

УДК 630\*165.3

## ВНУТРИСЕМЕЙНЫЙ ОТБОР В ЛЕСНОЙ СЕЛЕКЦИИ

© 2021 г. А. Л. Федорков\*

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, ул. Коммунистическая, 28, Сыктывкар, 167982 Россия

\*E-mail: fedorkov@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 24.10.2018 г.

После доработки 16.06.2020 г.

Принята к публикации 03.02.2021 г.

Проанализированы отечественные и зарубежные работы, посвященные внутрисемейному отбору плюсовых деревьев в лесной селекции. По результатам исследования испытательных культур сосны обыкновенной проведен меж- и внутрисемейный отбор кандидатов в плюсовые деревья, рассчитаны значения селекционного дифференциала. На основе литературных и собственных данных сделан вывод о возможности использования внутрисемейного отбора в лесной селекции.

*Ключевые слова:* внутрисемейный отбор, испытательные культуры, лесосеменные плантации, межсемейный отбор, отбор по фенотипу, плюсовые деревья.

DOI: 10.31857/S0024114821030050

В соответствии с “Правилами создания...” (2015) для древесных пород, размножаемых преимущественно семенным путем, основными объектами лесного семеноводства, продуцирующими семена, являются лесосеменные плантации (ЛСП). ЛСП могут создаваться потомствами плюсовых деревьев, не прошедших генетическую оценку по потомству (ЛСП 1-го порядка), и клонами плюсовых деревьев, прошедших предварительную или окончательную генетическую оценку по потомству (ЛСП повышенной генетической ценности (ПГЦ) и 2-го порядка).

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН, тема “Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском северо-востоке России” (AAAA-A17-117122090014-8).

Для создания ЛСП ПГЦ (в зарубежной литературе их называют ЛСП 1.5-го порядка) и 2-го порядка плюсовые деревья отбираются по результатам оценки их семенных потомств в испытательных культурах (межсемейный отбор). В англоязычной литературе используется несколько терминов, определяющих межсемейный отбор и являющихся синонимами: *among family selection*, *among-parent selection* или *backward selection* (Ruotsalainen, Lindgren, 1998; Lindgren et al., 2008; Eriksson et al., 2013). Такой подход реализуется в Финляндии, где с 1997 г. действует программа замещения ЛСП 1-го порядка на ЛСП 1.5-го порядка, основанная на результатах межсемейного отбора (Naaranen et al., 2015). При межсемейном отборе обычно реко-

мендуется отбирать примерно 20% лучших деревьев (Eriksson et al., 2013), например, в финской селекционной программе из 5800 испытываемых плюсовых деревьев сосны для создания ЛСП 1.5-го порядка планируется отобрать 1600, то есть 17%.

При создании ЛСП в Швеции также используется межсемейный отбор, хотя отмечается, что он может быть, скорее всего, только однократным (Eriksson et al., 2013), поскольку после окончания срока эксплуатации ЛСП 1.5-го или 2-го порядков потребуются снова проводить межсемейный отбор. Если при этом использовать те же плюсовые деревья или отбирать новые деревья в естественных, “неулучшенных” насаждениях, то эффект селекции, полученный в результате предыдущего отбора, будет потерян. Не случайно дальнейшее развитие лесной селекции, как в Финляндии, так и Швеции, предусматривает проведение внутрисемейного отбора в испытательных культурах, созданных семенными потомствами плюсовых деревьев различных категорий (Rosvall et al., 2011; Ruotsalainen, Persson, 2013; Царёв, 2014). Внутрисемейный отбор (*within family selection*, *within-parent selection* или *forward selection*) означает отбор в качестве плюсовых лучших деревьев в полусибсовых или сибсовых семьях (Ruotsalainen, Lindgren, 1998; Lindgren et al., 2008; Eriksson et al., 2013).

Цель данной работы — исследовать испытательные культуры плюсовых деревьев сосны обыкновенной и провести сравнительный межсемейный и внутрисемейный отбор кандидатов в плюсовые деревья.

**Таблица 1.** Результаты межсемейного и внутрисемейного отбора в испытательных культурах плюсовых деревьев сосны обыкновенной

Межсемейный отбор				Внутрисемейный отбор			
ранг семьи	номер семьи	высота семьи, м	<i>S</i> , %	ранг дерева	высота дерева, м	номер семьи	<i>S</i> , %
1	288	9.1	25	1	11.0	190	51
2	101	9.0	23	2	10.5	101	44
3	185	8.2	12	3	10.4	199	42
4	197	8.2	12	4	10.2	180	40
5	285	7.9	8	5	10.0	197	37
6	330	7.9	8	6	10.0	288	37
7	207	7.8	7	7	9.6	201	32

Примечание. Номер семьи соответствует номеру плюсового дерева по предприятию. Жирным шрифтом выделены ранги деревьев-полусибсов, чьи материнские деревья уже отобраны в результате межсемейного отбора.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА

