

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛИРУЕМОГО ОПЫЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ МЕСТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПЫЛЬЦОЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИПОВ

The general combinational ability of a pine ordinary a various origin is defined at crossing with a local pine on safety, length and air-dry weight of hybrid cones, an output of seeds and weight of one a seed. It is established, that the greatest positive on safety of mature cones has appeared at pollination by pollen of a pine Minsk (+32,6%), Estonian (+29,4%) and Khmel'nitskiy (+17,3%) origins. On length of hybrid cones of excess over average size of experience have appeared in variants with use Minsk, Estonian and Volynsk pollinater – their are equal +5,1, +4,1 and +3,0% accordingly. On an indicator of air-dry weight of one hybrid cone positive values of are received at pollination by pollen of a pine Minsk, Volynsk, Khmel'nitskiy, Estonian, Mariy and the Pskov origins – accordingly +8,1, +5,8, +5,6, +5,0, +2,2 and +1,2%. The maximum positive on an an output of hybrid seeds from cones is characteristic for Minsk (+30,6%) and Estonian (+21,6%) pollinater.

Введение. Современный уровень развития и ведения лесного хозяйства в условиях перехода лесохозяйственной отрасли на самофинансирование показывает, что без применения селекционно-генетических методов практически невозможно осуществить заметное повышение продуктивности лесов. Из всех имеющихся методов селекции, позволяющих повысить продуктивность вновь создаваемых лесных насаждений, наиболее существенным является гибридизация лесных древесных пород. Использование в широком масштабе в практике лесокультурного производства ценных гибридов и сортов древесных пород, в частности сосны обыкновенной с выраженным гетерозисным эффектом, позволит без существенных затрат значительно повысить продуктивность и качество насаждений.

Сегодня контролируемое скрещивание отдельных особей, форм и экотипов является одним из самых востребованных и перспективных приемов селекции сосны обыкновенной, позволяющий получать ценные внутривидовые гибриды с такими выдающимися признаками и свойствами, как быстрый рост, раннее и обильное семеношение, прямизна ствола, устойчивость к болезням, вредителям и другим неблагоприятным факторам среды. Контролируемое скрещивание позволяет также выявить комбинационные способности отдельных родительских форм и географических экотипов, дающих потомство, отличающееся быстрым ростом, ценными качествами древесины, узкокромностью и тонковетвистостью, высокой смолопродуктивностью и другими ценными признаками и свойствами [1].

Назревшая необходимость применения данного метода селекции в лесном хозяйстве подтверждается тем, что, согласно положениям Стратегического плана развития лесного хозяйства, на ближайшую перспективу в качестве приоритетной задачи предусматривается выведение на основании контролируемых скрещиваний проверенных родительских форм новой популяции сосны обыкновенной, отличающейся ценными признаками и свойствами [2].

Современный этап развития лесной селекции предусматривает для получения достоверных данных о комбинационных способностях определенных родительских форм непосредственно проведение контролируемого скрещивания и последующее испытание гибридного потомства в специально созданных испытательных культурах.

Целью работы является выявление наиболее перспективных опылителей сосны обыкновенной различных климатипов при скрещивании с сосной местного происхождения на основании рассчитанных значений общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС) по сохранности, длине и воздушно-сухой массе гибридных шишек, выходу полнозернистых семян из шишек и массе одного полнозернистого семени.

При проведении контролируемых скрещиваний за основу взяты методические рекомендации «Контролируемое скрещивание сосны и ели» [1] с некоторыми изменениями. Для заготовки пыльцы в мае 2007 г. в 8 вариантах климатипов сосны обыкновенной, произрастающих на гибридно-семенном участке Негорельского УОЛ, а также на лесосеменной плантации Узденского лесничества ГЛХУ «Узденский лесхоз», производилась заготовка веток с недозревшими мужскими пыльниками.

В пределах каждого климатипа подбирали по 3 наиболее развитых, без признаков повреждения и интенсивно семеносящие деревья, нарезку веток у которых производили с нижней части кроны. Для проведения работ по самоопылению на лесосеменной плантации заготовка веток с мужскими колосками осуществлялась в кроне 2 материнских деревьев (21/252 и 29/651). Для получения однородного образца пыльцы определенного климатипа заготовленную отдельно с 3 деревьев пыльцу смешивали и помещали в стеклянные пробирки объемом 20 мл.

