

NÖVEDÉKCSÖKKENÉS ELŐREVETÍTÉSE EGY BÜKK SZÁRMAZÁSI KÍSÉRLET ALAPJÁN

Horváth Anikó és Mátyás Csaba

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A származási kísérletek egyedülálló lehetőséget kínálnak az előrevetített klímaváltozás erdei fajajokra gyakorolt hatásának tanulmányozására. 1998-ban a IUFRO szervezésében Európa szerte több bükk származási kísérlet létesült. Ezek közül ökológiaileg fontos helyet foglal el a Zala megyei Bucsuta, mivel a helyszín a legközelebb fekszik a faj szászarsági erdőhatárához. A Bucsután elültetett külföldi származások az áttelepítéssel melegebb és szárazabb környezetbe kerültek, ezért a populációknak a megváltozott klímában megfigyelt reakciója értékes információként szolgálhat a jövőre nézve. Jelen tanulmány célja a gyors klímaváltozás következtében fellépő, nem kielégítő alkalmazkodottságból adódó növedékcsökkenés mértékének a meghatározása. Kiválasztottuk azt a klimatikus faktort, amely a legszorosabb összefüggést mutatta a vizsgált tulajdonsággal, jelen esetben az átmérővel. A klimatikus változók közül az Ellenberg-index bizonyult a legjelentősebbnek, így ennek függvényében határoztuk meg azt a növedékcsökkenést leíró függvényt, amely megadja az alkalmazkodottsági hiányból származó növedékcsökkenést. Az összefüggés felhasználható a feltételezett klímaváltozás hatásának előrevetítésére.

Kulcsszavak: közös tenyészkert, Ellenberg-index, szárazsági határ, alkalmazkodás, genetikai változatosság

ESTIMATION OF INCREMENT DECLINE CAUSED BY CLIMATE CHANGE, BASED ON DATA OF A BEECH PROVENANCE TRIAL

Abstract

Out of the 1998 series of the international beech provenance trials, one experiment was established in Bucsuta, SW Hungary. The site is close to the low-elevation, xeric distributional limit of the species. The climatic conditions are the most extreme compared with other experiments. Bucsuta is therefore the most suitable site to model responses of populations to sudden climatic changes, simulated by transfer. Plot averages of 15-year diameter, measured on the 5 largest trees per plot were analyzed. Out of the climatic variables, the ones determined by summer temperatures (T_{\max} , TQW) and drought conditions (DMI, EQ) were significant. Not surprisingly, Ellenberg's drought index has shown the best correlation and was selected for the characterization of ecodistance. The climatic distance between the provenance origin and the test site, and the 15-year diameter data were used to establish a linear transfer function of high significance ($p=0.0006$). The regression (Fig. 3) indicates a monotonous decline which has no maximum value at "0" ecodistance, and may be used for the estimation of growth decline caused by changing climatic conditions.

Keywords: common garden, Ellenberg's climate quotient, xeric limit, adaptation, genetic variability



BEVEZETÉS

A század végére előrevetített klímaváltozás sebessége meghaladja fafajaink természetes migrációs és adaptációs képességét (Davis és mtsai 2005; Mátyás 2005). Az átlaghőmérséklet-emelkedés mellett az extrém időjárási jelenségek (pl. aszály) gyakorisága és intenzitása is várhatóan növekedni fog, amely próbára teszi az erdei fajok ökológiai tűrőképességét (Gálos és mtsai 2010).

A közönséges bükk (*Fagus sylvatica* L.) egész Európában domináns és gazdaságilag fontos faj. Közép- és dél-európai elterjedését a csapadékhiány jelöli ki, ezért a klímaváltozás tükrében ezek a marginális populációk fokozott figyelmet érdemelnek. A szárazsági határon a rosszabbodó klimatikus feltételek következtében a növekedés visszaesése várható (Mátyás és mtsai 2009; Jezik és mtsai 2011; Hlasny és mtsai 2014). Az elhúzódozó aszályos periódusok miatt legyengült állományokban a kórokozókkal és kártevőkkel szemben megnövekedett fogékonyság már sok esetben a bükk tömeges pusztulását okozta (Jung 2009; Lakatos és Molnár 2009).

A bükk nagy elterjedési területén különböző klimatikus feltételekhez alkalmazkodott, ezért a makroklima által formált génkészlet az elterjedési terület különböző pontjain eltérő lehet. A génkészlet által meghatározott, az erdészet szempontjából fontos fenotípusos sajátosságok (pl. fakadási időpont, növekedési ciklus hossza) így nagymértékben különbözhetnek. A klímatolerancia tekintetében jelentős eltérések lehetnek, ezért az eltérő származású populációk összehasonlítása lehetőséget adhat a tolerancia vizsgálatára (Mátyás és Yeatman 1987).

