

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A bükk klimatikus alkalmazkodóképességének  
vizsgálata származási kísérletek adatai alapján**

Kóczán-Horváth Anikó

Sopron

2016

**Doktori iskola:** Kitaibel Pál  
Környezettudományi Doktori Iskola

**Vezető:** Prof. Dr. Kolláth Zoltán

**Program:** Biokörnyezettudomány

**Vezető:** Prof. Dr. Albert Levente

**Témavezető:** Prof. Dr. Mátyás Csaba

## Tudományos háttér célkitűzések

A disszertáció egyik domináns fafajunk, az európai bükk (*Fagus sylvatica* L.) adaptív válaszreakciójának a modellezésével foglalkozik. A kutatás célja különböző bükkpopulációk fiatalkori növekedési teljesítményének lehetséges előrejelzése volt, melyhez a IUFRO származási kísérletek adatai szolgáltatták az alapot. Az elemzés alapkonceptiója, hogy a populációk teljesítménye és vitalitása, a származási helyhez való alkalmazkodottság, a jelen klimatikus állapotok és ezek kölcsönhatásának a következménye.

Az IPCC becslései alapján a klíma a század végére átlagosan 2°C-al fog melegedni. A klímaváltozás miatt az erdei fafajok alkalmazkodottsága nem minden esetben tudja követni a változásokat, amely vitalitás- és produktíósökkenéshez vezethet. Ennek elkerülése érdekében a megfelelő erdészeti szaporítóanyag kiválasztása elsődleges feladat.

A kutatás célkitűzései az alábbiakban foglalhatók össze:

- A fajon belüli adaptív változatosság kimutatása.
- A bükk növekedésével, vitalitásával legjobban összefüggő klimatikus paraméterek meghatározása.
- A környezetváltozásra adott növekedési válaszreakciót leíró modell kifejlesztése.
- Javaslatok az erdészeti szaporítóanyag felhasználására a jövőben.

A disszertáció alaphipotézisei a következők voltak:

- a populációk növekedési potenciálja az elterjedési területen belül különböző lehet, amelyet az adott származási hely klímájához való alkalmazkodás eredményez,
- a származási kísérletekben mért kvantitatív, adaptív bélyegek alkalmasak a klímaváltozás populációkra gyakorolt hatásának az előrejelzésére,
- az erdei fafajok túlélése és sikeressége a jövőben nagymértékben függ attól, hogy mennyire képesek tolerálni a származási helyük klímája és a jelen klímaváltozás közötti differenciát.

## **Anyag és módszer**

A kutatás fő célja egy olyan modell létrehozása volt, amely megbízhatóan képes előre jelezni a származások áttelepítéssel járó környezetváltozásra adott válaszreakcióját. Az elemzés az ún. mixed-effect modell alkalmazásával történt, melynek nagy előnye, hogy a fix hatások mellett képes a random hatásokat is kezelni, még jobban javítva ezzel a modell becslőerejét. A random hatások ez esetben a származások és a teszhelyszínek voltak.

Az elemzés fő lépései a következők voltak:

1. A származási hely legmeghatározóbb klimatikus paraméterének kiválasztása.
2. Az áttelepítés hatását legjobban leíró klimatikus paraméter megadása.

3. Az előző két lépés kombinálása, függvénybe illesztése, a legjobban teljesítő modell kiválasztása.

A származási hely klimatikus paraméterének kiválasztása, a klímparaméterek és a származások átlagos teljesítménye közötti Spearman korreláció alapján történt.

Az áttelepítés hatását leíró klimatikus paraméter kiválasztása, vagyis a teszhelyszín és a származási hely klimatikus különbségéből adódó ökológiai távolság meghatározása, korábbi kutatások eredményei alapján, másodfokú függvény illesztésével történt.

