

## HERBAXYLAREDD

# Interdisciplinary exploitation of the federal Herbarium and Xylarium for tropical forest management

Contract - BR/143/A3/HERBAXYLAREDD

## SAMENVATTING

Om de referentiewaarde van zowel het Herbarium (Plantentuin Meise) als het Xylarium (Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, Tervuren) te vernieuwen, aan te vullen en te versterken, richt HERBAXYLAREDD zich op het genereren van kennis, door middel van multidisciplinaire en integratieve analyse van de eigenschappen en metadata van specimens, over Centraal-Afrikaanse bosecologie en bosbeheer en over bos producten, vooral hout. De studie van plantkenmerken, houtanatomie en -technologie, moleculaire en genetische affiniteit van planten- en houtstalen maakte het mogelijk om de verspreiding van soorten en functionele strategieën, groeiprestaties van bomen en technologie van minder gebruikte houtsoorten te verkennen, met implicaties voor schattingen van koolstofvoorraden van Centraal-Afrika bossen, energie-inhoud van houtsoorten en ter bestrijding van de illegale houthandel.

De databanken van het Xylarium (Tw) en Herbarium (BR) worden gekenmerkt door een specifieke organisatie en databank indeling. Om beide unieke collecties te aan elkaar te linken, werd de Afrikaanse herbariumcollectie met meer dan 850000 gedroogde exemplaren gescreend op overeenkomsten met het Xylarium. In totaal werden meer dan 5000 overeenkomsten gevonden tussen beide databanken, waardoor verschillende metadata over morfologie, fenologie en gekoppeld werd. Van die soorten werd een subset gekozen waarvan een genetisch vingerafdruk werd genomen om een referentiedatabase van Afrikaanse boomsoorten te creëren waarin exemplaren worden gekoppeld aan de DNA-barcodegenen *genK* en *rbcl*. De nieuw gegenereerde *rbcl*- en *matK*-sequenties van samengestelde herbariumvouchers die zijn opgeslagen in de Plantentuin Meise, werden toegepast in een methode voor totaal bewijs (*total evidence methodology*) waarin de nieuw gegenereerde barcodesequenties werden toegevoegd aan een grote fylogenie van houtachtige Afrikaanse regenwoud taxa ingebed in een evolutionair raamwerk van angiospermen. Deze op *matK* en *rbcl* gebaseerde fylogenie van meer dan 36000 verschillende soorten angiospermen biedt interessante inzichten in de evolutie van planten op soortniveau of hoger en wordt gebruikt als instrument voor algemene ecologische en evolutionaire studies naar angiospermen en naar Afrikaanse taxa. Een bijkomend element in botanisch onderzoek dat in het huidige project is onderzocht, is de impact van verkeerd geïdentificeerde exemplaren op verdere ecologische en evolutionaire analyses. Hiervoor werden de botanische veld-identificaties van 756 houtige planten van permanent gecontroleerde percelen in het Yangambi Biosphere Reserve geverifieerd. Hier toonden we aan dat op soortniveau slechts 56% van de individuen correct geïdentificeerd bleek te zijn. Ongeveer 78% van de individuen was correct geïdentificeerd op genusniveau, terwijl de familie-identificatie voor ongeveer 90% van de individuen. Deze resultaten laten duidelijk zien dat

voorzichtigheid geboden is bij het gebruik van specimens waarvoor de botanische identiteit niet is gevalideerd na de eerste identificatie in het veld. Ondanks het grote aantal verkeerd geïdentificeerde soorten heeft dit niet altijd een negatieve impact op verdere analyses. Terwijl evolutionaire en ecologische studies (bv. biogeografie, evolutie van eigenschappen (*traits*)) bijvoorbeeld sterk worden beïnvloed door verkeerde identificaties, worden studies naar de biodiversiteitsbeoordeling niet significant beïnvloed.