В качестве изоляторов использовались пакеты размером 20×40 см, изготовленные из

пергаментной бумаги. Изоляция генеративных почек проводилась после разverzания их кроющих чешуй за 2–3 дня до начала единичного пыления мужских стробилов. Контролируемое скрещивание проводили в период максимальной восприимчивости женских шишечек к опылению. Прохождение макростробилами фаз развития оценивалось по методике Т. П. Некрасовой [3]. На каждом материнском дереве было установлено по 240 изоляторов из расчета 30 для опыления пыльцой одного климатипа. Кроме того, дополнительно устанавливались по 30 изоляторов для опыления женских стробилов собственной пыльцой (вариант самоопыления). При поведении скрещиваний опылению было подвергнуто 911 женских шишечек, в т. ч. 98 – вариант с самоопылением. Снятие изоляторов производили при достижении макростробилами фазы «закрытой шишечки», когда наступало полное смыкание их семенных чешуй и шишечки приобретали естественную ориентацию в пространстве.

Учет сохранившихся шишечек проводили осенью в год проведения контролируемых скрещиваний и в мае следующего года (учет «озими»), когда у сосны обыкновенной происходит оплодотворение. Заготовку шишек, сформировавшихся при свободном опылении и от контролируемых скрещиваний, осуществляли отдельно по вариантам в середине декабря 2008 г. после полного их созревания.

Для расчета ОКС и СКС различных климатипов и конкретных вариантов скрещиваний по сохранности, длине и воздушно-сухой массе шишек, выходу полнозернистых семян и массе одного полнозернистого семени использовалась методика, приведенная А. П. Царевым, С. П. Погибой и В. В. Трениным [4].

Основная часть. Осенью в год проведения скрещиваний при учете однолетних шишечек выявлено, что в зависимости от происхождения опылителя среди материнских деревьев наблюдается значительная разница в их сохранности. Следует отметить, что по данным некоторых исследователей, на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в условиях свободного опыления женских шишечек наблюдается значительный их опад, составляющий около 50%, а в отдельных случаях и более [5, 6].

В наших исследованиях оказалось, что сохранность шишечек при свободном опылении оказалась равной 74,4 и 67,5% у материнских деревьев 21/252 и 29/651 соответственно. Что касается опыленных стробилов различной пыльцой, то при средней их сохранности для дерева 21/252, равной 59,7% (244 шт.), максимальное количество от общего числа опыленных сохранилось в вариантах с использованием опылителей сосны обыкновенной минского, эстонского и хмельницкого происхождений –

74,5, 70,6 и 62,3% соответственно. Средняя сохранность однолетних шишечек у материнского дерева 29/651 равна 66,8% (270 шт.), при этом наибольшая сохранность оказалась также при использовании для скрещиваний пыльцы сосны минского, хмельницкого и эстонского климатипов – 79,6, 76,6 и 75,5% соответственно.

Несколько ниже уровень сохранности однолетних шишечек оказался при использовании для опыления сосны обыкновенной местного происхождения пыльцы других опылителей. Так, в варианте с опылением женских стробилов дерева 21/252 пыльцой сосны обыкновенной оренбургского, псковского и волынского происхождений сохранность однолетних шишечек составила соответственно 59,6, 58,5 и 54,0%, а для материнского дерева 29/651 – 62,5, 62,7 и 69,8% соответственно при использовании этих же опылителей.

Минимальная же сохранность однолетних шишечек оказалась при опылении стробилов материнских деревьев 21/252 и 29/651 пыльцой ленинградского (54 и 58,5%) и мариэлского (42,9 и 54%) климатипов. В опытах с контролируемым опылением сохранность однолетних самоопыленных шишечек у деревьев 21/252 и 29/651 оказалась наименьшей из всех вариантов направленных скрещиваний и составила соответственно 32,0 и 43,8%.

