

University of West Hungary

Summary of Ph.D. thesis

Climatic adaptability and plastic response to climate change in
Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations

László Nagy

Sopron
2010

“Roth Gyula” Doctoral School of Forestry and Wildlife
Management

Programme: Ecology and diversity of forest ecosystems

Supervisor: Dr. Csaba Mátyás

Introduction

Significant part of the Hungarian forests is close to the lower (xeric) forest border. Drought-induced pest outbreaks causing mass mortality in Norway spruce and beech during the last decades forecast serious challenges for the forestry sector. Investigations on the macroclimatic adaptability of forest tree species offer valuable tools and possibilities to assess the effects of climate change to the local forest cover.

Aims

The primary aims of the research were:

- to investigate the adaptive variability of Scots pine populations;
- to describe geographic and ecological patterns of adaptive variability;
- to specify the role of macroclimatic parameters on quantitative traits;
- to model adaptive responses to local climatic scenarios based on common garden test data sets;
- to specify populations of high phenotypic plasticity that might tolerate increasing drought stress.

Materials and methods

Analysis of common garden test data sets is a relatively affordable and direct method to quantify climate change responses. In common garden tests, the test conditions are often very different from the original climatic environments that the tested populations are adapted to. Adaptive responses of transferred populations might be interpreted as a simulation of the effects caused by climate change equalling the ecological distance of the original site and the test site.

A provenance trial series covering the major part of the species distribution area has been established by the VNIILM in the former Soviet Union and by the ERTI in Hungary during the late seventies. Data sets of these 37 tests and 145 provenances have been analyzed.

Climatic data have been interpolated from the global surface models of the Worldclim public database to the provenance and test locations.

Simple regression models have been set up using growth and climate data to describe the ecological and geographic pattern of climatic adaptability and the plasticity of the studied populations.

Results and conclusions

Justifying the results of early assessments, notable between population variation has been found in adaptive traits. Best performance in Hungarian trials was reported in case of Central and East-European populations representing moderate continental climates of Poland, the steppe and forest steppe belt of The Ukraine and Western Russia. Growth of these populations often matches to the local population's growth and exceeds the site mean by 10-15 percent.

Between population variation of growth characteristics shows strong and deterministic correlation to climatic factors. The clear clinal pattern is dominated by thermal parameters, while the effect of precipitation seems to remain secondary. Macroclimatic effect on within population variation remains undetected in local test data sets.

Adaptive response to population transfer – and to simulated climate change – is strongly linked to changes in thermal environment. Changes in precipitation show also significant effects, but to a less extent. Latitudinal effects are strongly correlated to temperature change, temperature independent photoperiodic effect was not found.

The response of populations from different zones of the species distribution is divergent, as different climatic factors dominate the selection pressure.

Data subset from six Russian trials of moderate continental climate has been analysed in order to quantify the effects of the projected local climate change. An increase of average annual temperature of 2 °C might result in 15 percent decrease in height growth along the xeric forest limit. Due to the absence of detailed and reliable mortality data, the analysis did not cover exact delineation of drought tolerance limits.

The results proved that the southern populations are under significant drought stress even if they are assumedly adapted to warmer and drier environments. Escaping the stress by transferring to humid climates, these populations have limited capacity to take advantage of the higher site potential and of the less restraining environment.

Joint regression analysis of common garden test data sets shows remarkable variability in phenotypic plasticity. Special adaptedness to arid sites has been reported in majority of the continental Central and East-European provenances. The production of these populations are above average, but even a minor change towards the tolerance limits might exhaust their

adaptability and lead to serious losses in fitness. Special adaptedness to harsh climates, coupling usually with low production and adaptability, has been found mainly in boreal and Asian provenances.

Although populations showing favourable general adaptability are scattered throughout the whole distribution range, the momentum of their occurrence lies in Western Russia. Regions of provenances of high performance and of good general adaptability did not match but overlap along the border of Russia and The Ukraine.

In accordance with the recent research on macroclimatic adaptability of Norway spruce and beech, the results underline that domestic forest tree populations grow under strong environmental stress along their lower limit of distribution. Even a minor increase in temperature that strengthens the drought stress may lead to loss of fitness, to higher susceptibility to pests and diseases and increases the risk of mass mortality. Therefore legal principles and practical recommendations on forest propagation material transfer and use should be drawn more strictly and cautiously in order to maintain the stability of the forest cover.

Theses

I. The Eurasian Scots pine show remarkable eco-geographic variability in regard of adaptedness and adaptability. The between population variation shows a clear cline determined primarily by temperature factors. The effect of precipitation and light climate is inferior.

