

• *Soil degradation – Soil fertility – Land-use change – Sustainability*

Volker Häring, Gerhard Clemens, Daniela Sauer and Karl Stahr

Human-Induced Soil Fertility Decline in a Mountain Region in Northern Vietnam

*Anthropogen bedingte Bodenfruchtbarkeitsabnahme
in einer Bergregion im nördlichen Vietnam*

With 6 Figures and 2 Tables

Soil degradation is a serious threat for the food security of a large part of the population in northern Vietnam. The aim of this study was to measure the degree of soil fertility decline in a remote mountain area of northern Vietnam and discuss its causes. Reference sites under forest were compared with sites of arable land and fallows to evaluate the impact of deforestation and subsequent cultivation on soil properties in the effective rooting depth and the topsoil. On the basis of the research results, recommendations for soil conservation measures were given. Conversion of forest resulted in a considerable human-induced soil fertility decline: Soil organic matter stocks declined by 66 %, total N by 67 %, exchangeable Ca^{2+} by 91 %, Mg^{2+} by 94 %, K^+ by 73 %, and available P by 75 %. Soil compaction increased by 40 %; pH values decreased by 2.2 units and cation exchange capacity by 56 %. While soil compaction, decline of organic matter and total N did not limit plant growth, loss of basic cations reached a degree which likely led to plant growth restrictions. The actual land-use pattern demonstrated that soil fertility increased with distance from the villages, suggesting a less intensive land-use history in more remote sites.

Summary: Human-Induced Soil Fertility Decline in a Mountain Region in Northern Vietnam

For their livelihood, most of the people in mountainous Northern Vietnam depend on slash-and-burn agriculture, and reduced yields as a consequence of soil fertility decline are a dangerous threat. The aim

of this study was to examine the degree and the causes of soil fertility decline in a remote mountain area of northern Vietnam. In order to evaluate the impact of deforestation and subsequent cultivation upon soil properties, undisturbed sites under forest were compared with sites of arable land and fallow vegetation. Land use and soils were regionalised

with maps, land-use history was registered by way of interviews with farmers, a digital terrain model was established and GIS analyses were carried out. Bulk density, organic matter, total nitrogen, exchangeable cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) available P and cation exchange capacity were analysed. Total pore volume, air and available water capacity were estimated. Nutrients and organic matter were calculated as stocks [g or kg m^{-2}] for the effective rooting depth and the topsoil. Compared with the reference sites, the examined parameters show a considerable human-induced soil fertility decline: Soil depth is reduced due to erosion. 60 % of the fallow and cultivated sites are situated on steep slopes with > 30 % inclination. Soil organic matter stocks have declined by 66 %, total N by 67 %, exchangeable Ca^{2+} by 91 %, Mg^{2+} by 94 %, K^+ by 73 %, and available P by 75 %. Soil compaction has reached 40 %; pH values decrease by 2.2 units and cation exchange capacity by 56 %. While soil compaction, decline of organic matter and total N is expected not to limit plant growth, loss of basic cations reach a degree which probably leads to plant growth restrictions. The mapped land-use pattern demonstrates that soil fertility improves with increasing distance from the villages, suggesting a less intensive land-use history in remote sites.

Zusammenfassung: Anthropogen bedingte Bodenfruchtbarkeitsabnahme in Bergregion im nördlichen Vietnam

Die meisten Menschen im Bergland Nordvietnams leben von stationärem Brandrodungsfeldbau. Sinkende Erträge als Folge der Abnahme der Bodenfruchtbarkeit bedrohen daher die Existenzgrundlage. Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Ausmaßes sowie der Ursachen der Bodenfruchtbarkeitsabnahme in einer abgelegenen nordvietnamesischen Bergregion. Um die Auswirkungen der Entwaldung und der anschließenden Bodenbewirtschaftung auf die Bodeneigenschaften zu beurteilen, wurden bewaldete Referenzflächen mit Acker- und Brachestandorten verglichen. Die aktuelle Landnutzung und die Böden wurden kartiert. Die Landnutzungsgeschichte wurde durch Befragung der