Az elemzés utolsó lépése a szignifikáns klimatikus paraméterek modellbe foglalása, a modellek AIC érték alapján való összehasonlítása volt. Az ezek alapján kiválasztott legjobb modell segítségével megbecsülhető egy adott származás 9 éves kori magassága egy tetszőleges telepítési helyszínen.

A modell általános alakja a következőképpen írható fel:

$$y_{ij} = b_0 + b_1 x_{1j} + b_2 x_{2ij} + b_3 x_{2ij}^2 + b_4 x_{1j} x_{2ij} + \text{teszhelyszín} + \text{származás} + e_{ij}$$

ahol  $y_{ij}$  a  $j$  származás magassága az  $i$  teszhelyszínen,  $x_{1j}$  a  $j$  származási hely klimatikus paramétere,  $x_{2ij}$  a  $j$  származási hely és az  $i$  teszhelyszín ökológiai távolsága,  $x_{2ij}^2$  az ökológiai távolság négyzete,  $x_{1j}x_{2ij}$  a kölcsönhatás;  $b$  a tengelymetszetet és a regressziós koefficienseket jelöli,  $e_{ij}$  a hibtag. A teszhelyszín és származás random hatásként van a modellbe foglalva.

A statisztikai elemzések az "R" lme4 csomagja és a STATISTICA 12 szoftver alkalmazásával történtek.

A nemzetközi származási kísérletek közül egy Magyarországon, Zala megyében, Bucsuta település közelében létesült. A magyar helyszín a többi teszhelyszínhez képest

extrém helyszínek számát, az ide telepített 36 féle származás szinte mindegyike az eredeti származási helyénél melegebb és szárazabb helyre került. A disszertációban sor került az áttelepítés hatásának, a korai megmaradás és részletes fenológiai felvételezésnek a bemutatására is.

## **Eredmények és megvitatásuk**

Az alkalmazott mixed modell elemzés segítségével sikerült létrehozni egy olyan modellt, amely a legmeghatározóbb klimatikus paraméterek alapján képes előrejelezni az elterjedési terület különböző pontjain levő bükkpopulációk várható 9 éves kori magasságát egy tetszőleges telepítési helyszínen.

Mivel egy adott klimatikus paraméter súlya az elterjedési terület különböző pontjain más és más lehet, ezért a származások az *Environmental Stratification of Europe* térképe alapján három csoportba (alpin, atlanti, kontinentális) lettek sorolva.

Az alpin csoportba tartozó származások esetén egy klimatikus paraméter sem mutatott szignifikáns összefüggést. Ez megerősíti előző kutatások eredményeit, miszerint a nagy tengerszint feletti magasságról származó populációk eltérő viselkedést mutatnak. Azonban, az alpin csoport csak kevés származást tartalmazott, ez szintén hozzájárulhatott a gyenge statisztikai eredményhez.

Az atlanti csoport származásainak átlagos teljesítménye a téli minimum hőmérséklet alapján volt leginkább elkülöníthető. Az alacsony téli hőmérsékletű helyről származó populációk, amelyek a kontinens belseje felé haladva találhatók, jobb, stabilabb teljesítményt mutattak, mint az enyhe téli hőmérséklettel rendelkező, part menti származások. Ennek

magyarázata részben abban állhat, hogy a kontinentálisabb atlanti származások korábban fakadnak, vegetációs periódusuk ezáltal hosszabb, amely a teljesítményükben is tükröződik. Az áttelepítés hatása az atlanti származások teljesítményére legjobban az Ellenberg aszályossági indexszel ( $EQ$ ) volt leírható. A modell alapján az enyhe téli hőmérsékletű helyről származó populációk a növekvő  $EQ$  értékre (vagyis melegebb szárazabb helyre kerülve) csökkenő teljesítménnyel reagáltak, míg a kontinentálisabb, hidegebb telű származások a növekvő  $EQ$  ellenére meglehetősen plasztikus viselkedést mutattak. Az eredményekhez hozzájárulhatott az a tény is, hogy a kísérleti helyszínek többnyire kontinentális helyszíneken létesültek, így azok a populációk, amelyek a kontinentális határ mellől származtak kevésbé drasztikus klímaváltozást tapasztaltak az áttelepítéssel, mint tipikus, enyhe óceáni klímával rendelkező part menti társaik. Ez magyarázhatja az áttelepítési függvény kevésbé meredek lefutását is.

