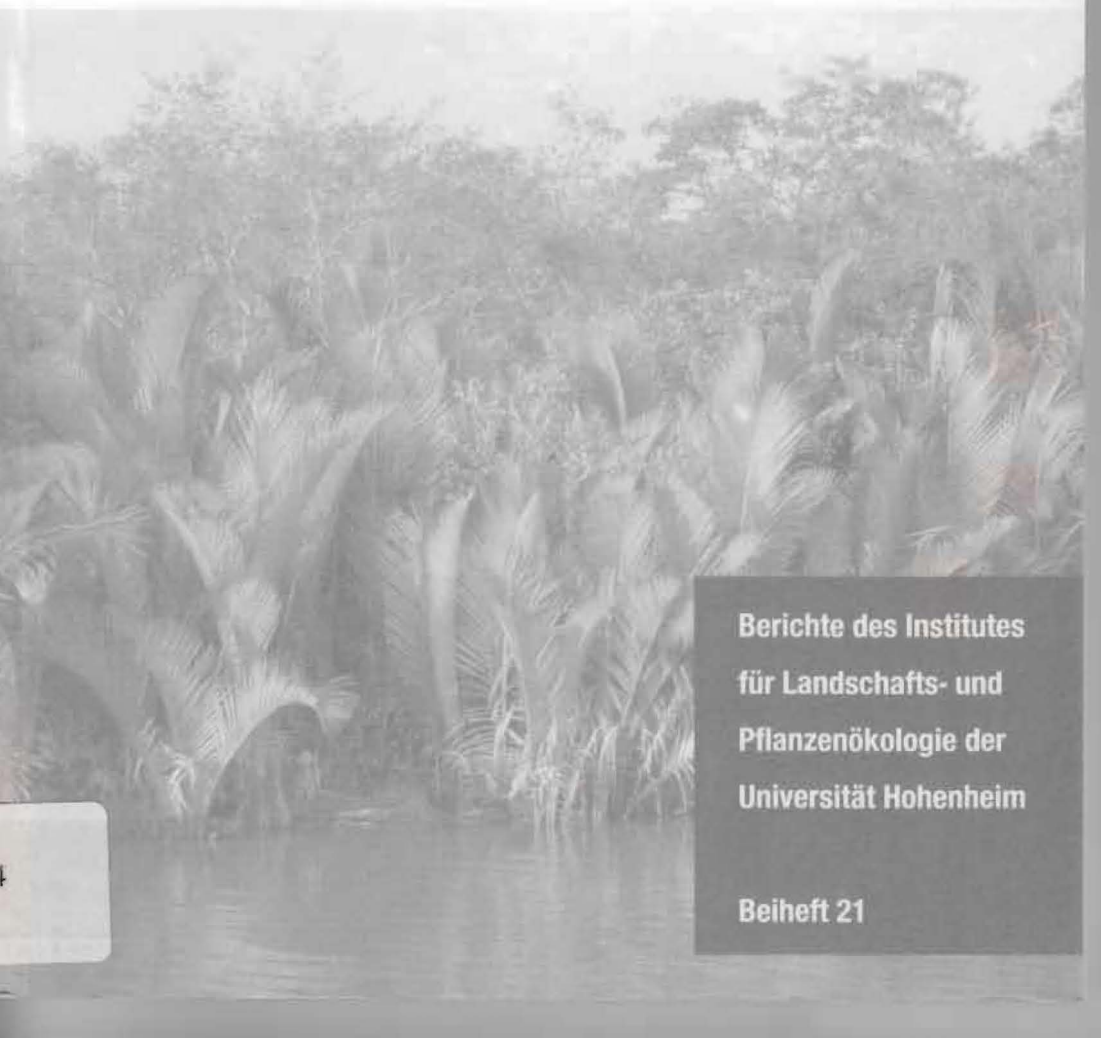


Sheikh Harun-or-Rashid

Ecology, vegetation and soil seed bank studies of Sundarban mangrove forest in Bangladesh



Berichte des Institutes
für Landschafts- und
Pflanzenökologie der
Universität Hohenheim

Beiheft 21

Summary

Ecology, vegetation and soil seed bank studies of Sundarban mangrove forests in Bangladesh

The main objectives of the presented paper have been divided under three broad headings such as a) soil properties, b) flora & vegetation and c) soil seed bank. In this regard, 29 sites in the mangroves were selected in order to represent all existing identifiable ecological habitats of Sundarban landscapes like grasslands, sand dunes and swamp forests according to three salinity zones eg. oligohaline, mesohaline and polyhaline zones. Vegetation data were collected by the standard random quadrat method. The quadrat size was determined on the basis of species area curves. The selection of quadrat size was for forest sites 10m x 10m and grasslands & sand dunes for 5m x 5m. Statistical analysis (eg. correlation, ordination and cluster analysis, Shannon-Wiener diversity index) of vegetation, soil properties and seed banks were done by the CANOCO (Braak and Smilauer 2002; 4.5 versions) and SAS (Statistical Analytical System version -6) programs.