Az eredetileg, a különböző származások teljesítményének összehasonlítása céljából létesült származási (közös tenyészkerti) kísérletek az erdei fajok klímatoleranciájának tesztelésére is alkalmasak. A teszthelyszín és a származási helyszínek klimatikus differenciája egy gyors klímaváltozásként is felfogható. Ezek a kísérletek lehetőséget adnak olyan fontos tulajdonságok, mint a fagyérzékenység, aszálytűrés, növekedési sajátosságok fajon belüli összehasonlítására, ami mind a szaporítóanyag-gazdálkodási stratégiák meghatározása szempontjából, mind pedig a gazdálkodók számára egyaránt fontos.

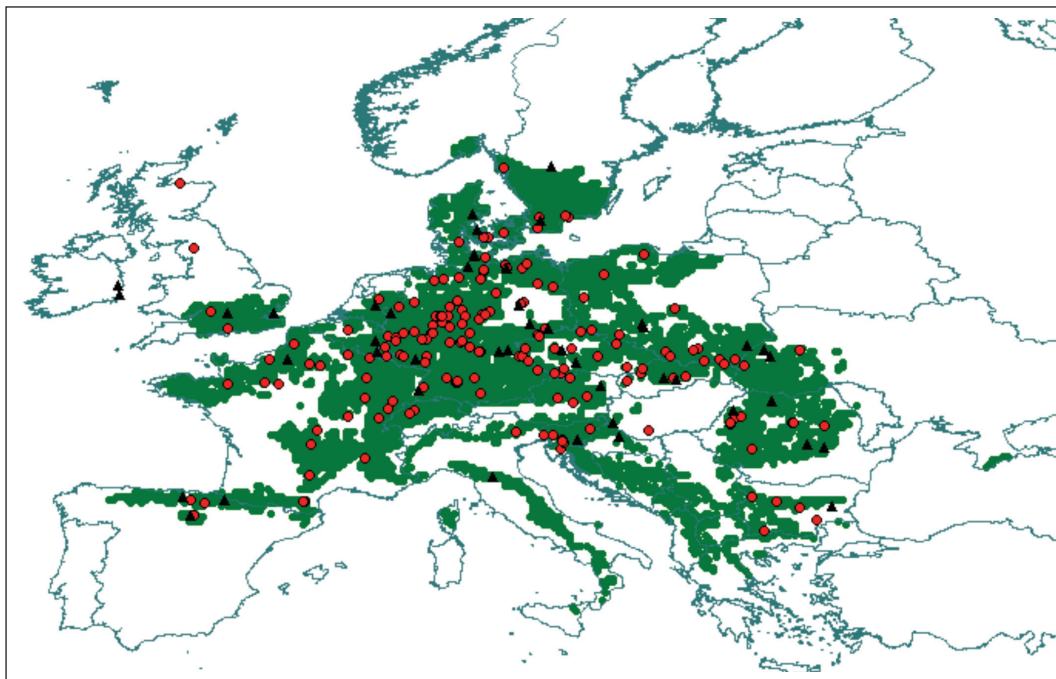
IUFRO nemzetközi bükk származási kísérletek

Az 1990-es években az Erdészeti Kutatóintézetek Nemzetközi Szövetsége (IUFRO) a német szövetségi erdészeti kutatóintézet (Hamburg) szervezésében több sorozatban bükk származási kísérleteket kezdeményezett (Wühlisch 2007). 1995-ben 23, 1998-ban 28 bükk származási kísérleti helyszín létesült Európa szerte (1. ábra). A kísérlet tervezésekor fontos szempont volt, hogy lehetőleg a bükk egész elterjedési területéről származzon szaporítóanyag. Mindkét sorozat létesítésekor a szaporítóanyagot egy németországi csemetekertben nevelték 2 éves korig, majd innen szállították őket a különböző kísérleti helyszínekre.

A vizsgálat eredeti célja a korábbi, kisebb volumenű kísérletekben már bizonyított fajon belüli genetikai változatosság részletesebb feltárása, és a legplasztikusabb származások kiválasztása volt.

