом данной работы выбран редкий вид — дуб зубчатый. Он декоративен благодаря крупным листьям, сохраняющим интенсивно-зеленую окраску до конца сентября—середины октября, сменяющуюся затем на яркие красно-желтые цвета. На открытых освещенных участках высота деревьев не превышает 3—5 (6—8) м, ветвление начинается очень низко (с 50—70 см). Нижние ветви массивные, длинные, в связи с чем площадь кроны при небольшой высоте дерева довольно обширная.

Кроме высокой декоративности этот вид имеет хорошие адаптивные реакции в условиях почвенного загрязнения токсикантами. Исходя из результатов проведенных модельных экспериментов в условиях токсичных почв высоких и очень высоких уровней сульфатного засоления (элементарная сера, внесенная в почву, переходит в форму сульфата) и стрессовых доз свинца в почве дуб зубчатый имел хорошую всхожесть желудей, даже не прошедших естественную стратификацию. Однако сроки для его посадки целесообразнее перенести на позднюю весну, чтобы зародыш успел полностью сформироваться, тогда процент всхожести возрастет с 50—65% до 90—94%.

Под влиянием серы в почве в течение первого месяца происходило торможение прорастания желудей (на эмбриональной стадии развития зародыша). В дальнейшем число всходов в вариантах опыта достигало контрольных, а к концу вегетации было даже несколько выше.

Внесенные в почву дозы серы тормозили рост растений в высоту только на ранних этапах. Так, через 26 дней высота растений в опыте составляла 77—89% по отношению к контролю, но уже через

36 дней после посадки угнетающего влияния токсичного элемента (серы) не отмечено по всем морфометрическим показателям (высота растений, количество листьев и вторичный прирост). Это является результатом адаптации семян к условиям почвенного загрязнения. Более того, к концу вегетации внесенная сера оказывала стимулирующий эффект.

Внесенные дозы свинца тормозили прорастание желудей только на ранних этапах их развития – в течение первых 26–36 дней. В последующие дни интенсивность прорастания в опыте практически не отличалась от контрольной.

Наиболее сильное угнетающее влияние свинца, внесенного в почву (особенно очень высоких доз – 4000 мг/кг), также отмечалось на ранних этапах роста семян (высота растений через 46 дней после посадки составляла всего 54% по отношению к контролю) и заметно снижалось к концу вегетации (76–78%) в результате адаптивных реакций семян.

Очень высокие дозы свинца (4000 мг/кг) в почве тормозили и развитие семян: закладка листьев, число их на растении не превышали 66% от контроля. В результате адаптации семян к действию свинца, угнетающее влияние которого снижалось с увеличением периода вегетации, количество листьев у семян в этом варианте опыта значительно увеличилось (86–90% от контрольных).

Внесенный в почву свинец сильно угнетал летний прирост семян в высоту, особенно в начале его формирования (табл. 5). На 76-й день после посадки в 4-м варианте опыта (4000 мг/кг) средние размеры этого параметра составляли всего 9,5% по отношению к контролю, но к концу вегетации значительно увеличивались (61%), что также можно объяснить адаптацией семян.

Внесенная в почву элементарная сера оказывала небольшое негативное влияние на водный обмен семян дуба зубчатого. При этом действие избытка сульфатов в почве не вызывало глубоких нарушений водного обмена из-за их слабой аккумуляции сеянцами. При этом показатели интенсивности транспирации незначительно повышались у растений опытных вариантов. Однако при очень высокой концентрации серы снижался водный дефицит: в вариантах с дозой 3500 мг/кг он был равен 0,29; в контроле – 0,52 мг/см² площади листа в час (табл. 6).

Под влиянием свинца в почве у растений опытных вариантов интенсивность транспирации была ниже, чем у контрольных растений, однако это уменьшение транспирационной способности не

Таблица 6

**Водный обмен сеянцев дуба зубчатого
в условиях почвенного загрязнения токсикантами**

Вариант опыта, доза S и Pb, мг/кг почвы	Сера		Свинец	
	Интенсивность транспирации, мг/г сырого веса ткани в 1 ч	Водный дефицит, мг/см ² площади листа в 1 ч	Интенсивность транспирации, мг/г сырого веса ткани, 1 ч	Водный дефицит, мг/см ² площади листа в 1 ч
Контроль	419	0,52	538	0,62
I – 1000	448	0,56	496	0,72
II – 2000	556	0,56	504	0,66
III – 3500	450	0,29	425	0,52
IV – 4000	–	–	351	0,39

