

MOŽNOSTI VYUŽITIA PRENOSU LESNÉHO REPRODUKČNÉHO MATERIÁLU V ADAPTÁCII LESOV NA KLIMATICKÚ ZMENU

Longauer Roman • Bednárová Dagmar • Schueler Silvio • Chakraborty Debojyoti • Gaviria Julian

Longauer, R., Bednárová, D., Schueler, S., Chakraborty, D., Gaviria, J.: Application of the transfer of forest reproductive material for the adaptation of forests to the climate change. APOL, 2021, vol. 2, no. 1, p. 91–96.

Abstract: Most of the forest tree species native to Central Europe cannot follow up the observed rate of climate change by means of natural migration. It means that adaptation of forests to the climate change should rely also on regeneration of forest trees by planting or seeding which provides for: 1) the use of provenances and progenies with better heat and drought tolerance, 2) the gene flow by means of seeds and plants in line with the climate change, 3) assisted migration of plants and seeds to the new areas. The paper presents analytical approaches and proposals for transfer of forest reproductive material under changing climate which were developed in the EU Interreg Central Europe project “Conservation and Sustainable Utilization of Forest Tree Diversity in the Climate Change”. These combine the knowledge of present and future climatic ranges of forest tree species with information about their adaptive genetic diversity.

Key words: genetic variation; provenance; reproductive material; climate change; adaptation

Úvod

V strednej Európe malo obdobie 1990 – 2019 o 1,3 °C vyššiu priemernú teplotu ako normál a uplynulé desaťročie bolo teplejšie dokonca až o 1,6 – 1,7 °C (Európska Environmentálna Agentúra 2020). Je takmer isté, že k tomu prispela ľudská činnosť a že klimatická zmena bude pokračovať. Za tých istých 30 rokov totiž ľudstvo preukázateľne zdvojnásobilo objem do atmosféry uvoľnených skleníkových plynov. Aj po zohľadnení dočasného zníženia slnečnej aktivity a včasnom prechode na nízkouhlíkovú ekonomiku, umiernený scenár klimatickej zmeny RCP 4,5 (UN FCC 2014) predpokladá v druhej polovici storočia oteplenie o 2,5 °C.

Klimatická zmena posúva klimatické areály rastlín – a aj lesných drevín. Nárast priemernej teploty o 1 °C znamená, že ich autochtónne porasty (čiastkové populácie) prispôsobené „normálnej“ klíme už v mieste svojho výskytu nie sú „jednou nohou doma“. Oteplenie o 2,5 °C pritom zodpovedá klimatickému posunu o celý lesný vegetačný stupeň alebo – horizontálne – niekoľko sto kilometrov smerom na sever.

Pre dreviny je časový rámc klimatickej zmeny príliš krátky, pretože sú dlhoveké a jedna ich generácia potrebuje na reprodukciu viac ako 50 rokov. Adaptáciu lesných drevín ku klimatickej zmene možno podporiť tromi spôsobmi:

1) Využitím individuálnej premenlivosti: pokiaľ vďaka nej máme v lesných porastoch stromy s vyššou toleranciou k teplu a suchu, malo by im byť umožnené, aby sa zreprodukovali a dali základ novej generácii lesa. K tomu môžu prispieť jemnejšie, prírode blízke formy hospodárenia.

2) Podporou migrácie na miestnej úrovni: Postupnú adaptáciu väčšiny našich drevín k novým podmienkam podporuje prirodzené šírenie ich génov pelom, ktorý prenáša vietor. No ich prirodzená migrácia semenami je väčšinou obmedzená na niekoľko kilometrov za generáciu lesa. Môžeme ju však urýchliť úpravou vnútroštátnych pravidiel pre prenos lesného reprodukčného materiálu (RM).

3) Asistovanou migráciou lesných drevín v súlade s očakávaným posunom klimatických podmienok v rámci širšieho regiónu. Napríklad podľa zistení projektu EÚ „Crossing Borders – European Forest Reproductive Material Moving in Trade“, sa len v strednej Európe ročne vysádza okolo 900 miliónov sadeníc lesných drevín.