A magyarországi kísérleti helyszín Bucsután

Magyarország az 1998-as, második kísérletsorozat létrehozásában vett részt Mátyás Csaba koordinálásában. A Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészete területén, a Bucsuta 10/b erdőrészletben 15 országból 36 származás telepítése történt 3 ismétlésben (1. táblázat). A származások közül 32 külföldi. A mecseki Magyaregregy a nemzetközi sorozat magyar tagja, ezen kívül további három helyről beszerzett ha-



1. ábra: Az 1995-ös és 1998-as IUFRO nemzetközi bükk származási kísérletek teszthelyszínei (▲) és származási helyei (●), a bükk elterjedési területére vetítve (térkép: EUFORGEN)

Figure 1: Test sites (▲) and origins of beech provenances (●) of the 1995 and 1998 International Beech Provenance Trial, projected on the distribution map of European beech (source: EUFORGEN)

zai csemetékkel egészítették ki 36-ra a kísérletet (H1, H2, H3). A kísérleti terület egy 1997-ben tarra vágott, hőtörést szenvedett, szű- és vadkárosított 31 éves lucfenyő állomány helyén létesült, amit idősebb bükk, ill. tölgy állományok ölelnek körül. A terület 220 m tengerszint feletti magasságon, egy bükkös klímájú, többletvízhatástól független, agyagbemosódásos barna erdőtalajú területen található. A kísérleti helyszín 5–10°-os lejtésű, déli kitétségű, a területen vízmosás húzódik keresztül.

A kísérlet elrendezését nemzetközileg egységesen alakították ki. A parcellák mérete 10×10 m, parcellánként 50 db csemetét ültettek gödrös módszerrel (sortáv 2,0 m, tőtáv 1,0 m). Az ismétlésen belül a 36 parcella véletlenszerűen helyezkedik el. Az első ismétlés fekszik a legmagasabban, a harmadik pedig a legalacsonyabban, utóbbi lejtése a legkisebb és a dombláb hatása miatt a leghidegebb és a legnedvesebb terület is egyben.

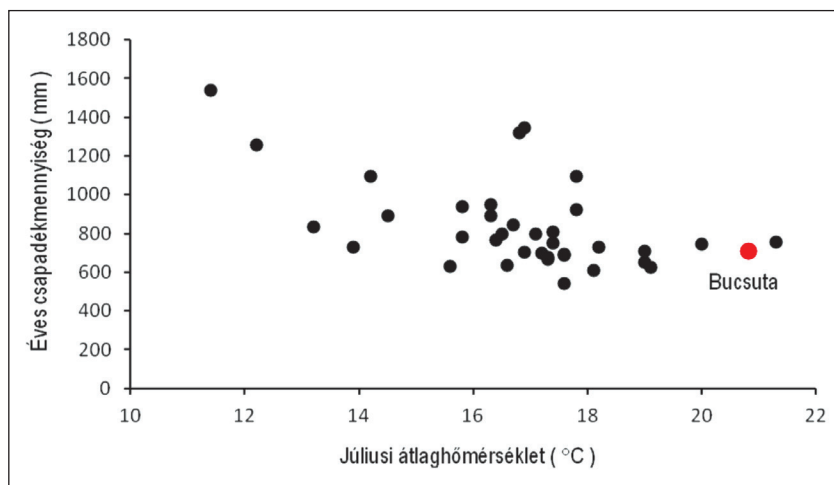
A 2. ábra Bucsuta és a Bucsután szereplő származások elhelyezkedését mutatja a klimatikus térben, a bükk szempontjából fontos klimatikus paraméterek, az éves csapadékösszeg és a júliusi átlaghőmérséklet függvényében. Bucsuta, a nem sokkal több, mint 700 mm éves csapadékkal és a csaknem 21 °C júliusi átlaghőmérséklettel már a bükk elterjedési határát súrolja (Czucz és mtsai 2013). Mint látható, a helyi származásnak minősíthető Bánokszentgyörgy ökológiai távolsága nagyobb, mint a meceki Magyaregregyé. A különbség az időközben megváltozott időjárással magyarázható (részletek a Klímaadatok fejezetben).



1. táblázat: A Bucsután szereplő származások földrajzi adatai, a múltbeli klímát jellemző (1950–2000) intervallum éves csapadék és júliusi középhőmérséklet értékei, valamint Ellenberg-index különbsége (ΔEQ) a bucsutai 15 éves átlagtól
 Table 1: Geographic data, annual precipitation and July mean temperature of provenances in the period 1950–2000, as well as their Ellenberg's climate quotient deviation (ΔEQ) from the mean value of 15 years in Bucsuba