Soil properties of the study areas of all ecological zones of Sundarban mangrove forest have been assessed. Soils of the swamp forests are 'Solonchaks' and in grasslands 'Fluvisols'. The overall Sundarban soils are saline and moderate alkaline (pH 7.6 to 8.7). Some soil properties such as sodium, chloride and electrical conductivity (EC) are responsible for the increasing soil salinity. These values have very high ranges like sodium 26 to 3238 mmolc+/kg, chloride 61 to 5466 mg/l and EC 5.2 to 68 mS/cm. Furthermore, iron 212 to 1777 mg/kg, manganese 1.4 to 13 mg/kg, magnesium 4 to 150 mmolc+/kg, CEC 144 to 368 mmolc+/kg and SO_4^{2-} 15 to 910 mg/l are also high. The lower values of some parameters are organic carbon 0.16 to 2.2%, total carbon 0.18 to 2.4 %, total nitrogen 0.5 to 4.2 g/kg⁻¹, zinc 0.38 to 2.7 mg/kg, copper 0.04 to 1.1 mg/kg and phosphorus 0.10 to 20.2 mg/kg. The linear relationship between some soil properties has been assessed by the correlation coefficient (R^2) value. The higher R^2 values were recorded between sodium and chloride (0.86); sodium and sulphate (0.72); sodium and EC (0.72); chloride and sulphate (0.65), chloride and EC (0.69); and lower values between manganese and iron (0.22 and 0.28). Tidal flooding is influencing the soil properties of mangrove habitats. Everyday tidal flooding stands receive high amounts of sediment with huge amounts of nutrients and biomass (eg. micro-fauna & -flora and bacteria). These suitable bacteria are degrading organic materials like dead plants and sea animals, plankton, snails, bodies of animals. This process of mineralization is playing a beneficial role for soils by increasing the nutrients values. The grasslands were observed firing of herbaceous plants in every year by the local people, for this reason soil fertility is increasing. The overall results of soils are showing that present soil properties data did not support the previously recognized zones. These zones have been changed such as a) oligohaline to mesohaline, b) mesohaline to polyhaline and c) polyhaline to hyperhaline, because, soil salinity has been increased during the last 20 years.

The vegetation part includes the list of the flora, undergrowth species diversity, ecology and vegetation of the Kotka-Kochikhali forest. Vegetation of Sundarban mangrove forests are depending on the surrounding environment like climate, soil & water properties, salinity, and tidal flooding. They are major factors for the optimal growth of mangrove vegetation. The ordination has been done between the vegetation and soil properties of various micro-habitats (eg. swamp forests, grasslands and sand dunes) of Kotka-Kochikhali forest. It was shown some soil properties and vegetation is strongly correlated in different micro-habitats. A total of 178 species were recorded including all identifiable microhabitats such as swamp forests, grasslands, sand dunes, open and bare lands, riversides and creeks etc. There are 48 undergrowth species, 147 Kotka-Kochikhali forest plants and 11 soil seed bank species also contribute to the list of flora. Maximum numbers of plant species were recorded from the grasslands and minimum numbers of species were recorded in the sand dunes. In swamp forest sites also a high number of true mangrove species were recorded. Different types of mangrove vegetation were classified such as true, associate and occasional mangrove species. The status of life forms includes herbs (61%), shrubs (9%), trees (25%) and parasitic plants & climbers (about 5%). The common plant