Landwirte erfasst. Ein digitales Geländemodell wurde erstellt und GIS-Analysen wurden durchgeführt. Lagerungsdichte, organische Substanz, Gesamtstickstoff, austauschbare Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), verfügbares P und die potentielle Kationenaustauschkapazität (KAK) wurden analysiert. Gesamtporenvolumen, Luft- und nutzbare Feldkapazität wurden geschätzt. Die untersuchten Parameter zeigen im Vergleich mit den Referenzflächen eine deutliche Bodenfruchtbarkeitsabnahme: Die Bodenmächtigkeit wird durch Erosion reduziert. 60 % der Brach- und Ackerstandorte befinden sich in steilen Hanglagen mit mehr als 30 % Inklination. Die Vorratsmengen an organischer Substanz nehmen um bis zu 66 % ab, Gesamtstickstoff bis zu 67 %, austauschbares Ca^{2+} bis zu 91 %, Mg^{2+} bis zu 94 %, K bis zu 73 % und verfügbares P bis zu 75 %. Die Bodenverdichtung erreicht bis zu 40 %. Der pH-Wert sinkt um bis zu 2,2 Einheiten und die KAK nimmt um 56 % ab. Während die Bodenverdichtung sowie die Abnahme von organischer Substanz und Gesamtstickstoff das Pflanzenwachstum vermutlich nicht limitieren, führen die Nährstoffverluste zu eingeschränktem Pflanzenwachstum. Das kartierte Landnutzungsmuster zeigt, dass die Bodenfruchtbarkeit mit zunehmender Dorferntfernung steigt. Dies deutet darauf hin, dass dorfferne Standorte in der Vergangenheit eine geringere Landnutzungsintensität aufwiesen.

Résumé: Déclin de la fertilité des sols d'origine anthropique dans une région montagnaise du nord Vietnam

Dans les montagnes du Vietnam du nord, la majeure partie de la population dépend des cultures sur abattis-brûlis comme moyen de subsistance, et la baisse de productivité liée au déclin de la fertilité des sols représente une menace importante. L'objectif de ce travail était d'étudier l'ampleur et les causes du déclin de fertilité des sols dans une région montagnaise isolées du Vietnam du nord. Afin d'évaluer l'impact de la déforestation et des cultures suivantes la déforestation sur les propriétés du sol, des sites boisés et non endommagés ont été comparés à des terrains cultivés ou en jachères.

L'aménagement des sols actuel a été cartographié, l'histoire de cet aménagement a été retracé au moyen des discussions avec les paysans, un modèle digital d'élévation de terrain, et des analyses SIG ont été conduites. La densité du sol, la matière organique, la teneur en azote, les cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), le P disponible et la capacité d'échange cationique (CEC) ont été analysés. La porosité totale, l'air et la capacité d'eau disponible ont été estimés. Les nutriments et la matière organique ont été calculés en stocks [g ou kg m^{-2}] pour un espace d'enracinement et une terre végétale effective. Comparés avec les sites de référence, les paramètres examinés ont montré une diminution considérable de la fertilité des sols attribuable aux activités humaines: la profondeur du sol a été réduite à cause de l'érosion. 60% des terres en friche et des sites cultivés se trouvaient sur des pentes de plus de 30 % d'inclinaison. Les stocks de matières organiques ont diminué de 66 %, l'azote total de 67 %, Ca^{2+} échangeables de 91 %, Mg^{2+} de 94 %, K^+ de 73 % et P disponible de 75 %. Le densité du sol a atteint 40 %. Les valeurs pH ont baissé de 2,2 unités et la CEC a diminué de 56 %. Alors que le densité du sol, la diminution de la matière organique et de la teneur en azote n'a pas affecté la

croissance des plantes. L'examen de cartes d'aménagement des sols a démontré que la fertilité du sol tend à augmenter avec la distance au village, suggérant des systèmes de culture historiquement moins intensifs sur les sites situés loin des villages.

Dipl.-Geogr. Volker Häring, Dr. Gerhard Clemens, Institute of Soil Science and Land Evaluation, Hohenheim University, Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart, Germany, Volker.Haering@uni-hohenheim.de, Gerhard.Clemens@uni-hohenheim.de

Dr. Daniela Sauer, Prof. Dr. Karl Stahr, Institute of Soil Science and Petrography, Hohenheim University, Fruwirthstr. 20, 70599 Stuttgart, Germany, d-sauer@uni-hohenheim.de, Karl.Stahr@uni-hohenheim.de

Manuscript submitted: 14/07/2009

Accepted for publication: 10/10/2010