| Nyt. szám | Származás neve* | Ország | Földrajzi szélesség | Földrajzi hosszúság | Tszfm (m) | Éves csapadék (mm) | Júliusi középhőmérséklet (°C) | ΔEQ |
|--|--------------------------|--------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------|-------------------------------|-------------|
| 1 | Perche | FR | 48,42 | 0,55 | 205 | 691 | 17,6 | 3,98 |
| 2 | Bordure Man. | FR | 49,53 | 0,77 | 80 | 689 | 17,6 | 3,90 |
| 6 | Plateaux Du | FR | 46,80 | 5,83 | 600 | 1097 | 17,8 | 13,22 |
| 8 | Pyrenees Or. | FR | 42,92 | 2,32 | 670 | 754 | 21,3 | 1,20 |
| 11 | Heinerscheid | LU | 50,08 | 6,12 | 423 | 844 | 16,7 | 9,66 |
| 13 | Soignes | BE | 50,83 | 4,42 | 110 | 810 | 17,4 | 7,97 |
| 14 | Aarnink | NL | 51,93 | 6,73 | 45 | 797 | 17,1 | 7,99 |
| 17 | Westfield 2002 | GB | 57,40 | -2,75 | 10 | 836 | 13,2 | 13,66 |
| 21 | Grasten, F.413 | DK | 54,92 | 9,58 | 45 | 780 | 15,8 | 9,19 |
| 23 | Torup | SE | 55,57 | 13,20 | 40 | 634 | 16,6 | 3,27 |
| 26 | Farchau, 72A | DE | 53,65 | 10,67 | 55 | 676 | 17,3 | 3,86 |
| 27 | Graf Von W. | DE | 51,52 | 8,78 | 375 | 941 | 15,8 | 12,66 |
| 29 | Dillenburg | DE | 50,70 | 8,30 | 520 | 751 | 17,4 | 6,28 |
| 31 | Urach, 12A 13 | DE | 48,47 | 9,45 | 760 | 894 | 16,3 | 11,22 |
| 32 | Ebrach | DE | 49,85 | 10,50 | 406 | 701 | 17,2 | 4,91 |
| 34 | Oberwil | CH | 47,17 | 7,45 | 570 | 923 | 17,8 | 10,16 |
| 35 | Hinterstoder | AT | 47,72 | 14,10 | 1250 | 1539 | 11,4 | 22,04 |
| 36 | Eisenerz | AT | 47,53 | 14,85 | 1100 | 1259 | 12,2 | 19,76 |
| 39 | Jaworze, 178F | PL | 49,83 | 19,17 | 450 | 950 | 16,3 | 12,29 |
| 40 | Tarwana, 81C | PL | 49,47 | 22,33 | 540 | 704 | 16,9 | 5,44 |
| 43 | Jawornik, 92B | PL | 49,25 | 22,82 | 900 | 764 | 16,4 | 7,98 |
| 46 | Domazlice-Vyhl | CZ | 49,40 | 12,75 | 760 | 893 | 14,5 | 13,21 |
| 48 | Jablonec N.N. | CZ | 50,80 | 15,23 | 760 | 731 | 13,9 | 10,43 |
| 49 | Brumov Sidonie | CZ | 49,05 | 18,05 | 390 | 799 | 16,5 | 8,80 |
| 51 | Horni Plana-Ce. | CZ | 48,85 | 14,00 | 990 | 1097 | 14,2 | 16,50 |
| 52 | Magyaregregy 60A | HU | 46,22 | 18,35 | 400 | 707 | 19,0 | 2,57 |
| 53 | Postojna Masun. | SI | 45,63 | 14,38 | 1000 | 1346 | 16,9 | 16,89 |
| 54 | Idrija-II/2, 14 | SI | 46,00 | 13,90 | 930 | 1318 | 16,8 | 16,70 |
| 59 | Pidkamin | UA | 49,95 | 25,38 | | 612 | 18,1 | -0,13 |
| 64 | Nizbor | CZ | 50,00 | 14,00 | 480 | 541 | 17,6 | -3,08 |
| 65 | Koino | PL | 49,92 | 20,42 | 400 | 729 | 18,2 | 4,48 |
| 67 | Bilowo, 115D116B | PL | 54,33 | 18,17 | 250 | 631 | 15,6 | 4,73 |
| 70 | Buchlovice | CZ | 49,15 | 17,32 | 410 | 669 | 17,3 | 3,59 |
| H1 | Bánokszentgyörgy(helyi) | HU | 46,60 | 16,85 | 200 | 747 | 20,0 | 2,67 |
| H2 | Farkasgyepű(Bakony) | HU | 47,20 | 17,65 | | 625 | 19,1 | -1,11 |
| H3 | Ördöglyuk (Zempléni-hg.) | HU | 48,49 | 21,36 | 450 | 651 | 19,0 | 0,26 |
| Bucsubai kísérlet (1998–2013 közötti átl. klímadatokkal) | | | 46,57 | 16,67 | 220 | 707 | 20,8 | |

*Az elemzésbe bevont származások dőlt betűvel szerepelnek.



