

Op zoek naar de verborgen helft. Het testen van de nauwkeurigheid van technieken die gebruikt worden in het bepalen van de ondergrondse biomassa in het mangrovewoud

Ndegwa Gladys Luvuno

Laboratorium voor Algemene Plantkunde en Natuurbeheer (APNA), Faculteit Wetenschappen en Bio-ingenieurswetenschappen, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, 1050 Brussel, België.

Email: gluvuno@gmail.com

Mangroven en de reductie van emissies als gevolg van ontbossing en degradatie van bossen (*Reducing emissions from deforestation and forest degradation - REDD+*)

Mangroven zijn bossen die voorkomen in de intergetijdengebieden van tropische en subtropische kusten. Ze zijn een belangrijke opslagplaats voor koolstof uit atmosferisch CO₂ langs tropische kustlijnen (Komiyama *et al.*, 2008; Bouillon *et al.*, 2009). Toch bestaat er nog steeds onzekerheid omtrent hun productiviteit en de grootte van hun areaal (Bouillon 2011). De verhoogde druk op deze ecosystemen als gevolg van de opwarming van de aarde en de klimaatsveranderingen heeft geleid tot een toenemende aandacht voor het C-sequestratiepotentieel van mangroven. De opslag van grote hoeveelheden aan C in mangrovebossen is een drijfveer voor het opnemen van mangroven in de koolstofhandel van REDD+. REDD+ wordt beschouwd als een kostenefficiënte strategie in de vermindering van de voorspelde klimaatsverandering. Het vraagt echter rigoureuze monitoring van C-opslag en C-uitstoot (Donato *et al.*, 2011). Het nauwkeurig meten van koolstof in mangrovebossen vormt nog steeds een probleem omdat er geen gestandaardiseerde methodologie bestaat die de ondergrondse biomassa in deze bossen kan schatten. Deze ondergrondse biomassa is nochtans verantwoordelijk voor de helft van de plantgebonden C-sequestratie door mangrovebossen. Deze studie had als doel de nauwkeurigheid te testen van drie algemeen gebruikte technieken, i.e. 'coring' (cilindervormige staalname), uitgraving via een sleuf en volledige uitgraving. Deze aanpak werd toegepast op twee algemene en wijdverspreide soorten: *Ceriops tagal* (PERR.) C.B. ROBINSON bomen en *Avicennia marina* (FORSSK.) VIERH. zaailingen. Daarenboven werd het partitioneren van de biomassa bestudeerd aan de hand van de fractaalwet van WBE (West *et al.*, 1997; 1999ab) en de pijpmodeltheorie (Shinozaki *et al.*, 1964ab).

Methodologie

Tien proefvlakken van 10m bij 10m werden uitgezet in een *Ceriops tagal* bestand in Gazi Bay, Kenia, en structurele metingen werden gedaan. Om alle wortels van individuele bomen te bemonsteren en de drie methodes te vergelijken, werden in elk proefvlak voldoende geïsoleerde bomen geselecteerd en bemonsterd aan de hand van de drie geselecteerde methoden, i.e. 'coring' (cilindervormige staalname), uitgraving via een sleuf en volledige uitgraving. De staalnames van de wortels was gebaseerd op verschillende veronderstellingen: het geconcentreerd zijn van mangrovewortels in de bovenste 50cm van de bodemhorizonten (Komiyama *et al.*, 1989); de hoogste worteldensiteit nabij de basis van de boom en verminderend met stijgende afstand van de boom zodat er een 'besmettelijke distributie' geproduceerd wordt (Karizumi 1974); een radiale verdeling van de mangrovewortels met een concentratie van dikke wortels rond de basis van de boom en een gelijke verdeling van wortelharen in de bodem (Komiyama *et al.*, 1987). Voor de 'coring' methode werden in totaal 9 cilindervormige stalen met een diameter van 15,6cm genomen per boom tot een diepte van 60cm. Voor de uitgraving via een sleuf werden sleuven van 20cm breed, 125cm lang en 60cm diep gemaakt, startend aan de basis van de boom en gaand tot de grens van de kruin. De volledige uitgraving betrof zowel de bovengrondse als de ondergrondse componenten. Bomen werden gekapt op grondhoogte. De ondergrondse biomassa werd geschat door alle wortels zo goed mogelijk uit te graven. Voor het opstellen van allometrische vergelijkingen werden twintig *C. tagal* bomen, van zaailingen tot jonge bomen, geselecteerd en uitgegraven binnen de natuurlijke *C. tagal* bestanden. In totaal werden dertig *C. tagal* bomen en zaailingen bemonsterd. Bovenop de bemonsterde bomen werden ook 15 zaailingen van *Avicennia marina* gebruikt voor het onderzoek naar hun biomassapartitionering. Ze waren zes maanden oud en werden in pot opgegroeid. De gegevens werden geanalyseerd met regressiemodellen gebaseerd op de verschillende componenten (wortels, stam, takken en bladeren) gebruikmakend van de software R en dit voor zowel de pijpmodeltheorie als de fractaalwet. Om de nauwkeurigheid van de methoden te testen gebruikten we regressieanalyse en variantieanalyse (ANOVA).