A kontinentális származások átlagos teljesítménye a származási hely nedvességi hiány értékével volt legjobban összefüggésben. A túl magas (vagyis nagyon meleg és száraz helyről származó) és a túl alacsony (vagyis alacsony hőmérsékletű nagy nedvességtartalmú helyről származó) nedvességi hiány értékkel rendelkező származások egyaránt rosszabb teljesítményt mutattak, mint az optimális klimatikus helyről származó populációk. Az extrém klimatikus értékekkel rendelkező délkelet-európai származás teljesítménye szembetűnően alulmaradt a többi származásétól. Feltételezhetően a marginális (határhelyzetben levő) populációk eleve erős szelekciós nyomás alatt vannak, génkészletük elszegényedett lehet, és ezáltal kevésbé tudnak alkalmazkodni a gyors környezetváltozásokhoz. A kontinentális származások áttelepítésében a meghatározó klimatikus paraméter az áprilisi

maximum hőmérséklet volt. A modell becslése alapján a kontinentális származások hasonlóan reagáltak az áttelepítésre, enyhe csökkenéssel a növekvő hőmérsékleti értékek irányába.

Mindkét modell (atlanti és kontinentális) esetében a fix hatások hozzájárulása a teljes varianciához nagyobbak bizonyult, mint a random hatások hozzájárulása. Ez azt jelenti, hogy a klimatikus különbségek nagyobb befolyással vannak a fenotípusos különbségek kialakulására, mint az egyéb nem klimatikus tényezők. A random hatások közül a teszthelyszín hatása jelentősebbnek bizonyult a származások hatásánál, ami általános nagy kiterjedésű származási kísérletek esetén.

A magyar teszthelyszín, Bucsuta viszonylag magas éves átlaghőmérsékletével és alacsony éves csapadékösszegével extrém helyszínnek számít a többi kísérleti helyszínhez képest. Az áttelepítési függvény alapján nem a helyi származás, hanem egy szintén magyar délebbi származás bizonyult a legjobbnak Bucsután. A klímaváltozás mértéke, vagyis a Bucsután a múltbeli klíma (1961-1990) és a kiültetéstől a mérés időpontjáig (1998-2006) tartó időszak klimatikus különbsége a helyi származás alkalmazkodóképességét már kismértékben meghaladta. Ennek ellenére az áttelepítési függvény enyhe lefutása a bükk fafaj magas plaszticitására utal.

A korai megmaradás és fiatalkori magassági adatok egybevetésével megadható volt a Bucsután legjobban teljesítő származások csoportja. 70 % feletti megmaradással és 440 cm feletti átlagos magassággal rendelkezett öt kontinentális, egy atlanti és egy alpin származás.

Részletes fenológiai felvételezés is történt öt különböző évben Bucsután. A származások közti különbség és a különböző évek hatása a rügyfakadásra egyaránt szignifikánsnak bizonyult. Azonban, az évek hatása jelentősebb volt a származások hatásánál, az adott év téli és tavaszi hőmérsékleti