II. The existence and deterministical nature of the relations between adaptive traits and environmental factors enables modelling projected climate change effects based on empirical data.

III. An increase of average annual temperature of 2 °C might result in 15 percent decrease in height growth of Scots pine populations along the xeric forest limit.

IV. High phenotypic plasticity might buffer fast climatic changes as long as they are not exceeding tolerance limits. The variability in phenotypic plasticity shows correlation to climatic, primarily thermal, parameters. The proposed model was suitable for describing the ecological and geographical

variation in plasticity. Favourable width of plasticity, good general adaptability has been reported in case of Western Russian populations. Regions of provenances of high performance and of good general adaptability overlap along the border of Russia and The Ukraine.

V. Facing a climate change that might affect the majority of the domestic forest cover, special emphasis should be given on capitalizing on plasticity (adaptability) instead of current production (local and temporal adaptedness) during evaluation, selection and future use of forest reproduction material sources.

Publications

Books

- [1] NAGY L. (2002): Feketefenyő. In: MÁTYÁS Cs. (2002): Erdészeti-természetvédelmi genetika, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 362-366. [Austrian black pine / Forest and nature conservation genetics]
- [2] MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2009): Genetic background of response of trees to aridification at the xeric forest limit and consequences for bioclimatic modelling. In: STRELCOVÁ, K. ET AL. (szerk.): Bioclimatology and natural hazards. Springer, p. 179-196.

Publications in Hungarian

- [3] BARTHA D., NAGY L. (1999): A hazai szil fajok génmegőrzése. In: MÁTYÁS Cs. (szerk.): Genetikailag veszélyeztetett, ritka fafajok génmegőrzésének gyakorlati teendői. OMMI, Budapest, p. 36-41. [Gene conservation of native elm species / Practical guidelines of the conservation of genetically endangered, rare tree species]
- [4] KOLTAY A., NAGY L. (1999): Feketefenyő klónok fogékonysága a *Sphaeropsis sapinea* és *Dothistroma septospora* kórokozók fertőzésével szemben. Erdészeti Kutatások **89**:151-162. [Susceptibility of Austrian black pine genotypes to *Sphaeropsis sapinea* and *Dothistroma septospora*]
- [5] NAGY L. (1999): Kövi benge (*Rhamnus saxatilis*). In: BARTHA D., BÖLÖNI J., KIRÁLY G. (szerk.):

- Magyarország ritka fa- és cserjefajai. *Tilia* **7**: 261-268. [Rock buckthorn (*Rhamnus saxatilis*) / Rare trees and shrubs of Hungary]
- [6] KOLTAY A., NAGY L. (2000): Rezisztencia-vizsgálatok erdei- és feketefenyőn. Magkutató, Termesztés, Kereskedelem **14** (1): 42-43. [Resistance breeding in Austrian black pine]
- [7] NAGY L. (2000): A fenyőnemesítés jelenlegi helyzete, a várható tendenciák. Magkutató, Termesztés, Kereskedelem **14** (1): 40-41. [Current status and perspectives of conifer breeding]
- [8] NAGY L. (2000): Ex situ génmegőrzési tevékenység az ERTI-ben. Magkutató, Termesztés, Kereskedelem **14** (1): 41-42. [Ex situ gene conservation activities in the Forest research Institute]
- [9] BOROVICS A., GERGÁCZ J., NAGY L. (2002): A biológiai alapok hasznosítása az erdészetben. Az Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 17. Az erdészeti kutatás szerepe az ágazat fejlesztésében, p. 43-50. [Utilization of genetic backgrounds in forestry]
- [10] KOLTAY A., NAGY L. (2002): A *Sclerophoma pithyophila* (CORDA) HÖHN biológiája és különböző erdeifenyő klónok eltérő fogékonysága a kórokozóval szemben. Erdészeti Kutatások **90**: 170-175. [The biology of *Sclerophoma pithyophila* (CORDA) HÖHN and susceptibility of Scots pine genotypes]
- [11] MÁTYÁS CS., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2007): Klimatikus stressz és a fafajok genetikai válaszreakciója az elterjedés szárazsági határán: elemzés és előrejelzés, In: MÁTYÁS CS., VIG P. (szerk.): Erdő és klíma V., Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, p. 241-255. [Climatic stress and genetic

responses in the xeric forest limits: analysis and prognosis]

- [12] MÁTYÁS CS., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2009): Klimatikus stressz és a fafajok genetikai válaszreakciója az elterjedés szárazsági határán: elemzés és előrejelzés. Klíma-21 Füzetek **56**: 57-65. [Climatic stress and genetic responses in the xeric forest limits: analysis and prognosis]