В качестве объекта исследования выбраны испытательные культуры сосны обыкновенной, заложенные в Сыктывкарском лесничестве Республики Коми на территории бывшего лесного питомника под методическим руководством Сыктывкарской лесной производственной семеноводческой станции. Посадка 2-летних сеянцев производилась весной 1997 г. вручную под меч Колесова с размещением  $5 \times 0.5$  м, площадь участка 2.1 га. В опыте представлена 61 полусибсовая семья плюсовых деревьев сосны, отобранных по фенотипу в этом же лесничестве. Делянки 20-деревные, рядовые, размещены рендомизированно в 1–11-кратной повторности. Для исследования отобрали 37 семей (по 4 повторности) и весной 2017 г. в каждой делянке (повторности) измерили высоту и диаметр у 5 наиболее высоких деревьев (740 шт.). Оценка согласия между эмпирическим и нормальным распределением, проведенная по критерию Колмогорова–Смирнова  $\lambda$ , показала соответствие нормальному распределению ( $\lambda = 0.631$ ;  $P < 0.01$ ), что позволяет использовать параметрические методы анализа. Рассчитаны средние посемейные высоты и средняя высота культур. На основании ранжирования полусибсовых семей по средней высоте и ранжирования всех деревьев по индивидуальной высоте проведен межсемейный (примерно 20% лучших семей) и внутрисемейный (примерно 1% лучших деревьев) отбор. Рассчитан селекционный дифференциал (*S*), то есть разница между высотой семьи (при межсемейном отборе) и дерева (при внутрисемейном отборе) и средней высотой культур (Царёв и др., 2013). Для вычислений использован пакет программ Statistica 6.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В целом сохранность растений в испытательных культурах к 19-летнему возрасту составила 42%, средняя высота – 7.3 м. В результате межсе-

мейного отбора примерно 20% лучших семей отобрано 7 семей, в результате внутрисемейного отбора 1% лучших полусибсов отобрано 7 деревьев (табл. 1). Для получения большего эффекта селекции рекомендуется при создании ЛСП сочетание межсемейного и внутрисемейного отбора (Ruotsalainen, Lindgren, 1998), однако в нашем случае оказалось, что при внутрисемейном отборе три дерева относятся к семьям, уже отобранным при межсемейном отборе. Во избежание близкородственных скрещиваний такие деревья не следует использовать при создании ЛСП вместе со своими “матерями” (табл. 1).

В среднем селекционный дифференциал при межсемейном отборе составил около 14%, внутрисемейном – 40% (табл. 1), что объясняется большей изменчивостью индивидуальных высот по сравнению с высотами семей. Считается что внутрисемейный отбор менее точный, чем межсемейный (Rosvall et al., 2011), но его точность можно повысить, клонируя отобранные деревья методом прививки для полевых испытаний (Andersson Gull, Mullin, 2013). Хотя имеющиеся данные не позволяют рассчитать значение коэффициента наследуемости при внутрисемейном отборе, более высокие оценки селекционного дифференциала в целом соответствуют литературным данным о более высоком генетическом улучшении при внутрисемейном отборе по сравнению с межсемейным (Hannrup et al., 2007; Lindgren et al., 2008; Dapusevičius, Lindgren, 2010). Кроме того, при внутрисемейном отборе селекционный цикл сокращается, что приводит к увеличению генетического улучшения на единицу времени (Ruotsalainen, Lindgren, 1998). Также сообщается, что отбор среди семей с высокими рангами дает большее генетическое улучшение, чем внутрисемейный отбор в семьях от свободного опыления, тогда как для семей с более низкими рангами справедливо обратное (Ruotsalainen, 2002).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в тех регионах Российской Федерации, где имеются испытательные культуры, для создания новых ЛСП наряду с межсеме́йным можно проводить и внутрисеме́йный отбор. Сочетание межсеме́йного и внутрисеме́йного отбора при создании ЛСП может быть даже более экономически оправданным, чем использование этих двух видов искусственного отбора по отдельности (Ruotsalainen, Lindgren, 1998). ЛСП такого типа следует называть ЛСП 2-го цикла, в отличие от ЛСП 1.5-го и 2-го порядков, создаваемых по результатам межсеме́йного отбора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Правила создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов). Утверждены приказом Минприроды России от 20.10.2015 № 438 (документ предоставлен правовой системой "КонсультантПлюс", дата обращения 09.01.2017).

Царёв А.П. Программы лесной селекции: зарубежный и отечественный опыт (обзор) // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 3. С. 71–75.

Царёв А.П., Погиба С.П., Лаур Н.В. Селекция лесных и декоративных древесных растений. М.: Изд-во МГУЛ, 2013. 543 с.

Andersson Gull B., Mullin T.J. Extension of best practice to other species in Europe (Best practice for tree breeding in Europe). 2013. Uppsala: SkogForsk, P. 77–90.

Danusevičius D., Lindgren D. Efficiency of breeding strategy where grandparents – but not parents – contribute equally to the breeding population // *Annals of Forest Science*. 2010. V. 67. № 4. P. 404.

Eriksson G., Ekberg I., Clapham D. Genetics applied to forestry. An introduction. 3<sup>rd</sup> ed. Uppsala: Swedish University of Agricultural sciences, 2013. 208 p.