сопровождалось глубоким нарушением водного обмена ввиду того, что водный дефицит листа заметно изменялся только при очень высокой концентрации свинца в почве (4000 мг/кг), где он был в 1,6 раза ниже, чем у растений в контрольном варианте. Изменение показателей водного обмена указывает на быстрое реагирование растений на изменение условий произрастания, что, вероятно, может служить одним из механизмов адаптации к влиянию токсичных веществ в почве.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что влияние высоких и очень высоких доз серы и свинца в почве особенно сильно проявляется на ранних стадиях роста и развития сеянцев дуба зубчатого. Отмечена довольно высокая адаптивная способность этого вида на ранних этапах онтогенеза, обусловленная частично особенностями морфологии желудя и довольно высокой устойчивостью вида к неблагоприятным факторам среды. Семя дуба зубчатого (желудь) имеет крупные семядоли с депонированным фондом запасных веществ материнского растения, что способствует выживанию вида в стрессовых условиях минерального питания. В дальнейшем адаптация вида в таких условиях возможна, вероятно, из-за имеющейся барьерной функции корней в поступлении токсичных веществ из почвы.

Несмотря на высокий уровень токсичных элементов в почве в течение всего вегетационного периода, жизненное состояние всходов и сеянцев дуба зубчатого было весьма удовлетворительным. За весь вегетационный период (160 дней с момента посадки желудей) не было отмечено не только погибших растений, но и отсутствовали

характерные видимые повреждения листьев — хлорозы и некрозы. Только под влиянием высоких доз свинца в почве у семян наблюдались аномальное развитие листовой пластинки.

ЛИТЕРАТУРА

Веретенников А. В. Основные физиологические процессы и условия внешней среды в онтогенезе древесных растений // Лесн. ж. № 5. С. 9-14.

Воробьев Д. П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Л.: Наука, 1968. 277 с.

Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.

Голов В. И., Прокопова Т. К. Об эффективности серных удобрений на почвах Дальнего Востока // Пути повышения продуктивности растениеводства на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 44-56.

Добрынин А. П. Дубовые леса российского Дальнего Востока (биология, география, происхождение). Владивосток: Дальнаука, 2000. 260 с.

Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 536 с.

Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наук. думка, 1978. 247 с.

Косицин А. В., Игошина Т. И. Действие свинца на карбонгидразу различающихся по устойчивости к нему популяций *Aster alpinus* L. (Asteraceae) // Бот. ж. 1986. Т. 71, № 1. С. 34-40.

Красная книга СССР. М.: Лесная пром-сть, 1978. 459 с.

Красная книга СССР: Растения. М.: Лесная пром-сть, 1984. 479 с.

Красная книга РСФСР: Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. 252 с.

Козина Л. В., Верхлат В. П. Устойчивость дуба зубчатого к почвенному загрязнению тяжелыми металлами // Растения муссонного климата: Тез. II междунар. конф. «Растения в муссонном климате» / Под ред. О. В. Храпко. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 92-93.

Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 125 с.

Куренцова Г. Э. Реликтовые растения Приморья. Л.: Наука, 1968. 72 с.

Куренцова Г. Э. Растительность Приморского края. Владивосток: Дальиздат, 1969. 192 с.

Малеев В. П. Дуб - *Quercus* L. // Флора СССР. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1936. Т. 5. С. 322-353.

Меницкий Ю. Л. Дубы Азии. Л.: Наука, 1984. 316 с.

Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 277 с.

Сергейчик С.А. Сера как элемент питания и загрязнитель // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 24-38.

Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Справ. кн. Хабаровск, 1984. 272 с.

Урусов В. М., Смирнова О. А. Оценка озеленительного и лесокультурного фондов // Охрана природы на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 88-92.

Урусов В. М., Лобанова И.И., Чипизубова М.Н. Дендроинтродукционное районирование юга Дальнего Востока и примерный ассортимент растений для использования в искусственных посадках // Конструктивное ландшафтоведение. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 74-83.

Харкевич С. С., Качура Н. Н. Редкие виды растений советского Дальнего Востока и их охрана. М.: Наука, 1981. 234 с.

Харкевич С. С. Буковые – *Fagaceae Dumort* // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб.: Наука, 1991. Т.5. С.114-117.

Шихова Н. С. Почвенно-геохимические особенности дальневосточных широколиственно-лесных ландшафтов в условиях техногенеза. Уч. совет БПИ ДВО РАН. Владивосток, 1992. 30 с. Деп. в ВИНТИ 04.11.1992. № 3169-В92.

Шихова Н.С. Фитоиндикация уровня загрязнения экосистем соединениями серы в зоне техногенеза // VII Арсеньевские чтения. Уссурийск: Уссур. гос. пед. ин-т, 1993. С. 197-201.