При повторном учете перезимовавших гибридных шишек выявлено, что значительная часть их погибла из-за различных неблагоприятных факторов. У материнского дерева 21/252 общая сохранность зрелых шишек оказалась ниже сохранности однолетних на 28,4%, составив 31,3% (128 шт.). Максимальное значение данного показателя у дерева 21/252 оказалось при использовании пыльцы сосны эстонского (45,1%, или 23 шт.) и минского (41,2%, или 21 шт.) происхождений, при этом превышение над средним значением по всем кроссам составляет 1,4 и 1,3 раза соответственно. Несколько меньшая сохранность гибридных шишек оказалась в вариантах хмельницкого, волынского и оренбургского опылителей – соответственно 35,8 (19 шт.), 32 (16 шт.) и 28,8% (15 шт.). Сохранность же зрелых шишек при опылении пыльцой мариэлского и ленинградского опылителей оказалась ниже средней по всему опыту и составила соответственно 22,4 (11 шт.) и 20% (10 шт.).

У материнского дерева 29/651 по всем проведенным кроссам сохранность зрелых гибридных шишек оказалась выше по сравнению с 21/252, однако снизилась на 24% и составила 42,8% по всему опыту. Более половины от общего числа опыленных стробилов сохранилось в вариантах с использованием для контролируемых скрещиваний опылителей минского,

хмельницкого, эстонского происхождений – 57,1, 51,1 и 50,9% соответственно. Высокая сохранность зрелых шишек оказалась также при опылении стробиллов дерева 29/651 пыльцой сосны волынского и псковского происхождений – соответственно 47,2 и 43,1%. Минимальная сохранность зрелых шишек отмечена при опылении пыльцой сосны ленинградского и мариэлского происхождений – 26,4 и 30% соответственно. В вариантах с самоопылением женских стробиллов у материнских деревьев 21/252 и 29/651 не оказалось ни одной завязавшейся и сохранившейся зрелой шишки, что в полной мере может указывать на высокую самостерильность, присущую этим деревьям.

Анализ семян, сформировавшихся в условиях свободного опыления, позволяет заключить, что используемые в качестве материнских форм дерева 21/252 и 29/651 характеризуются высоким содержанием полнозернистых семян – 93,6 и 96,8% соответственно. Результаты подсчетов показали, что количество семян в пересчете на 1 шишку у этих деревьев является также высоким, составляя соответственно 24,4 (22,4 полнозернистых и 2,0 пустых) и 26,9 шт. (26,0 полнозернистых и 0,9 пустых).

По мнению А. Дрейманиса [7] и Э. И. Пихельгаса [8], с помощью искусственного опыления можно добиться увеличения количества семян в шишках. В наших исследованиях при проведении отдаленных направленных скрещиваний по сравнению со свободным опылением наблюдается значительное снижение содержания полнозернистых семян в пересчете на 1 гибридную шишку вследствие более жестких микроклиматических условий в изоляторах.

По данным В. Я. Попова и П. В. Тучина, выход полнозернистых семян из шишек в значительной степени обуславливается генотипами материнских и отцовских деревьев, при этом доля влияния материнских форм превышает долю отцовских компонентов скрещивания в 2–4 раза. Значительно большее влияние маточников на выход семян по сравнению с опылителями авторы подтверждают установленными высокими коэффициентами корреляции и сохраняющимися рангами при контролируемом и свободном опылении [9].

При поштучном учете гибридных семян с одновременным их подразделением на полнозернистые и пустые по вариантам контролируемых скрещиваний нами выявлена значительная их разнокачественность. По всем кроссам с участием материнского дерева 21/252 получено 1979 гибридных семян, из которых 1337 (67,6%) оказались полнозернистыми и 642 (32,4%) пустыми, а по 29/651 – 3305 шт., из которых 2240 (67,8%) полнозернистые и 1065 (32,2%) пустые. В зависимости от происхождения опылителей доленое участие полнозерни-

стых семян в шишках дерева 21/252 колеблется от 72 в варианте с минским опылителем до 58,4% при опылении пыльцой ленинградского климатипа, а по 29/651 – от 77,1 при опылении пыльцой сосны минского до 52,5% мариэлского происхождений. На уровне среднего значения и более по всем вариантам контролируемых скрещиваний оказалось число полнозернистых семян у дерева №21/252 в следующих вариантах скрещиваний: ♀ 21/252 × ♂ хмельницкий климатип, ♀ 21/252 × ♂ волынский климатип и ♀ 21/252 × ♂ эстонский климатип – 68, 68,1 и 70,4% соответственно.