Na využitie možností asistovanej migrácie lesných drevín v rámci umelej obnovy lesa sa v malých krajinách, ako je naša, nezaobídeme bez medzinárodnej spolupráce. Napríklad nemáme a ani nemôžeme mať dostatok kvalitných zdrojov semien drevín vhodných pre budúce klimatické podmienky 1. a 2. lesného vegetačného stupňa, ako sú *Quercus pubescens*, *Q. frainetto*, *Q. virgilliana* či *Fraxinus angustifolia*.

Adaptačné opatrenia spoliehajúce sa na presuny reprodukčného materiálu v súlade so zmenou klímy však musia počítať s tým, že porasty vhodné pre zber semien, ktoré rastú na teplejších a suchších stanovištiach, majú s klimatickou zmenou problém ako prvé. Prejavuje sa to aj zhoršením plodenia a znížením dostupnosti semien. Musíme teda počítať aj so záchranou ohrozených genetických zdrojov (z dolnej či južnej hranice výskytu tej-ktorej dreviny) prostredníctvom pomerne drahých semených sadov a semenných porastov *ex situ*.

Na zachovanie a udržateľné využívanie genetických zdrojov lesných drevín v klimatickej zmene sa zameralo riešenie projektu „Zachovanie a udržateľné využitie biologickej diverzity lesných drevín v adaptácii ku klimatickej zmene, SUSTREE“ programu EÚ INTERREG Stredná Európa „SUSTREE“, ktorý spolufinancoval **program EÚ Interreg Stredná Európa**. V projekte sme so zameraním na 6 hlavných lesných drevín strednej Európy riešili niekoľko úloh:

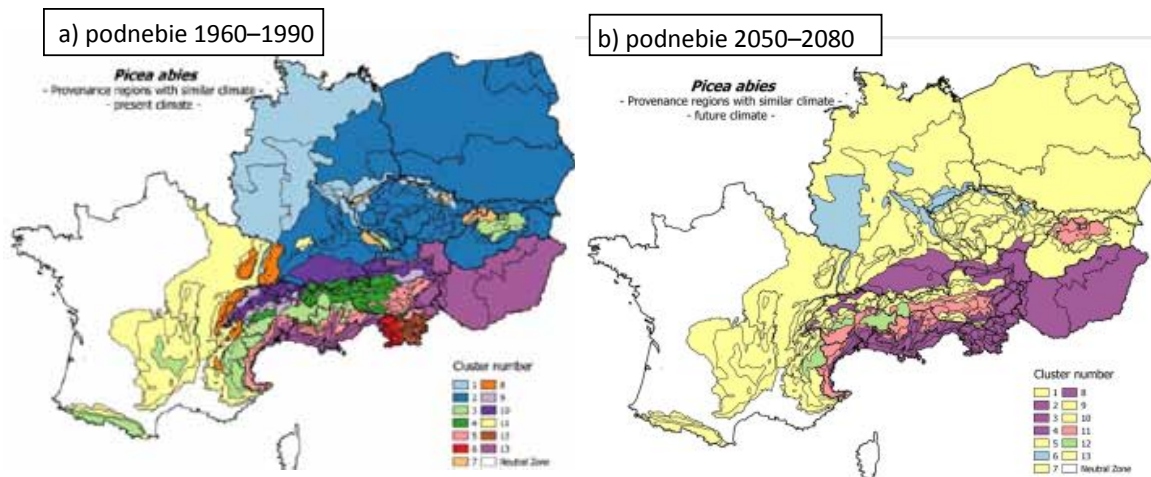
1. Prepojenie národných registrov zdrojov lesného reprodukčného materiálu partnerských krajín (Nemecko, Rakúsko, ČR, Poľsko, Maďarsko, Slovensko) v záujme ich využitia v adaptačných opatreniach.
2. Návrh modelov prenosu semien a sadeníc, ktoré budú zodpovedať posunom klimatických areálov hlavných lesných drevín bez ohľadu na štátne hranice.
3. Doporučenie najvhodnejšej oblasti pôvodu (proveniencie) semien a sadeníc pre umelú obnovu ľubovoľnej jednotky priestorového rozdelenia lesa tak, aby zodpovedala klimatickým podmienkam po r. 2050.
4. Vytvorenie on-line nástroja, ktorý bude používateľa informovať o vhodnom drevinovom zložení, vhodnej semenárskej oblasti a proveniencií reprodukčného materiálu pre zmenené klimatické podmienky.
5. Overenie použiteľnosti modelov prenosu reprodukčného materiálu vo vybraných lesných podnikoch a zlepšenie povedomia odbornej verejnosti o asistovanej migrácii na adaptáciu lesov ku klimatickej zmene lesných v našom regióne.