families of mangrove vegetation are Sterculiaceae, Avicenniaceae, Rhizophoraceae, Sonneratiaceae, Acanthaceae, Leguminosae, Palmae, Gramineae and Cyperaceae. The dominant species are in the swamp forests (e.g. *Heritiera fomes*, *Excoecaria agallocha*, *Ceriops decandra*, *Sonneratia apetala*, *Avicennia alba*, *Avicennia officinalis*, *Nypa fruticans*, *Xylocarpus mekongensis*, *Phoenix paludosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Brownlowia teresa*) grasslands (*Acrostichum aureum*, *Derris trifoliata*, *Vitis trifolia*, *Imperata cylindrica*, *Cyperus javanicus*, *Myriostachya wightiana*) sand dune (*Porteresia coarctata*, *Paspalum vaginatum*, *Panicum repens*, *Phragmites karka* and *Saccharum spontaneum*). 48 undergrowth species were recorded in relation to salinity gradient belonging to all sites. The dominant families were enumerated of undergrowth species such as Fabaceae, Poaceae, Palmae, Acanthaceae, Acrostichiaceae, Myrsinaceae, Rhizophoraceae. On the basis of frequency, six frequent undergrowth species (*Acanthus ilicifolius*, *Acrostichum aureum*, *Derris trifoliata*, *Vitis trifolia*, *Sarcolobus globosus* and *Phoenix paludosa*) were found to be dominant and widely adapted to various levels of salinity in different zones of Sundarban mangrove forest. The ordination of undergrowth species revealed that some species are more salinity tolerant, closely associated and widely distributed such as *Derris trifoliata*, *Acanthus ilicifolius*, *Nypa fruticans*, *Sarcolobus globosus*, *Dalbergia spinosa*, *Flueggia virosa*, *Pandanus foetidus* and *Phoenix paludosa*. It is interesting to note that salinity is a vital factor for the development of undergrowth vegetation. It can also be concluded that the rich diversity of undergrowths of healthy individuals might be indicative of the healthy mangrove forest of the low saline zone and poor diversity of undergrowths, as well as their stunted growth might be indicative of the ill mangrove forest of high saline zone area. In *Sonneratia apetala* dominated forest undergrowth vegetation is very rare whereas in grasslands, forest margins, open & bare lands undergrowth species are frequently growing.

The soil seed bank is a reservoir of plant populations. The soil seed bank also contributes additional species for a complete flora in any region of the world. In this study shows a relationship among the germinable soil seed banks, above ground flora and soil properties. A total of 24 species were identified in the soil seed banks in different seasons, this is about 16.3% of the above ground vegetation. It is pointed out that additional 11 species from the soil seed banks are included in the list of Sundarban flora. Maximum numbers of soil seed bank species were recorded in the grasslands and minimum numbers were found in the swamp forests. Surprisingly, only two true mangrove tree species were identified in the seed bank experiments. Some grasses and ferns were recorded abundantly in the forest soil seed banks, whereas, those species were not found abundantly in the above ground vegetation. This may be because germination factors are not suitable in that place for those species. Abundant species of soil seed bank are *Acrostichum aureum*, *Cyperus difformis* and *Ceratopteris thalictroides*.

Finally it may be concluded that the Sundarban mangrove forest is a 'hot spot' of the world mangrove forest in terms of plant diversity. Further works are necessary in some areas like a) micro flora & fauna, b) soil redox potential c) vegetation succession in permanent plots.

Zusammenfassung

Ökologie, Vegetation und Samenbankpotential des Sundarban Mangrovenwalds in Bangladesch

Die vorliegende Studie enthält Untersuchungen zur Ökologie, Vegetation und Samenbankpotential des Sundarban Mangrovenwalds in Bangladesch. Die Hauptuntersuchungspunkte beziehen sich auf die drei Themenbereiche a) Bodeneigenschaften b) Flora und Vegetation und c) Samenbankpotential. Dazu wurden 29 Standorte im Mangrovenwald ausgewählt, die alle vorhandenen Landschaften des Sundarban wie Grasland, Sanddünen und Sumpfwald repräsentieren sowie drei Zonen unterschiedlichen Salzgehalts: oligohalin, mesohalin und polyhalin. Die Daten zur Vegetation wurden nach der Standard Zufalls-Quadrat-Methode gesammelt. Die Quadratgröße wurde auf der Basis der Minimum-Arealkurve bestimmt. Für Waldstandorte betrug sie 10m x 10m und für Grasland- und Sanddünen-Standorte 5m x 5m. Die statistischen Analysen (z.B. Korrelations-, Ordinations- und Clusteranalyse, Shannon-Wiener Diversitätsindex) von Vegetation, Bodeneigenschaften und Samenbank wurden mit den Programmen CANACO (Braak and Smilauer 2002, Version 4.5) und SAS (Statistical Analytical System, Version 6) durchgeführt.