Publications in English and German

- [13] COLLIN, E., RUSANEN, M., AKZELL, L., BOHNEN, J., A. DE AGUIAR, S. DIAMANDIS, A. FRANKE, L. GIL, L. HARVENGT, P. HOLLINGSWORTH, G. JENKINS, A. MEIER-DINKEL, L. MITTEMPERGHER, B. MUSCH, L. NAGY, M. PAQUES, J. PINON, D. PIOUS, P. ROTACH, A. SANTINI, A. VAN DEN BROECK, H. WOLF (2004): Methods and progress in the conservation of elm genetic resources in Europe. *Sistemas y Recursos Forestales* **13**(1): 261-272.
- [14] NAGY L., DUCCI, F. (2004): EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for field maple (*Acer campestre*), International Plant Genetic Resources Institute, Róma, 6 pp.
- [15] MÁTYÁS CS., NAGY L. (2005): Genetic potential of plastic response to climate change. Proceedings of the Conference 'Genetik und Waldbau', Teisendorf, Germany, p. 55-69.
- [16] BOROVICS A., NAGY L. (2007): Forest genetic conservation. In: TÖRÖK K., TORDA G. (ed.): Review of biodiversity research results from Hungary that directly contribute to the sustainable use of biodiversity in

Europe. Institute of Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, p. 12-15.

- [17] ČELEPIROVIĆ, N., IVANKOVIĆ, M., GRADEČKI-POŠTENJAK, M., NAGY L., BOROVICS A., AGBABA, S. N., LITTVAY, T. (2009): Review of investigation of variability of nad1 gene intron B/C of mitochondrial genome in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Periodicum Biologorum* **111** (4): 453-457.

Abstracts

- [18] KOLTAY A., NAGY L. (2000): Erdei és feketefenyő klónok eltérő érzékenysége néhány túlélhalást előidéző kórokozóval szemben. *Növényvédelmi Tudományos Napok, 2000. 03. 22-23.*, Budapest, p. 104. [Variation in susceptibility to needle devouring fungi in Scots pine and Austrian black pine genotypes]
- [19] KOLTAY A., NAGY L. (2001): Változatosság a hajtáspusztulást, tűvörösödést előidéző kórokozókkal szembeni érzékenység tekintetében erdei- és feketefenyőn. VII. *Növénynevelési Tudományos Napok, 2001. 01. 23-24.*, Budapest, p. 58. [Variation in susceptibility to needle devouring fungi in Scots pine and Austrian black pine genotypes]
- [20] MÁTYÁS Cs., NAGY L. (2001): Az erdészeti genetikai erőforrások megőrzése. VII. *Növénynevelési Tudományos Napok, 2001. 01. 23-24.*, Budapest, p. 45. [Conservation of forest genetic resources]
- [21] NAGY L., MÁTYÁS Cs. (2001): Modellierung der phänotypischen Variation von eurosibirischen

- Kieferherkünften. Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen, SLAF, Graupa, p. 233-234. [Modelling phenotypic plasticity in Euro-Siberian Scots pine provenances]
- [22] MÁTYÁS Cs., NAGY L. (2004): Konservativität der Anpassung im Klimawandel - aus der Sicht eines transkontinentalen Kiefern-Provenienzversuches. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft, 2004. 09. 20-22., Teisendorf, Németország, p. 7-8. [Conservatism in adaptation to climate change]
- [23] MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2007):Klimatikus stressz és a fajok válaszreakciójának elemzése közös tenyészkerti kísérletek alapján. A Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karának Erdészeti Tudományos Konferenciája, 2007. 12. 11., Sopron, p. 24. [Climatic stress and analysis of responses of forest tree populations in common garden tests]
- [24] MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2008): A klímaváltozás hatása fajokunk alkalmazkodóképességére – elemzés és előrejelzés. Erdészeti Lapok **143**: 206. [The effect of climate change on the adaptability of forest tree species – analysis and prognosis]

In press

- [25] FÜHRER E., RASZTOVITS E., CSÓKA Gy., LAKATOS F., BORDÁCS S., NAGY L., MÁTYÁS Cs. (2009): Current status of European beech (*Fagus sylvatica* L.) genetic resources in Hungary. Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae, Praha

- [26] MÁTYÁS Cs., BOROVICS A., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2009): Genetically set response of trees to climatic change, with special regard to the xeric (retreating) limits. Forstarchiv, Hannover, 80:

Posters

MÁTYÁS Cs., NAGY L. (2001): Adaptational pattern of East-European Scots pine populations. Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen, 2000. 03. 14-16., Pirna, Németország