karakterisztikájától függően az összes származás fakadása egységesen korábbra vagy későbbre tolódott. A téli hőmérséklet jelentős hatással volt a származások fakadására. November 1. és március 1. között az 5°C alatti napok számával vagy a 0 és 10°C közötti napok számával leírható az adott tél enyhe vagy zord jellege, és ezek esetleges előrejelzésével megbecsülhető a bükk várható fakadása a kívánt évben. Összességében elmondható, hogy a meleg, enyhe telek (sok 0 és 10°C közötti nap) késleltették a rügyfakadást, feltételezhetően az elégtelen hideghatás teljesülése miatt. A rügyfakadáshoz szükséges hőösszeg igény szoros összefüggést mutatott a származások kontinentalitásával. Minél kontinentálisabb volt egy származás, annál kisebb hőösszegre volt szüksége a fakadáshoz, tehát annál korábban történt a rügyfakadás. A bükk fakadásának nyugatkeleti gradiensét már korábbi kutatások is kimutatták. A rügyfakadás alapján a származások három csoportját, a későn, közepesen és korán fakadókat lehetett elkülöníteni.

## Tézisek

1. Az elterjedési terület különböző részeiről származó bükkpopulációk eltérő fenotípusos reakciót mutattak a környezetváltozásra. Ez a válaszreakció leírható a származási hely klímájával, amihez az adott származás alkalmazkodott, a teszhelyszín időjárásának és a származási hely klímájának a különbségével, ami a klímaváltozásként értelmezhető, és a kettő kölcsönhatásával.
2. A klimatikus faktorok súlya az elterjedési terület különböző pontjain eltérő lehet, ezért a származások klimatikus zónák szerinti elkülönítése és külön elemzése

javíthatja az előrejelzés pontosságát. Legalább az atlanti, kontinentális és alpin régiók elkülönítése ajánlott.

3. A Bucsután értékelt származások rügyfakadása szignifikáns különbséget mutatott a termikus feltételekre adott válaszreakció tekintetében. A rügyfakadásban mutatkozó genetikai változatosság a helyi klimatikus viszonyokhoz való alkalmazkodottságra utal. A származások rügyfakadása egy nyugat-keleti gradienst mutatott a későn fakadóktól a korán fakadóig.
4. A téli hőmérsékletnek domináns hatása volt a származások rügyfakadására. A meleg, enyhe telek késleltették a rügyfakadást az elégtelen hideghatás teljesülése miatt.
5. A rügyfakadás szempontjából meghatározó téli hőmérséklet jól jellemezhető az 5°C alatti illetve a 0 és 10°C közötti napok számával november 1. és március 1. között.

## **Publikációk**

### ***Tudományos publikációk lektorált kiadványokban***

Horváth A., Mátyás Cs. (2014): Növedékcsökkenés előrevetítése egy bükk származási kísérlet alapján. Erdészettudományi Közlemények 4:(2): 91-99.

Horváth A., Mátyás Cs. (2016): The Decline of Vitality Caused by Increasing Drought in a Beech Provenance Trial Predicted by Juvenile Growth. South-east European

Forestry 7 (1): early view. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.16-06>

### ***Tudományos publikációk nem lektorált kiadványokban***

Horváth A. (2014): Néhány bükk populáció teljesítményének bemutatása származási kísérletek adatai alapján. In: Bidló A., Horváth A., Szűcs P. (szerk.): IV. Kari Tudományos Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 2013. 12. 10. pp. 54-58.

Horváth A. (2014): Growth Decline Response of Beech to Climate Change. In: Polgár A., Bázsó T., Nagy G., Gálos B. (szerk.): Local and Regional Challenges of Climate Change Adaptation and Green Technologies / A klímaváltozás helyi és regionális kihívásai, zöld technológiák. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 2014.09.18-2014.09.19. pp. 53-59.

Horváth A. (2014): Meteorológiai paraméterek meghatározásának bemutatása egy nemzetközi bükk származási kísérletben. In: Csiszár I., Kőmíves P. M. (szerk.): Tavasz Szél 2014 / Spring Wind 2014 V. kötet. Doktoranduszok Országos Szövetsége, Debrecen. pp. 216-222.

### ***Előadás***

Horváth A. (2015): Applied climate data in ecological research. International summer school: Methods for analysing

climate change and its impacts on forest ecosystems.  
Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar,  
Sopron, Szeptember 1 – 4.