Om accurate fylogenetische netwerken te verkrijgen, werden zowel klassieke SSR als moderne hoge verwerkingscapaciteit sequentie-technieken toegepast. Voorbeelden van deze laatste zijn gerichte genoom *capture* en genoom *skimming* door *shotgun sequencing*. Binnen de Meliaceae werden de geslachten *Entandrophragma* en *Khaya* (algemeen bekend als Afrikaanse mahonie) bestudeerd, terwijl binnen de Myristicaceae het geslacht *Staudtia* werd onderzocht. Voor Leguminosae werden de geslachten *Scorodophleus* en *Prioria* beoordeeld. De resultaten van deze diepgaande genetische populatieanalyses werden gebruikt om genetische erosie te voorkomen, om het natuurbehoud goed te beoordelen en om de geografische oorsprong van verhandelde boomstammen te verifiëren. Bovendien kunnen deze nieuwe methoden worden gebruikt voor een snelle identificatie van soorten en om herkomst van illegale houtkapactiviteiten intensiever te bestrijden.

Blad- en zaadeigenschappen (*traits*) werden bepaald met specimens uit het Herbarium. Anderzijds werden metingen van houtkenmerken verkregen uit houtmonsters die waren opgeslagen in het Xylarium (Tw-collectie). Het Xylarium is gescreend op hout-technologische eigenschappen, namelijk de dimensionele stabiliteit (weerstand tegen zwellen of krimp) en de natuurlijke duurzaamheid (weerstand tegen schimmelafbraak) op zoek naar minder gebruikte of alternatieve houtsoorten. De ontwikkelde methodologieën maken het mogelijk om deze eigenschappen te bepalen en het Xylarium kan nu worden gescreend in de zoektocht naar deze soorten. Het verschil in gedrag van verschillende soorten in termen van dimensionele stability en houtdensiteit werd verklaard door verschillen in anatomische kenmerken. Meer dan 2000 DART TOFMS-spectra (> 900 exemplaren, 55 soorten) werden verzameld via specimens van de Tervuren Wood Collection, waarvan een deel werd toegevoegd aan de ForeST © -database (US Fish and Wildlife Forensic Service Laboratory). Xylarium specimens zijn het ideale referentiemateriaal omdat DART-TOFMS voor houtidentificatie slechts een klein houtsplinter nodig heeft om de chemische vingerafdruk te verkrijgen die de basis vormt voor de identificatie. Er wordt een geautomatiseerd protocol voorgesteld om de voorverwerkingsparameters te bepalen die leiden tot de hoogste classificatienauwkeurigheid en er worden verschillende soorten binnen *look-a-like* groepen onderscheiden. We geven ook de eerste indicatie voor het gebruik van chemische vingerafdrukken van tropische boomringen om de geografische herkomst te bepalen

De calorische waarde en het asgehalte van takken, stam, hergroei en de resterende stomp zijn bepaald voor verschillende soorten uit het Congobekken. Functionele eigenschappen in het zaailingstadium en architecturale kenmerken van grotere bomen werden in het veld gemeten. Voor het geslacht *Erythrophleum* werd het geïntegreerde raamwerk toegepast, waarbij hout- en bladkenmerken en ecofysiologische metingen op takken werden gecombineerd. Geogerefererde collecties werden gebruikt om de verspreiding van soorten af te bakenen en de evolutie van niches te onderzoeken. De resultaten toonden aan dat ecologische soortvorming door klimaat een sleutelrol

heeft gespeeld in de evolutie van de *Erythrophleum* soorten. De differentiële verspreiding en klimatologische niche van de soort wezen op adaptieve divergentie langs regenvalgradiënten, die waarschijnlijk zijn versterkt door eerdere klimaatschommelingen. Verder werd de verspreiding van de biomen van bossen en savannes over Afrika bestudeerd en gemodelleerd met floristische informatie. In Afrika werden twee belangrijke omgevingsgradiënten geïdentificeerd, met sterke overlap tussen bossen en savannes op de neerslag/dorheidgradiënt, en sterke verdeling van noordelijke en zuidelijke savannes op de temperatuur/hoogtegradiënt. Hoewel sommige boomgeslachten de twee biomen overstegen, bevestigden de distributie van bos- en savannespecialisten en generalisten bovendien de floristische specificiteit van de bos- en savannebiomen, en demonstreerden ze voor het eerst de mixsamenstelling van het bistabiliteitsgebied, met slechts enkele generalistische soorten.