Haapanen M., Jansson G., Nielsen U.B., Steffenrem A., Stener L.-G. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production – a review of breeding activities and genetic gain in Scandinavia and Finland. Uppsala: SkogForsk, 2015. 55 p.

Hannrup B., Jansson G., Danell Ö. Comparing gain and optimum test size from progeny testing and phenotypic selection in *Pinus sylvestris* // *Canadian J. Forest Research*. 2007. V. 37. № 7. P. 1227–1235.

Lindgren D., Danusevičius D., Rosvall O. Balanced forest tree improvement can be enhanced by selecting among many parents but maintaining balance among grandparents // *Canadian J. Forest Research*. 2008. V. 38. № 11. P. 2797–2803.

Rosvall O., Almqvist C., Lindgren D., Mullin T. Alternative breeding strategies (Review of the Swedish tree breeding programme). 2011. Uppsala: SkogForsk, P. 55–66.

Ruotsalainen S. Managing breeding stock in the initiation of a long-term tree breeding program. Thesis. Finnish Forest Research Institute, Research Papers. 2002. № 875. 95 p.

Ruotsalainen S., Lindgren D. Predicting genetic gain of backward and forward selection in forest tree breeding // *Silvae Genetica*. 1998. V. 47. № 1. P. 42–50.

Ruotsalainen S., Persson T. Scots pine – *Pinus sylvestris* L. (Best practice for tree breeding in Europe). Uppsala: SkogForsk, 2013. P. 49–64.

## Intrafamily Selection in Forest Breeding

A. L. Fedorkov\*

*Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the RAS, Kommunisticheskaya st. 28, Syktyvkar, 167982 Russia*

\*E-mail: fedorkov@ib.komisc.ru

Both Russian and foreign works on a subject of the intrafamily selection of plus trees in forest breeding have been analyzed. Based on the results of the study of Scots pine test crops, an inter- and intra-family selection of plus trees candidates was carried out, the values of the selection differential were calculated. Based on the literature and our own data, a conclusion was made about the possibility of using intrafamily selection in forest breeding.

*Keywords: intrafamily selection, test crops, forest seed plantations, interfamily selection, selection by phenotype, plus trees.*

## REFERENCES

Andersson Gull B., Mullin T.J., *Extension of best practice to other species in Europe (Best practice for tree breeding in Europe)*, 2013, Uppsala: SkogForsk, pp. 77–90.

Danusevičius D., Lindgren D., Efficiency of breeding strategy where grandparents – but not parents – contribute equally to the breeding population, *Annals of Forest Science*, 2010, Vol. 67, No. 4, pp. 404.

Eriksson G., Ekberg I., Clapham D., Genetics applied to forestry. An introduction. Uppsala: Swedish University of Agricultural sciences, 2013, 208 p.

Haapanen M., Jansson G., Nielsen U.B., Steffenrem A., Stener L.-G. The status of tree breeding and its potential for improving biomass production – a review of breeding activities and genetic gain in Scandinavia and Finland. Uppsala: SkogForsk, 2015. 55 p.

Hannrup B., Jansson G., Danell Ö., Comparing gain and optimum test size from progeny testing and phenotypic selection in *Pinus sylvestris*, *Canadian Journal of Forest Research*, 2007, Vol. 37, No. 7, pp. 1227–1235.

Lindgren D., Danusevičius D., Rosvall O., Balanced forest tree improvement can be enhanced by selecting among ma-

ny parents but maintaining balance among grandparents, *Canadian Journal of Forest Research*, 2008, Vol. 38, No. 11, pp. 2797–2803.

Pravila sozdaniya i vydeleniya ob'ektov lesnogo semenovodstva (lesosemennykh plantatsii, postoyannykh lesosemennykh uchastkov i podobnykh ob'ektov) (Rules for the creation and allocation of forest seed-growing objects (forest seed plantations, permanent forest seed plots and similar objects), available at <http://www.consultant.ru/> (January 09, 2017).

Rosvall O., Almqvist C., Lindgren D., Mullin T., *Alternative breeding strategies (Review of the Swedish tree breeding programme)*, 2011, Uppsala: SkogForsk, pp. 55–66.

Ruotsalainen S., Lindgren D., Predicting genetic gain of backward and forward selection in forest tree breeding, *Silvae Genetica*, 1998, Vol. 47, No. 1, pp. 42–50.

Ruotsalainen S., *Managing breeding stock in the initiation of a long-term tree breeding program*, Thesis. Finnish Forest Research Institute, Research Papers, 2002, No. 875, 95 p.

Ruotsalainen S., Persson T., *Scots pine – Pinus sylvestris L. (Best practice for tree breeding in Europe)*, Uppsala: SkogForsk, 2013, pp. 49–64.

Tsarev A.P., Pogiba S.P., Laur N.V., *Selektsiya lesnykh i dekorativnykh drevesnykh rastenii* (Selection of forest and ornamental woody plants), Moscow: Izd-vo MGUL, 2013, 543 p.

Tsarev A.P., Programmy lesnoi selektsii: zarubezhnyi i otechestvennyi opyt (obzor) (Programs of forest tree breeding: foreign and home experience (review)), *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No. 3, pp. 71–75.