Es wurden Bodeneigenschaften der Untersuchungsgebiete aller ökologischen Zonen des Sundarban Mangrovenwalds untersucht. Die Sumpfwaldböden werden als 'Solontschake' und die des Graslands als 'Fluvisole' benannt. Insgesamt sind die Böden des Sundarban salzig und mäßig alkalisch (pH 7.6 bis 8.7). Bodeneigenschaften wie der Gehalt an gelosten Natrium und Chlorid sind für die elektrische Leitfähigkeit (EC) im Boden verantwortlich. Die entsprechenden Werte streuen sehr stark, z.B. für Natrium von 26 bis 3238 mmolc+/kg, für Chlorid von 61 bis 5466 mg/l und für EC von 5.2 bis 68 mS/cm. Entsprechendes gilt für die Streuung bei Eisen mit 212 bis 1777 mg/kg, Mangan 1,4 bis 13 mg/kg, Magnesium 4 bis 150 mmolc+/kg, CEC 144 bis 368 mmolc+/kg und SO_4^{2-} 15 bis 910 mg/l. Eher niedrig sind die Werte bei organischem Kohlenstoff mit 0.16 bis 2.2%, Gesamt-Kohlenstoff mit 0.18 bis 2.4% und Gesamt-Stickstoff mit 0.5 bis 4.2 g/kg⁻¹. Der lineare Zusammenhang zwischen einigen Bodeninhaltsstoffen wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten (R^2) bewertet. Höhere Korrelationskoeffizienten wurden festgestellt zwischen Natrium und Chlorid (0,86), Natrium und Sulfat (0,72), Natrium und EC (0,72), Chlorid und EC (0,69) sowie zwischen Chlorid und Sulfat (0,65). Schwächer korrelieren Mangan und Eisen (0,28).

Die gezeitenabhängige Überflutung beeinflusst die Bodeneigenschaften der Mangrove-Standorte. Täglich überflutete Standorte erhalten einen hohen Eintrag an Sedimenten, die große Mengen an Nährstoffen und Biomasse (Mikrofauna & -flora, Bakterien) mit sich führen. Die Bakterien zersetzen organisches Material. Dieser Vorgang der Mineralisation erhöht den Nährstoffgehalt auch in den Böden. Die Unterholzarten des Graslands werden gewöhnlich jedes Jahr von der lokalen Bevölkerung abgebrannt, weshalb der Boden immer fruchtbarer wird. Die vorliegenden Ergebnisse der Untersuchungen der Bodeneigenschaften unterstützen die bisher gebräuchliche Zoneneinteilung nicht. Da der Salzgehalt im Boden während der letzten 20 Jahre zugenommen hat, wurden die Zonen abgeändert in: oligohalin bis mesohalin, mesohalin bis polyhalin und polyhalin bis hyperhalin.

Der Themenbereich Vegetation beinhaltet eine Erfassung der Flora, der Artenvielfalt der Unterholzgewächse sowie der Ökologie und Vegetation des Kotka-Kochikhali Waldes. Die Vegetation der Sundarban Mangrovenwälder hängt von Standortfaktoren wie Klima, Bodeneigenschaften, Salzgehalt im Wasser sowie der gezeitenabhängigen Überflutung ab. Sie sind die Hauptfaktoren für das Wachstum der Mangrove-Vegetation. Eine Ordinationsanalyse zur Erfassung des Zusammenhangs von Vegetation und Böden wurde mit Daten verschiedener Mikrostandorte (z.B. Sumpfwald, Grasland und Sanddünen) des Kotka-Kochikhali Walds durchgeführt. Es wurde nachgewiesen, dass an verschiedenen Mikrostandorten einige Bodenmerkmale eng mit der Vegetation korrelieren. Über alle Standorte wurden 178 Spezies dokumentiert, einschließlich aller identifizierbaren Mikrostandorte wie Sumpfwälder, Grasländer, Sanddünen, Offenland, Flussufer und Bäche etc. Es gibt 48 Spezies von