Zmena klímy a semenárske (provenienčné) oblasti lesných drevín

V našom regióne sú rámcom pre získavanie a používanie reprodukčného materiálu lesných drevín semenárske (provenienčné) oblasti. Ich hranice určujú legislatívne predpisy jednotlivých štátov. Tieto predpisy väčšinou obmedzujú aj cezhraničný prenos semien a sadeníc. Pre potreby cezhraničného prenosu semien a sadeníc a identifikáciu jeho vhodných smerov sme v prvom rade zanalyzovali možnosti združenia existujúcich semenárskych oblastí na základe podobnosti klimatických pomerov. Zistili sme, že hranice dnešných semenárskych oblastí odrážajú (v kombinácii s výškovými zónami) väčšinu klimatickej variability normálneho podnebia 1960 – 1990, čo sa týka teplôt aj zrážok. Napriek tomu však možno semenárske oblasti jednotlivých lesných drevín v celej strednej Európe združiť na základe klimatickej podobnosti do 10 – 11 klustrov. Informáciu o klimatickej podobnosti semenárskych oblastí poskytuje na príklade smreka príkladom obrázok 1a. Ukazuje, že stredná časť Západných Karpát má podnebie podobné stredným Alpám a severozápadné Slovensko je klimaticky podobné najvyšším pohoriam Českého masívu. Stredné polohy Slovenska sú klimaticky podobné cezhraničným oblastiam ČR, Rakúska a Poľska. Naše nížiny majú panónske podnebie, ktoré bolo doteraz typické pre Maďarsko.

Cezhraničný prenos semien a sadeníc v záujme adaptácie lesov na klimatickú zmenu

Ak by v r. 2075 bolo v strednej Európe teplejšie len o 2,5 °C (umiernený scenár „RCP 4.5“), jej klimatická rôznorodosť sa podstatne zníži (obr. 1b) a počet zhlukov semenárskych oblastí s podobným podnebiem (vymedzených tou istou metódou ako pre normálne podnebie) klesne na polovicu.



Obrázok 1. Klimatická podobnosť semenárskych oblastí smreka v normálnom a zmenenom podnebí r. 2050 – 2080

Figure 1. Climatic similarity of the provenance regions of *N. spruce* under normal and changed climate 2050–2080.