2. ábra: Bucsuta és a kísérletben szereplő származások elhelyezkedése a klimatikus térben

Figure 2: Location of Bucsuta and of the provenances in the climatic niche of annual precipitation and July mean temperature

A vizsgálat munkahipotézise

Az értékelés arra az elgondolásra épül, hogy a hosszú élettartamú fafajok, amelyek az évszázadok során alkalmazkodtak környezetük klímájához, a mostani, eddig még nem tapasztalt gyorsaságú klímaváltozáshoz nem lesznek képesek kellő mértékben alkalmazkodni, ami növedék visszaesésben nyilvánul meg. Az eltérő alkalmazkodottságú populációk közös tenyészkertben való felnevelése egy gyors klímaváltozásként is értelmezhető, aminek mértékét az ökológiai távolság határozza meg (Mátyás és Yeatman 1987). Az ökológiai távolság a származási hely és a kísérlet helyének főként klimatikus tényezőkben való eltérését jelenti. Az ökológiai távolság és a növedék visszaesés összefüggéséből meghatározható a jelen, ill. jövőbeli körülményekhez legjobban alkalmazkodott származások köre, illetőleg, hogy a szárazsági határon a klímaváltozás következtében milyen mértékű növedékvesztés várható.

VIZSGÁLATI MÓDSZER

Elemzett adatok

A növedécsökkenést leíró függvény meghatározásához az átmérő adatokat használtuk fel. A felvételezést 2013 tavaszán, a telepítéstől számított 15 éves korban hajtottuk végre a bucsutai kísérleti helyszínen. Az átmérő mérésével egyidőben parcellánként csak néhány egyed magasságmérésére került sor, mert az erős záródás miatt a pontos mérés nehézségekre ütközött. Mivel a magassági görbékből megállapított adatok csak származtatott magasságok, az értékeléshez inkább a mért átmérőket használtuk. A teljes átmérőfelvétel adatainak csak egy részét használtuk fel. Kizártuk az elemzésből azokat a parcellákat, amelyek megmaradása termőhelyi okokból nem megfelelő, ez elsősorban a lejtő alján elhelyezkedő harmadik ismétlést érintette. A nem értékelt parcellák miatt néhány származás kiesett az elemzésből. Ezen kívül kizártuk még a hegyvidéki származásokat is, eltérő viselkedésük miatt, így összesen 8 származás maradt ki az elemzésből (lásd 1. táblázat). Minden parcellában az 5 legvastagabb egyed átmérőjével számoltunk, ezzel is kizárva az alászorult vagy egyéb okból visszamaradt egyedek adatait. Ezek az egyedek egyébként az erdőművelési beavatkozások so-

rán kedvezményezett "V-fáknak" is tekinthetők, és egyben a populáció növekedési potenciálját jól jellemzik. A szűrés után megmaradt 44 parcellát – termőhelyi feltételeik azonossága okán – egységes adathalmazként kezeltük ("pooled analysis"), az ismétlések hatása elhanyagolhatónak bizonyult

Klímadatok

A származások helyszínére vonatkozó hőmérséklet- és csapadékadatok (klimatikus változók) a WorldClim (www.worldclim.org) adatbázisból származnak, amely egy 50 éves intervallum (1950–2000) interpolált adatait tartalmazza. Míg a származások esetében a származási hely múltbeli klímája a meghatározó, amit ez esetben a fent említett intervallum reprezentál, addig a kísérleti helyszínen az aktuális időjárási körülmények a fontosak, vagyis annak az időszaknak az időjárása, amely a kísérletbe telepített származások reakcióját meghatározta. Mivel Bucsután meteorológiai mérőállomás létesítése nem volt megoldható, ezért a tőle 18 km-re fekvő nagykanizsai állomás 1998–2013-as időszakra vonatkozó adatait használtuk fel az elemzéshez. Vizsgálataink szerint az eltérés a két helyszín időjárási adatai között nem jelentős.

A hőmérséklet és csapadékadatokból 17 éghajlati változót, két kontinentalitási és három ariditási indexet (2. táblázat) határoztunk meg. Az így kapott klimatikus változókból korreláció analízissel választottuk ki a legmeghatározóbb komponenset.