Unterholzgewächsen und 147 Kotka-Kochikhali Wald-Pflanzen. Auch die Spezies der Samenbank tragen zur Liste der Pflanzen bei. Die meisten Pflanzenarten wurden im Grasland verzeichnet, die wenigsten in den Sanddünen. In den Sumpfwäldern wurde auch eine große Anzahl „echter“ Mangrovearten dokumentiert. Verschiedene Typen der Mangrove-Vegetation wurden klassifiziert in echte, assoziierte und seltene Mangrovearten. Die Aufstellung von Lebensformen umfasst Kräuter (61%), Sträucher (9%), Bäume (25%) sowie Parasiten und Kletterpflanzen (5%). Die in der Mangrovevegetation häufig vorkommenden Pflanzenfamilien sind Sterculiaceae, Avicenniaceae, Rhizophoraceae, Sonneratiaceae, Acanthaceae, Leguminosae, Palmae, Gramineae und Cyperaceae. Die dominanten Spezies der Sumpfwälder sind *Heritiera fomes*, *Excoecaria agallacha*, *Cerriops decandra*, *Sonneratia apetala*, *Avicennia alba*, *Avicennia officinalis*, *Nypa fruticans*, *Xylocarpus mekongensis*, *Phoenix paludosa*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza* und *Brownlowia tersa*. Die Spezies der Grasländer sind *Acrostichum aureum*, *Derris trifoliata*, *Vitis trifolia*, *Imperata cylindrica*, *Cyperus javanicus*, *Myriostachya wightiana*, die der Sanddünen *Prteresia coarctata*, *Paspalum vaginatum*, *Panicum repens*, *Phragmites karka* und *Saccharum spontaneum*. Die Verbreitung von 48 Unterholz-Spezies in Abhängigkeit von Salzgehalts-Gradienten aller Standorte wurde dokumentiert. Die dominanten Familien von Unterholz-Spezies wie Fabaceae, Poaceae, Palmae, Acanthaceae, Acrostichaceae, Myrsinaceae, Rhizophoraceae wurden einzeln aufgeführt. Nach der Häufigkeit ihres Vorkommens wurden sechs der Unterholz-Spezies (*Acanthus ilicifolius*, *Acrostichum aureum*, *Derris trifoliata*, *Vitis trifolia*, *Sarcolobus globosus* und *Phoenix paludosa*) als dominant und weitgehend an unterschiedliche Salzkonzentrationen in verschiedenen Zonen des Sundarban Mangrovenwalds angepasst eingestuft. Die Ordinationsanalyse der Unterholz-Spezies zeigte, dass einige Spezies besonders salztolerant, eng vergesellschaftet und weit verbreitet sind, nämlich *Derris trifoliata*, *Acanthus ilicifolius*, *Nypa fruticans*, *Sarcolobus globosus*, *Dalbergia spinosa*, *Flueggia virosa*, *Pandanus foetidus* und *Phoenix paludosa*. Der Salzgehalt spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der Unterholz-Vegetation. Ebenso kann abgeleitet werden, dass eine große Artenvielfalt und gesunde Unterholz-Individuen im gesunden Mangrovenwald Gebiete mit geringem Salzgehalt kennzeichnen, eine geringe Artenvielfalt der Unterholz-Individuen sowie deren gehemmtes Wachstum hingegen den kranken Mangrovenwald in Zonen mit hohem Salzgehalt. In den von *Sonneratia apetala* dominierten Wäldern ist Unterholz-Vegetation sehr rar, während in Grasländern, an Waldrändern und im Offenland Unterholz-Spezies häufig wachsen.

Die Samenbank ist ein Reservoir von Pflanzenpopulationen. Sie trägt zusätzliche Spezies zur Vervollständigung der Florentlisten in jedem Gebiet der Welt bei. In dieser Studie wird ein Zusammenhang zwischen den keimfähigen Bodensamenbanken, der oberirdischen Flora und Bodeneigenschaften aufgezeigt. Insgesamt wurden in den Samenbanken zu verschiedenen Jahreszeiten 24 Spezies identifiziert, was etwa 16.3% der oberirdischen Vegetation entspricht.

Es sei darauf hingewiesen, dass zusätzliche elf Spezies aus den Samenbanken in der Gesamtartenliste der Sundarban Flora enthalten sind. Die meisten Samenbank-Spezies wurden in den Grasländern verzeichnet, die wenigsten in den Sumpfwäldern. Überraschenderweise wurden nur zwei „echte“ Mangrovenbaum-Spezies in den Samenbank-Experimenten identifiziert. Einige Gräser und Farne wurden reichlich in den Waldboden-Samenbanken gefunden, während diese Spezies in der oberirdischen Vegetation nicht so reichlich vertreten waren. Dies kann daran liegen, dass die Keimbedingungen am jeweiligen Ort nicht günstig für diese Spezies sind. Die reichlich vertretenen Spezies der Samenbank sind *Acrostichum aureum*, *Cyperus difformis* und *Ceratopteris thalictroides*.

Als abschließende Schlussfolgerung sei angefügt, dass der Sundarban Mangrovenwald hinsichtlich des Artenreichtums an Pflanzen ein „hot spot“ unter den Mangrovenwäldern der Welt ist. Weitere Untersuchungen sind notwendig auf verschiedenen Gebieten wie u. a.

a) Mikroflora und fauna b) Boden-Redox-Potential c) Vegetation und Sukzession in Daueruntersuchungsarealen.