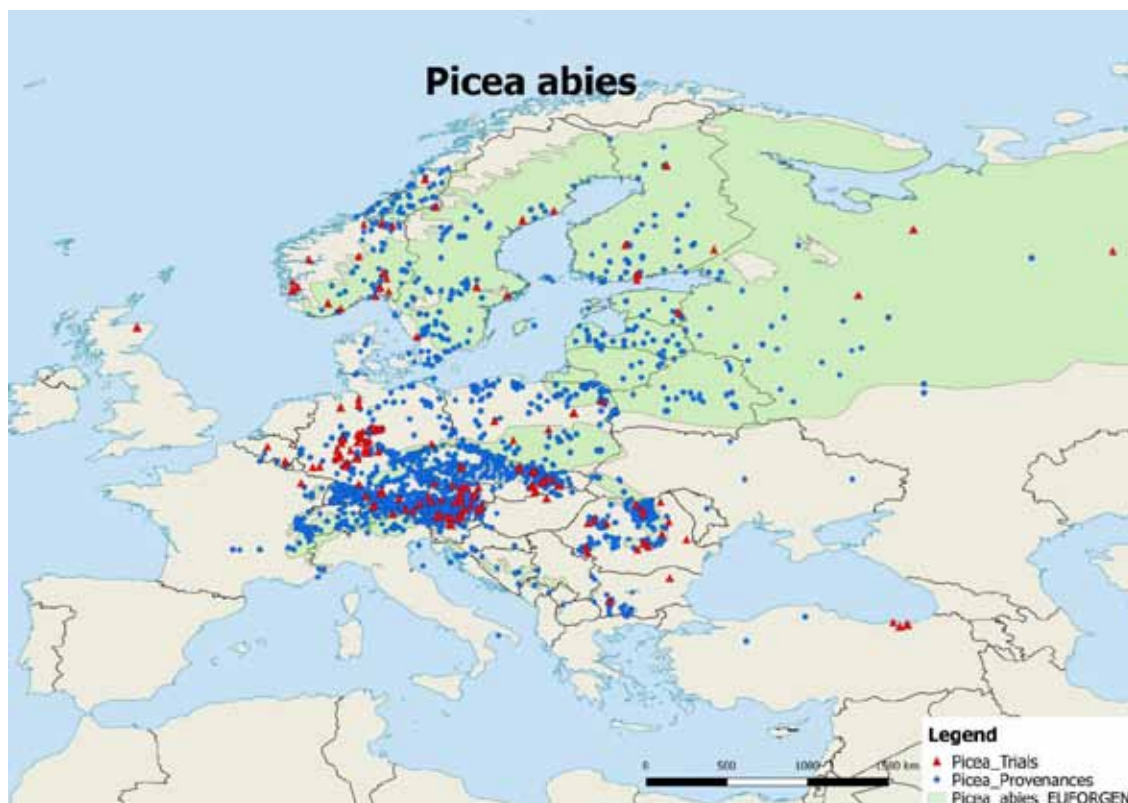
Podobné typy podnebia teda budú prevládať na podstatne väčších územiach. Centrálna časť Západných Karpát bude mať podobné podnebie, aké mali doteraz južné predhoria Álp. Na väčšina územia strednej Európy však bude buď podnebie podobné dnešnému východnému Francúzsku alebo Maďarsku. Podnebie východnej polovice strednej Európy však bude mať oproti západnej polovici vyšiu kontinentalitu, t. j. väčšie rozdiely teplôt medzi ročnými obdobiami a nerovnomernejšie rozložené zrážky. Nižšie polohy južnej časti strednej Európy budú mať panónske podnebie, aké dnes prevláda v Maďarsku.

Možnosti adaptácie lesov na klimatickú zmenu zodpovedajúcim prenosom semien a sadeníc

V projekte SUSTREE sme navrhli on-line nástroj SusSELECT (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.topolynx.susselect>) na rozhodovanie o obnove lesa na úrovni lokalít určených pomocou súradníc GPS. Nástroj na základe dostupných informácií o budúcej klíme a výsledkov dlhodobých provenienčných pokusov navrhuje:

- Dreviny vhodné pre obnovovaný porast v podnebí, ktoré v ňom bude panovať po r. 2050. Pri rozhodovaní z viacerých možných drevín farebná škála indikuje klimatickú ohrozenosť, resp. bezpečnosť očakávanej produkcie. Navrhnuté drevinové zloženia odráža posun klimatických pomerov, naň musí nadviazať hodnotenie využívajúce aj poznatky pedológie, pestovania a ochrany lesa.
- Vhodnú semenársku oblasť semien a sadeníc s ohľadom na posun klímy. Nástroj vyhľadá také semenárske oblasti, ktoré majú už dnes podnebie blízke tomu, aké bude panovať na mieste výsadby (v užívateľom vybranom obnovovanom poraste) v budúcnosti. Vhodná oblasť sa určuje bez ohľadu na hranice štátov a národné legislatívy pre prenos semien a sadeníc. Pozn: Nástroj SusSELECT pri návrhu vhodnej oblasti pôvodu zohľadňuje posun klímy. Návrh generovaný týmto nástrojom je však potrebné konfrontovať s poznatkami o miere genetickej kontroly adaptívnych znakov, ktoré môžu limitovať prenos semien a sadeníc jednotlivých lesných drevín medzi rôznymi časťami ich areálov. Prehľad súvisiacich informácií uvádzame v závere príspevku. Limitujúce podmienky je možné do SusSELECT začleniť aj dodatočne.