2. táblázat: Az eredeti származási hely klimatikus változói és a 15 éves kori átmérő korrelációanalízise (a $p < 0,05$ (*) és $p < 0,01$ (**)) szinten szignifikáns értékek megjelölve)

Table 2: List of climatic variables of original site used in the correlation analysis with 15-year diameter data (significant at $p < 0.05$ (*) and at $p < 0.01$ (**)) are marked)

| Klimatikus változók | Pearson féle korrelációs együttható | Szignifikancia |
|---|-------------------------------------|----------------|
| Éves középhőmérséklet | 0,345 | 0,190 |
| Havi közepes hőingás | 0,369 | 0,160 |
| Izotermalitás | -0,110 | 0,680 |
| A legmelegebb hónap max. hőmérséklete | 0,582 | 0,018* |
| A leghidegebb hónap min. hőmérséklete | -0,014 | 0,960 |
| Éves hőingás | 0,430 | 0,096 |
| A legcsapadékosabb negyedév középhőmérséklete | 0,060 | 0,826 |
| A legszárazabb negyedév középhőmérséklete | 0,014 | 0,958 |
| A leghidegebb negyedév középhőmérséklete | 0,059 | 0,828 |
| Éves csapadékösszeg | -0,405 | 0,120 |
| A legcsapadékosabb hónap csapadékösszege | -0,181 | 0,503 |
| A legszárazabb hónap csapadékösszege | -0,436 | 0,092 |
| A legcsapadékosabb negyedév csapadékösszege | -0,303 | 0,254 |
| A legszárazabb negyedév csapadékösszege | -0,345 | 0,191 |
| A legmelegebb negyedév csapadékösszege | -0,298 | 0,263 |
| A leghidegebb negyedév csapadékösszege | -0,237 | 0,377 |
| Gorcziński Kontinentalitási Index (Gorcziński 1920) * | 0,460 | 0,073 |
| Kontinentalitás Index (Rasztovits és mtsai 2012) | 0,399 | 0,126 |
| De Martonne ariditási index (de Martonne 1941) * | -0,540 | 0,031* |
| Ellenberg-index (Ellenberg 1986) * | 0,642 | 0,007** |
| FAI index (Führer 2010) * | 0,415 | 0,110 |

* az indexek képletei Rasztovits és mtsai (2012) tanulmányában megtalálható

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A legfontosabb klimatikus változó kiválasztásához a származási helyszínek 50 évre (1950–2000) vonatkoztatott klimatikus változóinak korrelációját számoltuk a 2013-ban mért átmérő adatokkal. A korábbiakban említett okok miatt csak az 1. táblázatban dőlt betűvel szedett származásokat vontuk be az elemzésbe. Ezek közül 16 származásnak két, 12-nek pedig egy parcellaadatát használtuk fel. A korreláció analízis eredményei a 2. táblázatban láthatók. Szignifikáns értéket kaptunk a legmelegebb hónap maximum hőmérséklete, a De Martonne ariditási index¹ és az Ellenberg-index (EQ)² esetén. Az Ellenberg-index magas szignifikanciát mutatott, ennek az indexnek a jelentőségét a bükk esetében már korábbi kutatások is alátámasztották (Fang és Lechowicz 2006; Czúcz és mtsai 2013).

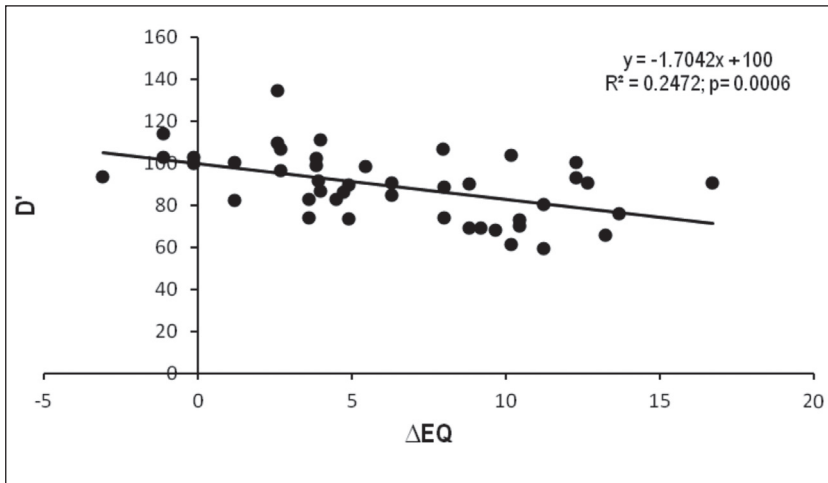
A klimatikus változó kiválasztása után meghatároztuk az áttelepítéssel létrejött ökológiai távolságot (ecodistance, Mátyás 1994), amely a kísérleti helyszín, vagyis Bucsuta és a származási helyek Ellenberg-indexének különbsége (ΔEQ). Az ökológiai távolság megmutatja, hogy mekkora az áttelepítéssel létrejött 'klímaváltozás' mértéke. A korábbiakban ismertetett munkahipotézis alapján, a szárazsági erdőhatáron az átmérőnövekedés visszaesése várható, ha az ökológiai távolság a kísérleti helyszín és az adott származás között pozitív értéket vesz fel. Az általánosan elfogadott értelmezés szerint a helyi feltételekhez alkalmazkodott „őshonos” populáció kellene a leggyorsabb növekedést produkálja. Azt azonban korábbi, más fajokkal végzett kutatások kimutatták, hogy más helyszínről hozott származások teljesítménye a helyi populációkét meghaladhatja (Mátyás és mtsai 2010). Az áttelepítés ill. a klíma megváltozása miatt jelentkező növedékváltozást ezért nem „0” ΔEQ értéknél kulmináló, szimmetrikus haranggörbével kell leírni, hanem inkább a szárazodás irányában monoton csökkenő egyenessel. (Feltételezhető, hogy a növedécsökkenés trendje a szárazodás erősödésével inkább exponenciális összefüggést ír le, de ennek meghatározásához nem rendelkezünk elegendő adattal.)