NAGY L. (2008): Erdei fafajaink génkészletének megőrzése. Az Országos Erdészeti Egyesület 139. Vándorgyűlése, 2008. 07. 11-12., Debrecen [Conservation of forest genetic resources]

Presentations

KOLTAY A., NAGY L. (2000): Erdei és feketefenyő klónok eltérő érzékenysége néhány túlhalást előidéző kórokozóval szemben. Növényvédelmi Tudományos Napok, 2000. 03. 22-23., Budapest [Variation in susceptibility to needle devouring fungi in Scots pine and Austrian black pine genotypes]

NAGY L., MÁTYÁS Cs. (2000): Modellierung der phänotypischen Variation von eurosibirischen Kieferherkünften. Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen, 2000. 03. 14-16., Pirna, Németország [Modelling phenotypic plasticity in Euro-Siberian Scots pine provenances]

- KOLTAY A., NAGY L. (2001): Változatosság a hajtáspusztulást, tűvörösödést előidéző kórokozókkal szembeni érzékenység tekintetében erdei- és feketefenyőn. VII. Növénynevelési Tudományos Napok, 2001. 01. 23-24., Budapest [Variation in susceptibility to needle devouring fungi in Scots pine and Austrian black pine genotypes]
- MÁTYÁS Cs., NAGY L. (2001): Az erdészeti genetikai erőforrások megőrzése. VII. Növénynevelési Tudományos Napok, 2001. 01. 23-24., Budapest
- BOROVICS A., GERGÁCZ J., NAGY L. (2002): A biológiai alapok hasznosítása az erdészetben. Az erdészeti kutatás szerepe az ágazat fejlesztésében, 2002. 11. 06., Budapest [Utilization of genetic backgrounds in forestry]
- NAGY L. (2002): National activities on gene conservation of noble hardwoods. EUFORGEN Noble Hardwoods Network Meeting 6, 2002. 06. 08-13., Alter do Chao, Portugália
- NAGY L. (2002): Erdeifenyő populációk adaptív változatossága. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Erdészeti Szakosztályának II. Erdészeti Szakkonferenciája, 2002. 10. 11-12., Ojtoz [Adaptive variability in Scots pine populations]
- MÁTYÁS Cs., NAGY L. (2004): Konservativität der Anpassung im Klimawandel - aus der Sicht eines transkontinentalen Kiefern-Provenienzversuches. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft, 2004. 09. 20-22., Teisendorf, Németország [Conservatism in adaptation to climate change]
- NAGY L. (2005): Óshonos fafajaink genetikai hátterének megőrzése. „A szaporítóanyag-gazdálkodás és

- erdőművelés természetközeli módszerei” Szakmai Nap, 2005. 03. 30., Sárvár [Conservation of genetic background of native tree species]
- MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2005): Az alkalmazkodás genetikai tartalékának elemzése származási kísérletek alapján. VIII. Erdő- Vad- és Fatudományi Fórum, MTA, Budapest, 2005. máj. 17. [Analysis of the genetic background of adaptability based on provenance test data]
- NAGY L. (2006): Cönológiai felvételek Pro Silva mintaterületeken. Pro Silva szakmai napok és konzultáció, 2006. 07. 05-07., Ivánc [Coenological investigations in Pro Silva stands]
- MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2006): Az adaptáció és tolerancia genetikai korlátai. Az „Éghajlati bizonytalanság és a hazai erdőtakaró fenyegetettsége: hatás-előrejelzés és felkészülés” program záró konferenciája, 2006. 10. 27., Mátrafüred [Genetic limits of adaptation and tolerance]
- NAGY L. (2007): Conservation of forest genetic resources. COST E44 Training School „Plantation Timber – new challenges”, 2007. 05. 7-11., Sopron
- MÁTYÁS Cs., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2007): Klimatikus stressz és a fafajok válaszreakciójának elemzése közös tenyészkerti kísérletek alapján. Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kari Tudományos Konferencia, 2007. 12. 11., Sopron [Climatic stress and analysis of responses of forest tree populations in common garden tests]
- NAGY L. (2008): Forest gene resources conservation in Hungary. 7th EUFORGEN Conifers Network Meeting, 2008. 06. 10-12., Sopron

MÁTYÁS CS., NAGY L., UJVÁRINÉ JÁRMAY É. (2008): A klímaváltozás hatása fafajaink alkalmazkodóképességére: elemzés és előrejelzés. Az Országos Erdészeti Egyesület 139. Vándorgyűlése, 2008. 07. 11-12., Debrecen [The effect of climate change on the adaptability of forest tree species – analysis and prognosis]