- c) Vhodnú provenienciu (miesto pôvodu) a konkrétne zdroje lesného reprodukčného materiálu. Podobne ako pri výbere semenárskej oblasti, pôjde o návrh zdrojov semien zo spoločného registra zdrojov lesného reprodukčného materiálu 6 stredoeurópskych krajín zapojených do projektu. Ako sme už uviedli, výber vhodnej proveniencie a konkrétnych zdrojov RM vychádza z výsledkov dlhodobého provenienčného výskumu. Najvyšším počtom pokusov a dát je podložený model prenosu reprodukčného materiálu smreka (obr. 2). U tejto dreviny sme v projekte zhromaždili výsledky 247 provenienčných pokusov, ktoré sa nachádzajú v 12 štátoch, v ktorých sa dlhodobo testuje niekoľko tisíc oddielov (proveniencií) sadeníc s presne známym miestom pôvodu.



Obrázok 2. Provenienčné pokusy (červené body) a v nich vysadené vzorky smreka (proveniencie) z rôznych častí areálu (modré body). Informácie o vplyve prenosu proveniencií na ich rast sa použili na odvodenie usmernení pre prenos reprodukčného materiálu smreka a ďalších 5 hlavných drevín strednej Európy v budúcej klíme

Figure 2. Provenance experiments (red points) and proveniences of Norway spruce (blue points) planted in these experiments. Growth response of individual proveniences to their transfer provided a basis for recommendation of appropriate transfer of seeds and plants of *N. spruce* and another 5 main forest tree species of Central Europe in the future climate.

Záver

Adaptácia lesov ku klimatickej zmene sa kvôli vynúteným zmenám drevinového zloženia, problémom s plodením a prirodzenou obnovou, bude musieť do veľkej miery spoľahnúť na umelú obnovu lesných drevín.

Asistovaná migrácia využitím semien a sadeníc proveniencie vhodnej pre budúce klimatické podmienky má bezpochyby veľký potenciál. V podmienkach pokročilej klimatickej zmeny je schopná kompenzovať problémy so skrátenou životnosťou, zdravotným stavom a produkciou drevín. Umožňuje tiež reprodukciu genofondu inak ohrozených zdrojov RM.

Semenárske oblasti sú rámcom pre prenos reprodukčného materiálu. Ich vymedzenie je tradične v kompetencii jednotlivých krajín. Zabezpečenie toku génov aj asistovanej migrácie prenosom semien

a sadeníc lesných drevín smerom zodpovedajúcim postupu klimatickej zmeny si však už dnes vyžaduje zosúladienie provenienčnej politiky a medzihraničnú spoluprácu v rámci širšieho regiónu. Ďalšou podmienkou úspechu asistovanej migrácie je dodržiavanie kľúčových pravidiel zo strany producentov RM ohľadne záruk pravosti pôvodu a dodržiavanie správnej praxe pri zbere semien.

On-line nástroj SusSELECT, ktorý je výsledkom riešenia projektu, dokáže na základe modelu klimatickej zmeny pre obnovu lesa už dnes odporučiť vhodné dreviny, vhodnú semenársku oblasť a provenienciu reprodukčného materiálu. Poskytne teda návrh riešenia obnovy konkrétneho obnovovaného porastu alebo porastovej skupiny. No ako expertný systém vyžaduje kompetentného používateľa. Jeho dostupnosť a jednoduchá obsluha potom umožní hospodárovi plánovanie obnovy aj na vyššej úrovni – lesného majetku, úseku, lesnej správy. Je použiteľný aj pre hodnotenie miery ohrozenosti resp. životnosti zdrojov lesného reprodukčného materiálu v podmienkach postupnej klimatickej zmeny.

Stále otvorená zostáva otázka rizika výberu vhodnej proveniencie semien a sadeníc len na základe priemernej výšky stromov. Pre stabilitu lesa sú totiž dôležité aj prežívanie a kvalitatívne vlastnosti stromov tvoriacich porasty. Znak a vlastnosti identifikujúce RM nevhodného pôvodu je však možné do nástroja SusSELECT vložiť aj dodatočne.