A 2013 év tavaszán, a telepítéstől számított 15 éves korban mért növedék-visszaesés mértékét az elméletileg helyi viszonyokhoz alkalmazkodott ($\Delta EQ=0$) populációhoz képest, annak százalékában határoztuk meg. A 3. ábrán látható, igen magas szinten szignifikáns korreláció ($p=0,0006$) a származások között tapasztalható variancia mintegy 25%-át magyarázza ($R^2=0,2472$). A számított egyenlet tehát azt a növedékvesztéséget adja meg, amely abból adódik, hogy egy bizonyos klímához alkalmazkodott populáció más klimatikus feltételek közé kerülve a helyi populációhoz képest mennyivel gyengébben növekszik. Másképpen kifejezve az egyenlet azt a növedék-visszaesést vetíti előre, amely a klíma gyors változása miatt a helyileg alkalmazkodott populációkat a jövőben érheti. Az összefüggés tehát alkalmas az előrevetített klímaváltozás hatásának előrejelzésére. Így például, ha egy 700 mm csapadékkal és 20 °C júliusi átlaghőmérséklettel rendelkező helyszín hőmérséklete 3,5 °C-kal megnő, ami hasonló a 2007-es IPPC jelentés alapján 2100-ra várható hőmérsékletemelkedéshez, akkor ez változatlan csapadék mellett kb. 10%-os növedécsökkenést eredményezhet.

Kedvező elhelyezkedése miatt a magyarországi kísérleti helyszín gyakorlatilag az egyetlen Európában, amely alkalmas a klímaváltozás negatív hatásainak előrejelzésére. A kísérlet egyedi helyszíne folytán rendkívül értékes, és ezért minden kiértékelési lehetőséget meg kell ragadni további információk nyérése érdekében. Mindemellett a kapott eredményt sokféle kontrollálhatatlan hiba terhelheti, ezért gyakorlati alkalmazása kellő óvatossággal kezelendő.

¹ $DMI = [(P/T + 10) + 12p / (t + 10)] / 2$; P: éves csapadék; T: éves átlaghőmérséklet; p: legszárazabb hónap csapadéka; t: legszárazabb hónap középhőmérséklete

² $EQ = (T_{max} / P) * 1000$; T_{max} : legmelegebb hónap középhőmérséklete, P: éves csapadék



3. ábra: Az alkalmazkodottsági hiány miatt fellépő növedécsökkenést leíró "áttelepítési" függvény, amely a 15 éves kori átmérő százalékos változását (D) adja meg, a ΔEQ értékkel kifejezett ökológiai változás függvényében

Figure 3: Increment decline caused by sub-optimal adaptedness. The "transfer function" defines the decline in percents of the mean diameter of the locally adapted provenance, in function of the change of the Ellenberg's drought index (ΔEQ)