Fig. 1. Een conceptueel diagram van de onderzoeksvraag van de thesis

Resultaten en discussie

De methode van volledige uitgraving gaf een significante relatie tussen de bovengrondse en de ondergrondse biomassa ($y=0,93x+263,03$ ($R^2=0,95$) voor *C. tagal* en $y=0,88x-0,22$ ($R^2=0,83$) voor *A. marina* zaailingen). Het grootste deel van de biomassa van de boom bevond zich in de wortels ($53\pm 8\%$). Dit ondersteunt de 'beneden-zwaardere-boom' vorm geopperd door Ong *et al.*, (2004). De 'coring' methode gaf een gemiddelde van 19.1 ± 10.4 t.ha⁻¹ terwijl de methode via het uitgraven van slenken lagere waarden opleverde, namelijk 16.9 ± 13.6 t.ha⁻¹. De bovenste 40cm van de bodem bevatte 85% van de totale wortelbiomassa volgens de 'coring' methode en 78% van de totale biomassa volgens de methode via het uitgraven van slenken. De veronderstelling dat de meeste wortels zich bevinden in de bovenste 50cm van de bodem wordt hiermee bevestigd. We observeerden dalende trends van wortelbiomassa in een straal startend aan de basis van de boom met toenemende diepte: de wortelbiomassa aan de basis van de boom bevatte 65% van de totale biomassa, het midden 23% en de rand 12%. De gecombineerde biomassa van de basis van de boom en het midden van de kruin was 88%. De waarde daalde sterk, tot slechts 12% aan de rand van de kruin. Dit bevestigt de veronderstelling van een radiaal snel afnemende verdeling van wortels rond de boombasis. De 'coring' methode en de methode via uitgraving van slenken zijn daarom adequaat voor het bemonsteren van de wortelbiomassa van mangrovebossen. Wij stellen echter verder onderzoek voor om de geschikte diepte te bepalen voor staalname, in het bijzonder voor haarwortels omdat zij significant bijdragen aan de totale wortelbiomassa en omdat hun biomassa redelijk constant was over alle diepten en afstanden vanaf de boombasis. De 'coring' methode toonde een sterkere relatie met de methode via volledige uitgraving ($R^2=0,95$). Er was echter geen significant verschil tussen de 'coring' methode en de methode via uitgraving van slenken ($p=>0,05$).