Vzhľadom na závažnosť problematiky adaptácie lesov ku klimatickej zmene by mal vlastník či obhospodarovateľ lesa konzultovať vhodnosť pôvodu LRM s odborníkmi. Na upozornenie uvádzame geneticky podmienených vlastností hlavných drevín stredoeurópskych lesov, ktoré objektívne obmedzujú voľný prenos ich reprodukčného materiálu:

Smrek: už začiatkom 20. storočia prenosové pokusy Englera (1905, 1913) s provenienciami smreka z rôznej nadmorskej výšky potvrdili dedičný charakter rýchlosti rastu a typu vetvenia. Stabilný je tiež tvar koruny. Na základe týchto znakov prax rozlišuje pahorkatinný smrek s hrebeňovitým vetvením a rozložitejšou korunou, horský smrek s prevažne zväzkovitým vetvením a užšou korunou a vysokohorský s doskovitým vetvením a ihlanovitou korunou. Výber vhodného morfortypu pre konkrétny typ stanovišťa (údolie, náhorná poloha, hrebeň, náveterne svahy, hranica lesa) bude mať vždy kľúčový význam z hľadiska poškodzovania smreka zlomami a vývratmi.

Buk: Medzinárodný pokus s prenosom proveniencií (približne 120 oddielov sadeníc vysadených paralelne v 20 pokusoch v 14 krajinách (vysadených 1995 – 1998) objektívne preukázal, že neskorými mrazmi (ktoré sa v strednej Európe stávajú „novým normálom“) je všeobecne menej poškodzovaný buk pochádzajúci z oblastí s oceanickejším podnebí. Teda z oblastí ležiacich na západ a juhozápad od nášho územia.

Borovica lesná: Tvar korún, dĺžka a hrúbka vetiev sú kľúčovými znakmi pre zamedzenie škôd ťažkým snehom a námrazou. Na základe tvaru korún a vetvenia prax rozlišuje borovicu nížinnú, pahorkatinnú a horskú. Výber morfortypu vhodného pre konkrétny typ stanovišťa (nížina, pahorkatina hrebeňová poloha) bude mať limitujúci význam aj v zmenenom podnebí.

Dub zimný, dub letný: z dôvodu poškodzovania neskorými mrazmi je pre odrastanie a kvalitu mladých porastov dôležitá doba pučania. Neskôr pučí RM z oblastí s oceanickejším podnebí, nachádzajúcich sa na západ od nášho územia. U duba letného je preukázaná existencia edafotypu adaptovaného na vysoké pH pôd v podunajských nížinách a v povodí rieky Sáva („slavónsky“ dub).

Smrekovec zo Západných Karpát a Jeseníkov sa na rozdiel od smrekovca z Álp a Východných Karpát vyznačuje odolnosťou voči rakovine kmeňa (*Trichoscyphella wilkomi*), ktorá je limitujúcim faktorom jeho pestovania. Jesenícky smrekovec sa vyznačuje rýchlym rastom pri primeranej kvalite kmeňa. Smrekovec zo Západných Karpát sa ako jediný vyznačuje úplne priamym kmeňom a aj vysokou kvalitou dreva.

Podakovanie

Príspevok prezentuje výsledky riešenia projektu „Zachovanie a udržateľné využitie biologickej diverzity lesných drevín v adaptácii ku klimatickej zmene – SUSTREE“ podporeného (ako projekt CE-614) programom Európskej únie INTERREG Stredná Európa.

Literatúra

- Engler, A., 1905: Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der Forstliche Holzgewächse. Mitteilungen der Schweizerisches Zentralanstalt für das Forstliche Versuchswesen, 235 s.
- European Environmental Agency, 2020: Global and European Temperature Indicator Assessment. Dostupné na internete: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/global-and-european-temperature-8/assessment>.
- Kolektív, 2019: SUSTREE Policy Brief. Zachovanie a udržateľné využívanie biodiverzity lesných dreív v podmienkach klimatickej zmeny. EU Interreg Central Europe, 6 s.
- Mauri, A., Strona, G., San Miguel Ayanz, J.: EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. Scientific Data 4 4:160123|DOI:10.1038/sdata.2016.123 (www.nature.com/sdata).
- Thuiller, W., Engler, R., Laforcade, B., Araujo, M. B., 2016: BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3):369–373.
-

Adresa:

Ing. Roman Longauer, CSc., Ing. Dagmar Bednárová, PhD.
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, SK – 969 01 Zvolen,
e-mail: roman.Longauer@nlcsk.org
Silvio Schueler, Debojyoti, Chakraborty
Austrian Research Centre for Forests, Seckendorff-Gudent Weg. 8, A – 1131 Vienna, Rakúsko
Julian Gaviria
Bayerisches Amt für Waldgenetik (AWG) Forstamtsplatz 1, DE – 83317, Teisendorf, Nemecko