Bovendien werden georeferende herbariumstalengebruikt om fenologische gegevens af te leiden en grootschalige variatie in bloei te onderzoeken. Van herbarium afgeleide fenologie werd voor het eerst gevalideerd met behulp van veldwaarnemingen die beschikbaar zijn voor houtsoorten, gevolgd op verschillende locaties in Centraal-Afrika, meestal in concessieovereenkomsten, maar ook uit historische collecties zoals in Luki, Democratische Republiek Congo. Uitgebreide verzamelingen, gearchiveerde wetenschappelijke gegevens en goed gericht veldwerk maakten een informatieve analyse mogelijk van 150 regenwoud soorten, inclusief de toename daarvan op verschillende manieren. Daarnaast werd een grootschalige gedateerde fylogenetische boom van angiospermen geconstrueerd. Een dergelijk raamwerk wordt gebruikt om de evolutionaire relaties tussen soorten te beoordelen, maar het biedt ook een nuttig hulpmiddel om de evolutie van specifieke morfologische, anatomische of fysiologische eigenschappen (bv. Vatgrootte van hout) te optimaliseren, eco-evolutionaire vragen op te lossen of om speculatieve eigenschapskenmerken te voorspellen gebaseerd op de positie van een soort binnen een bepaalde afstamming of groep (meest recente gemeenschappelijke voorouderbenadering).

Het Tervuren Xylarium en het Meise Herbarium zijn het resultaat van meer dan een eeuw intensieve staalname in Centraal-Afrika. Ze zijn nu veruit de twee belangrijkste botanische referentiecollecties ter wereld voor tropisch Afrika. De collecties speelden een cruciale rol tijdens de verkenning van Afrika en vormden de bakermat van de Centraal-Afrikaanse botanie, agronomie en bosbouw. Beide collecties kenden de afgelopen decennia een aanzienlijk versterkte internationale belangstelling vanwege hun erkende relevantie voor onderzoek naar klimaatverandering, economische ontwikkeling en handhaving van wet- en regelgeving op het gebied van natuurbehoud. Als zodanig vertegenwoordigen ze unieke gegevensbronnen, gezien hun uitgestrektheid, de ruimtelijke omvang die ze bestrijken en de taxonomische diversiteit die ze bevatten. Hun waarde groeit nog steeds in een actuele context van de enorme logistieke moeilijkheden bij het verzamelen van nieuw studiemateriaal in Afrika. Ze zijn relevant voor twee prominente politieke kwesties: klimaatverandering en handel in natuur-voorwerpen, waar hout de grootste grondstof vertegenwoordigt.

Hoewel de collecties fysiek gescheiden en samengesteld zijn in twee verschillende instellingen, zijn ze van nature geclusterd vanwege duizenden gedeelde exemplaren, waarvoor er hout is in het Tervuren

Xylarium en bladeren, bloemen en fruit in het Meise Herbarium. Het HERBAXYLAREDD project toonde aan dat de informatie-inhoud zeer complementair is en dat het koppelen van de collecties hun respectieve wetenschappelijke waarde aanzienlijk versterkt in een daadwerkelijke context van grote behoefte aan gegevens over de veranderende Centraal-Afrikaanse bossen.

**KEYWORDS**

Xylarium, Herbarium, tropische boscologie, tropisch bosbeheer, houttechnologie, wetenschappelijk erfgoed.