Het testen van de voorspellingen van de pijpmodeltheorie gaf positieve en significante resultaten voor de verschillende gebruikte diameter- en hoogtevariabelen en de verschillende plantcomponenten. Het testen van de voorspellingen van de fractaalwet daarentegen toonde afwijkingen van de voorspelde waarden betreffende het schalen van de verschillende plantcomponenten. Dit duidt op soortspecifieke effecten in mangroven. De afwijkingen leken ook te verschillen over verschillende leeftijden. De algemene structuur van de biomassa van mangrovewortels, een 'beneden-zwaardere-boom' vorm (Ong *et al.*, 2004) en een lage top/wortel biomassa-ratio (bovengronds/ondergronds) (Komiyama *et al.*, 2000) zouden de oorzaak kunnen zijn van de afwijking van de mangroveboom ten opzichte van het model. Fouten in de staalname door de moeilijkheid van het bepalen van wortels kunnen ook de verschillen in de schalingsexponenten veroorzaken. Verder onderzoek gebaseerd op grotere gegevenssets moet echter uitgevoerd worden om de schalingsrelatie in mangroven te analyseren. De pijpmodeltheorie was daarom meer geschikt voor het beschrijven van de biomassaverdeling in mangrovebossen. De studie was rigoureuus en tijdrovend. Dit heeft belang, gezien de weinige studies over de wortelbiomassa van mangroven die er zijn en de algemene schaarsheid aan gegevens, ondanks de lokale specificiteiten. Omdat uitgraven van wortels zeer moeilijk is, leidt het tot verlies van haarwortels en brengt het een risico van 'besmetting' door naburige bomen (Komiyama *et al.*, 2008). Dit kan resp. leiden tot onder- of overschatting; de relatieve balans tussen beide kan nog niet bepaald worden. De oplossing ligt in het opstellen van betrouwbare allometrische vergelijkingen. De allometrische relaties die bekomen werden in deze studie maken het gemakkelijker om totale plantbiomassawaarden te bekomen in de mangrove *C. tagal* en zullen hun nut bewijzen voor de C-schatting in grootschalige C-projecten. Er werden verschillende activiteiten opgestart in Gazi Bay, Kenia, die als doel hebben mangroven te beschermen en heraanplanting te bevorderen voor de 'Voluntary Carbon Market' (vrijwillige koolstofmarkt). Deze studie draagt bij tot een betrouwbaarder kwantificatie van totaal gesequesteerde koolstof om zo de billijkheid te garanderen in toekomstige betalingen van C-kredieten en spoort aan tot verbetering van mangrovebeheer in Kenia en in een veel bredere omgeving.

Referenties

- Bouillon S., V. Rivera-Monroy, R.R. Twilley and J.G. Kairo. 2009. Mangroves. In: Laffoley D. & G. Grimsditch (Eds). The management of natural coastal carbon sinks. Gland, Switzerland: IUCN Report.
- Bouillon Steven. 2011. Storage beneath mangroves. *Nature Geoscience* 4(May):1-2.
- Donato D.C., J.B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto, M. Stidham and M. Kanninen. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience* 4(5):293-297. doi:10.1038/ngeo1123
- Karizumi N. 1974. The mechanism and function of tree root in the process of forest production. 2. Root biomass and distribution in stands. *Bulletin of the Government Forest Experimental Station, Meguro, Tokyo*, 267:1-88.
- Komiyama A., H. Moriya and K. Ogino. 1989. A quantitative analysis of root system of mangrove tree species in Iriomote Island, southern Japan. *Galaxea* 8.
- Komiyama A., K. Ogino, S. Aksornkoae and S. Sabhasri. 1987. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. 1. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. *Journal of Tropical Ecology* 3:97-108.
- Komiyama A., J.E. Ong and S. Pongparn. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89:128-137.
- Ong J.E., W.K. Gong and D.H. Wong. 2004. Allometry and partitioning of mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management* 188:395-408.
- Shinozaki K., K. Yoda, K. Hozumi and T. Kira. 1964a. A quantitative analysis of plant form - the pipe model theory I. Basics analyses. *Japanese Journal of Ecology* 14(3):97-104.
- Shinozaki K., K. Yoda, K. Hozumi and T. Kira. 1964b. A qualitative analysis of plant form- the pipe model theory. II. Further evidence of the theory and its application to forest ecology. *Japan Journal of Ecology* 14:133-139.
- West G.B., J.H. Brown and B.J. Enquist. 1997. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science* 276:122-126.
- West G.B., J.H. Brown, and B.J. Enquist. 1999a. The fourth dimension of life: fractal geometry and allometric scaling of organisms. *Science* 284(5420): 1677-1679. doi:10.1126/science.284.5420.1677
- West G.B., J.H. Brown and B.J. Enquist. 1999b. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems. *Nature* 396, 400: 664-667.