Высокой оказалась доля полнозернистых семян и при опылении стробиллов материнского дерева 29/651 пыльцой хмельницкого и эстонского опылителей – 71,2 и 73,4% соответственно. Ниже среднего значения у 21/252 оказалась полнозернистость семян в вариантах контролируемых скрещиваний с использованием мариэлского, оренбургского и псковского опылителей – соответственно 64,8, 63,7 и 62,6%, а по 29/651 в вариантах скрещиваний ♀ № 21/252 × ♂ псковский климатип, ♀ № 29/651 × ♂ волынский климатип, ♀ № 29/651 × ♂ ленинградский климатип и ♀ № 29/651 × ♂ оренбургский климатип полнозернистыми оказались соответственно 66,3, 65,3, 62,8 и 59,4% семян.

Важным показателем эффективности контролируемых скрещиваний, помимо доли полнозернистых семян, является также количество завязавшихся и сформировавшихся полнозернистых семян в пересчете на 1 гибридную шишку. Общее количество семян (полнозернистых и пустых) в 1 шишке материнского дерева 21/252 в зависимости от кроссов составляет от 18,2 (♀ № 21/252 × ♂ минский климатип) до 8,3 шт. (♀ № 21/252 × ♂ мариэлский климатип) при средней величине по всему опыту 15,4 шт. С участием материнского дерева 29/651 при проведении контролируемых скрещиваний данный показатель варьируется от 22 при опылении пыльцой сосны волынского климатипа до 14,2 шт. в варианте с ленинградским опылителем, составив по всем кроссам 19,1 шт.

Количество полнозернистых семян в 1 шишке также характеризуется широкими пределами варьирования. При среднем значении по всем кроссам с участием материнского дерева 21/252, равном 10,4 шт., число полнозернистых семян изменяется от 13,1 (♀ № 21/252 × ♂ минский климатип) до 5,4 шт. (♀ № 21/252 × ♂ мариэлский климатип), а по 29/651 среднее количество полнозернистых семян в одной шишке составляет 12,9 шт., достигая максимального и минимального значений 15,8 и 8,9 шт. соответственно в вариантах минского и ленинградского опылителей.

Выше среднего значения по всем кроссам с участием 21/252 данный показатель оказался в

следующих вариантах контролируемых скрещиваний: ♀ № 21/252 × ♂ хмельницкий климатип, ♀ № 21/252 × ♂ оренбургский климатип, ♀ № 21/252 × ♂ волынский климатип и ♀ № 21/252 × ♂ эстонский климатип – соответственно 10,6, 10,9, 11,1 и 12,5 шт., а по 29/651 наилучшие значения данного показателя оказались в кроссах ♀ № 29/651 × ♂ хмельницкий климатип, ♀ № 29/651 × ♂ волынский климатип и ♀ № 29/651 × ♂ эстонский климатип – соответственно 13,1, 14,4 и 14,5 шт. При использовании для опыления стробиллов дерева 21/252 пыльцы климатипов сосны псковского и ленинградского происхождений наблюдается снижение данного показателя до 8,2 и 6,6 шт. соответственно, а по 29/651 ниже среднего значения по всем кроссам оказалось количество полнозернистых семян в 1 шишке для опылителей псковского, оренбургского, мариэлского и ленинградского происхождений – соответственно 11,8, 11,6, 9,2 и 8,9 шт.

На основании полученных результатов контролируемых скрещиваний по исследуемым показателям нами рассчитана генетическая ценность участвующих в контролируемом скрещивании родительских форм (опылителей и семенников). В лесном селекционном семеноводстве генетическую ценность родительских деревьев принято выражать в их комбинационной способности, т. е. способности скрещиваемых компонентов давать в первом поколении гибридное потомство с повышенной жизнеспособностью и продуктивностью. При этом различают общую комбинационную способность (ОКС), представляющую собой среднюю оценку отклонения потомства конкретного генотипа от средней величины всех включенных в опыт генотипов и специфическую комбинационную способность (СКС), являющейся средней величиной потомства, полученного от скрещивания 2 родителей.