KÖVETKEZTETÉSEK

A gyors és befolyásolhatatlan környezeti változások miatt nagy jelentőségű, hogy megismerjük az ökológiailag és gazdaságilag fontos fajok éghajlati alkalmazkodóképességét. Ebben nyújtanak egyedülálló segítséget a származási kísérletek, amelyek a fajok klímateranciájának és fenotípusos plaszticitásának megismerését teszik lehetővé. Cikkünkben egy olyan megközelítést mutatunk be, amelynek segítségével becsülhető az előrevetített klímaváltozás következtében fellépő, alkalmazkodottsági hiány miatti növedécsökkenés. A kapott eredmények megerősítik, hogy a klimatikus szélsőségek erősödése vitathatatlanul a vitalitás csökkenését idézi elő, amely további veszteségek, betegségek és rovarkárosítások fellépését vetíti előre. A klímaváltozás negatív hatásainak becslése a fenntartható gazdálkodás (hozamszabályozás) és a szaporítóanyag-gazdálkodás szempontjából egyaránt fontos kérdés.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük a Zalaerdő Zrt. Bánokszentgyörgyi Erdészetének a kísérleti helyszín biztosítását és gondos fenntartását, Horváth Valériának a telepítés kivitelezését, G. von Wühlischnek és H.–J. Muhsnak a szaporítóanyag rendelkezésre bocsátását és Rasztovits Ervinnek a klimatológiai adatszolgáltatást. Ez a kutatás és tanulmány az Agrárklíma: az előrevetített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti és agrárszektorban című TÁMOP-4.2.2.A–11/1/KONV-2012-0013 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a FORGER FP7-es projektek, valamint az „EVOLTREE” EU-s Kiválósági Hálózat támogatásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Czúcz B.; Gálhidy L. és Mátyás Cs. 2013: A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. Erdészettudományi Közlemények, 3: 39–53.
- Davis, M. E.; Shaw, R. G. and Etterson, J. R. 2005: Evolutionary responses to climate change. *Ecology*, 86: 1704–1714.
- De Martonne, E. 1941: Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51: 242–250.
- Ellenberg, H. 1986: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 4th Edition. Fischer, Stuttgart, Germany.
- Fang, J. and Lechovicz, M.J. 2006: Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus sylvatica* L.) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33: 1804–1819.
- Führer E. 2010: A fák növekedése és a klíma. *Klíma 21 füzetek*, 61: 98–107.
- Gálos B.; Mátyás Cs.; Führer E.; Berki I.; Lakatos F.; Csóka Gy.; Drüsler Á.; Móricz N.; Rasztoivits E.; Somogyi Z.; Veperdi G. és Vig P. 2010: Erdők a szárazsági határon. *Klíma 21 füzetek*, 61: 84–97.
- Gorcinski, W. 1920: Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. *Geografiska Annaler*, 2: 324–331.
- Hlásny, T.; Barcza, Z.; Mátyás, Cs.; Seidl, R.; Kulla, L.; Merganičová, K.; Trombik, J.; Dobor, L. and Konôpka, B. 2014: Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 60: 5–18.
- Jezik, M.; Blazenec, M.; Strelcová, K. and Ditmarová L. 2011: The impact of the 2003–2008 weather variability on intra-annual stem diameter changes of beech trees at a submontane site in central Slovakia. *Dendrochronologia*, 29: 227–235.
- Jung, T. 2009: Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology*, 39: 73–94.
- Lakatos, F. and Molnár, M. 2009: Mass mortality of beech in Southwest Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 5: 75–82.
- Mátyás, Cs. 1994: Modelling climate change effects with provenance test data. *Tree Physiology*, 14: 797–804.
- Mátyás, Cs. 2005: Expected climate instability and its consequences for conservation of forest genetic resources. In: Geburek, Th.; and Turok J. (eds): *Conservation and management of forest genetic resources in Europe*. Arbor Publishers, Zvolen, 465–476.
- Mátyás Cs. és Yeatman C. W. 1987: A magassági növekedés adaptív változatosságának vizsgálata *P. banksiana* populációkban. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei, 1: 191–197.
- Mátyás, Cs.; Bozic, G.; Gömöry, D.; Ivankovic, M. and Rasztoivits, E. 2009: Juvenile growth response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to sudden change of climatic environment in SE European trials. *iForest*, 2: 213–220.
- Mátyás, Cs.; Borovics, A.; Nagy, L. and Újvári-Jármay, É. 2010: Genetically set response of trees to climatic change, with special regard to the xeric (retreating) limits. *Forstarchiv*, 81: 130–141.
- Rasztoivits, E.; Móricz, N.; Berki, I.; Pötzelsberger, E. and Mátyás, Cs. 2012: Evaluating the performance of stochastic distribution models for European beech at low-elevation xeric limits. *Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 116: 173–194.
- Wühlisch, G. von 2007: Series of international provenance trials of European beech. In: *Improvement and Silviculture of Beech*, Proc. the 7th Intern. Beech Symp. IUFRO Res. Gr.1.10.00, RIFR, Teheran, Iran 135–144.

Érkezett: 2014. június 2.

Közlésre elfogadva: 2014. október 6.



Zöld lombhullás

Szélsőségesen száraz és meleg nyarakon a bükkök egy része a normál lombhullás előtt már akár 2–3 hónappal is, zölden elhullathatja leveleit. Az így kialakuló „záródáshiány” még további szárazodást is okozhat, a törzsre jutó megnövekedett besugárzás pedig felgyorsíthatja egyes kéreg alatt élő xilofág rovarok (pl. díszbogarak) fejlődését. A kép a Mátrában, 2007. augusztus 7-én, 650 m-es tengerszint feletti magasságban készült.

Fotó és szöveg: Csóka György (NAIK ERTI, Mátrafüred)