Д. С. Фолконер считает, что «общая комбинационная способность представляет собой среднее значение по всем F₁, для которых данная линия является родительской, и ее величина выражается как отклонение от общего среднего по всем кроссам». Следовательно, каждый гибрид или кросс имеет ожидаемое значение, равное сумме общих комбинационных способностей родительских линий. Наблюдаемое отклонение по оцениваемым показателям в ту или иную сторону и представляет собой специфическую комбинационную способность (положительная или отрицательная СКС).

Использование для контролируемых скрещиваний одного и того же климатипа в качестве опылителя оказывает различное влияние на изучаемые показатели. Так, наибольшая положительная ОКС по сохранности зрелых шишек оказалась при опылении пыльцой сосны мин-

ского (+32,6%), эстонского (+29,4%) и хмельницкого (+17,3%) происхождений. Положительная ОКС оказалась также в вариантах контролируемых скрещиваний с использованием опылителя волынского происхождения (+6,7%). Отрицательная ОКС по данному показателю получена в результате скрещиваний местной сосны с сосной ленинградского (-37,5%), мариэлского (-29,4%), оренбургского (-11,5%) и псковского (-8,9%) происхождений.

Анализируя длину гибридных шишек, можно отметить превышения над средней величиной опыта в вариантах с использованием минского, эстонского и волынского опылителей – их ОКС равны +5,1, +4,1 и +3% соответственно. Положительная ОКС оказалась и при использовании опылителей хмельницкого и псковского происхождений – соответственно +1,3 и +0,2%. В остальных вариантах по длине зрелых гибридных шишек наблюдается отрицательная ОКС – соответственно -7,9, -4,5 и -1,0% для ленинградского, мариэлского и оренбургского опылителей.

По показателю воздушно-сухой массы одной гибридной шишки у 21/252 положительные значения ОКС получены при опылении пыльцой сосны обыкновенной минского, волынского, хмельницкого, эстонского, мариэлского и псковского происхождений – соответственно +8,1, +5,8, +5,6, +5, +2,2 и +1,2%. Отрицательная ОКС по данному показателю получена в вариантах опылителей ленинградского и оренбургского происхождений – соответственно -17,3 и -6,3%.

По выходу полнозернистых гибридных семян из шишек также наблюдаются значительные различия в зависимости от вариантов опылителей. Максимальная положительная ОКС по данному показателю характерна для минского (+30,6%) и эстонского (+21,6%) опылителей. Положительная ОКС оказалась также при опылении пыльцой волынского, хмельницкого и оренбургского опылителей – соответственно +15,3, +7,2 и +1,8%. Отрицательная ОКС оказалась в вариантах с опылением пыльцой мариэлского, ленинградского и псковского климатипов – соответственно -34,2, -29,7 и -9,9%.

Неодинаковой оказалась ОКС у различных климатипов также по массе 1 полнозернистого семени. Максимальная положительная ОКС по данному показателю свойственна эстонскому, хмельницкому, минскому и волынскому опылителям – соответственно +8,7, +5,1, +2,9 и +2,2%. Отрицательная ОКС получена в вариантах при использовании пыльцы ленинградского, псковского, мариэлского и оренбургского происхождений – соответственно -9,4, -4,3, -2,9 и -2,2%.

На основании полученных значений ОКС отцовских и материнских форм по исследуемым

показателям нами рассчитаны значения СКС всех кроссов. Анализируя полученные данные, можно заключить, что при использовании различных отцовских и материнских форм в качестве скрещиваемых компонентов наблюдаются значительные различия по исследуемым показателям. Так, использование материнского дерева 21/252 и опылителя хмельницкого происхождения обуславливает положительнык значения СКС данной пары по таким признакам, как длина (+0,7%) и воздушно-сухая масса гибридной шишки (+2,8%), а по сохранности зрелых шишек ОКС оказалась отрицательной (-4,8%). Применение данного опылителя при контролируемых скрещиваниях с материнским деревом 29/651 показало, что положительная СКС наблюдается только лишь по сохранности зрелых шишек (+3,7%).

Различными оказались СКС при опылении стробиллов материнских деревьев пылью вольнского климатипа. Положительная СКС получена у данного климатипа при скрещивании с 29/651 по сохранности зрелых шишек (+3,7%) и выходу полнозернистых семян из шишек (+2,1%), а при опылении стробиллов дерева 21/252 – по длине гибридных шишек (+0,9%) и воздушно-сухой массе гибридной шишки (+0,1%). Использование минского климатипа в качестве опылителя при скрещивании с материнским деревом 21/252 обуславливает положительную СКС по показателю массы 1 полнозернистого гибридного семени (+2,2%). При опылении стробиллов дерева 29/651 пылью этого же климатипа положительная СКС получена по сохранности зрелых шишек (+3,8%), их длине (+0,6%) и воздушно-сухой массе (+0,2%).

Разной оказалась СКС в вариантах скрещиваний при применении в качестве отцовской формы эстонского климатипа. Если при применении для скрещиваний материнского дерева 21/252 наблюдается положительная СКС по сохранности зрелых шишек (+7%) и выходу полнозернистых семян из шишки (+2,5%), то при опылении стробиллов дерева 29/651 СКС данной пары по этим же показателям оказалась отрицательной – соответственно -5,4 и -2%.

Что касается кроссов с участием мариэлского и ленинградского опылителей, то следует отметить, что при использовании их пыльцы наблюдается положительные значения СКС при скрещивании с материнскими деревьями 21/252 и 29/651. Так, по сохранности, длине и воздушно-сухой массе гибридных шишек при скрещивании мариэлского климатипа с 21/252 СКС оказалась равной соответственно +10, +0,5 и +4,6%, а по 29/651 положительная СКС оказалась только по выходу полнозернистых семян из шишки (+7%) и массе одного полнозернистого семени (+2,2%).

Наибольшие значения СКС оказались у ленинградского опылителя при скрещивании с деревом 21/252 по сохранности зрелых шишек (+16%) и выходу полнозернистых семян из шишек (+1,5%), а с участием дерева 29/651 – по воздушно-сухой массе (+6,4%) и длине (+2,2%) гибридных шишек.

Заключение. Анализ полученных значений ОКС и СКС по всем участвующим в контролируемых скрещиваниях родительским формам позволяет выделить наилучшие из них по ряду оцениваемых признаков. Для материнских деревьев сосны обыкновенной местного происхождения 21/252 и 29/651 при проведении контролируемых скрещиваний наиболее перспективными опылителями оказались климатипы сосны обыкновенной эстонского, минского, хмельницкого и вольнского происхождений.

Литература

1. Долголиков, В. И. Контролируемое скрещивание сосны и ели: метод. рекомендации / В. И. Долголиков, Р. Ф. Осьминина: Гос. ком. лесн. хоз-ва Совета Министров СССР; Лен. НИИ лесн. хоз-ва. – Л., 1976. – 30 с.
2. Стратегический план развития лесного хозяйства Беларуси / Мин-во лесн. хоз-ва Беларуси; Ин-т леса НАН Беларуси. – Минск: БГТУ, 1997. – 177 с.
3. Некрасова, Т. П. Значение эффективности опыления для урожая семян хвойных / Т. П. Некрасова // Лесовед. – 1983. – № 5. – С. 3–7.
4. Царев, А. П. Генетика лесных древесных пород / А. П. Царев, С. П. Погиба, В. В. Тренин. – изд. 3-е, стереотип. – М.: МГУЛ, 2002. – 340 с.
5. Коски, В. Пустые семена – часть выраженного генетического груза / В. Коски // Половая репродукция хвойных. – 1973. – Вып. 2. – С. 23–30.
6. Некрасова, Т. П. Рост и плодоношение у сосны обыкновенной / Т. П. Некрасова // Известия АН СССР. Сер. биол. наук. – 1972. – Вып. 3. – С. 45–53.
7. Dreimanis, A. Priedes sēklu veidošanaš atkarībā no apputesnēšanaš apstākļiem / A. Dreimanis // Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas raksti. – 1973. – № 51. – P. 63–70.
8. Пихельгас, Э. И. Цветение и семеношение привоев сосны на лесосеменных плантациях Эстонской СССР / Э. И. Пихельгас // Половая репродукция хвойных. – 1973. – Вып. 2. – С. 115–117.
9. Попов, В. Я. О взаимовлиянии маточников и опылителей на выход полнозернистых семян сосны обыкновенной / В. Я. Попов, П. В. Тучин // Материалы годичной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1981 г.: сб. ст. / Арх. ин-т леса и лесохимии; под ред. А. А. Листова (пред.) [и др.]. – Архангельск, 1982. – С. 47–49.