



Josef G. Knoll-Europäischer Wissenschaftspreis 2014

Josef G. Knoll-European-Science Award Winner 2014

Volker Häring “Effekte des Landnutzungswandels auf die Kohlenstoffdynamik in Nordwest Vietnam (Effects of Land Use Change on Soil Organic Carbon Dynamics in Northwest Vietnam)”, Universität Hohenheim, 2013

Zusammenfassung

Entwaldung und anschließender Ackerbau ist ein weit verbreiteter Landnutzungswechsel, der in der Regel zu einem geringeren Vorrat an organischem Boden-C, einer geringeren Bodenfruchtbarkeit und einer Erhöhung der CO₂-Emissionen aus Böden führt. Bisher (1) ist die Bestimmung der C-Dynamik auf erodierten Standorten aufgrund methodischer Herausforderung unzureichend, (2) ist der Kenntnisstand über die Effekte der Bodentextur und der Bodenbearbeitung auf die C-Dynamik begrenzt und (3) wurden die Effekte des Landnutzungswechsel von Wald zu Mais auf die C-Dynamik in Südostasien kaum untersucht.

Daher waren die Ziele der vorliegenden Studie

- (1) die Entwicklung einer $\delta^{13}\text{C}$ basierten Methode (CIDE; Carbon Input, Decomposition und Erosion) zur Charakterisierung der C-Dynamik von erodierten Standorten;
- (2) die Untersuchung der Auswirkungen der Bodentextur und Bodenbearbeitung auf die C-Dynamik;
- (3) die Bestimmung der Bodenerosion, des C-Verlusts durch Mineralisierung und Erosion sowie den netto Input von maisbürtigem C nach dem Landnutzungswechsel von Wald zu Mais.

Chronosequenzen, die bis zu 21 Jahren kontinuierlichen Maisanbau nach Entwaldung des Primärwaldes abdecken, wurden auf drei Bodentypen (Cutanic Alisol [Chromic], Cutanic Luvisol, Haplic Vertisol [Chromic]) im Yen Chau Distrikt, in NW Vietnam, ausgewählt. Die Böden wurden in 10 cm Tiefenabschnitten, bis 30 cm Bodentiefe beprobt.

Key message 1: Der CIDE Ansatz charakterisiert die C-Dynamik exakter als eine herkömmliche $\delta^{13}\text{C}$ basierte Berechnung

Die Charakterisierung des C-Verlusts und des C-Inputs nach einem Landnutzungswechsel basiert häufig auf dem Vergleich zwischen genutzten Standorten und einem ungestörten Referenzstandort in einer fixen Beprobungstiefe (z.B. 0-10 cm). Wenn die genutzten Standorte von Erosion betroffen sind, wird dieser Vergleich den Wechselwirkungen zwischen Bodenerosion, C-Verlust und C Input nicht gerecht und führt zu zwei Problemen: Erstens, die C-Menge, die vor der Beprobung durch Erosion verlagert wurde, wird nicht berücksichtigt. Zweitens, es ist ungewiss, ob der Unterschied der C-Vorräte zwischen den beiden Standorten durch C-Verlust und C-Input oder durch die Kappung des Bodenprofils durch Bodenerosion

verursacht wurde. Um diese Nachteile zu überwinden, berücksichtigt der CIDE Ansatz (1) die C-Menge die vor der Probenahme durch Erosion verlagert wurde und (2) den durch Erosion freigelegten Unterboden mit anderen C-Gehalten, $\delta^{13}\text{C}$ Werten und Lagerungsdichten wie im erodierten Oberboden. Das Grundprinzip des CIDE Ansatzes ist, dass die Tiefe der Referenzwerte für den C-Gehalt, $\delta^{13}\text{C}$ Wert und Lagerungsdichte angepasst wird, um der Beprobungstiefe eines zu vergleichenden Ackerstandortes zu entsprechen. Die Tiefenkorrektur berücksichtigt die standortspezifische erodierte Bodentiefe und Lagerungsdichteänderung. Notwendige Inputparameter sind C-Gehalte, $\delta^{13}\text{C}$ Werte und Lagerungsdichten von jedem Standort, gefittete Tiefenfunktionen, die die Verteilung dieser Parameter mit der Bodentiefe unter einem Referenzstandort wiedergeben, und eine Messung oder Schätzung entweder der kumulativen Bodenerosion oder der Mineralisierung an jedem Standort.

Eine Sensitivitätsanalyse zeigte, dass eine herkömmliche $\delta^{13}\text{C}$ basierte Berechnung schon ab niedrigen Erosionsraten (z.B. $3 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) den C-Verlust (Summe der Erosion und Mineralisierung) unterschätzte und den C-Input überschätzte. Die Abweichung war besonders groß bei hohen Bodenerosionsraten, geringen Änderungen der C-Gehalte mit der Tiefe, großen Änderungen der $\delta^{13}\text{C}$ Werte mit der Tiefe und geringen Änderungen der C-Gehalte oder $\delta^{13}\text{C}$ Werte über die Zeit. Verglichen mit den Ergebnissen des CIDE Ansatzes betrug in der vorliegenden Studie die Unterschätzung des C-Gesamtverlust 6 bis 32%, die Überschätzung der Mineralisierung 13 bis 40% und die Überschätzung des C-Inputs 14 bis 41% (berechnet für 15 Jahre nach dem Landnutzungswechsel).

Key message 2: Die Textur hatte einen starken Einfluss auf die Bodenerosion und die C-Dynamik

Hohe Tongehalte begünstigten den C-Input ($R^2=0.37$), die Mineralisierung ($R^2=0.56$), die Bildung von stabilen Aggregaten ($R^2=0.68$) und reduzierten die Anfälligkeit gegen Bodenerosion ($R^2=0.82$). Die Zunahme der Mineralisierung mit steigendem Tongehalt wurde auf die Mineralisierung labiler organischer Substanz, die an Tonpartikel der stabilen sandgroßen Aggregatfraktion gebunden ist, zurückgeführt. Die stabile Aggregatfraktion war weitgehend verantwortlich für die Variation der Gesamtmineralisierung zwischen den Standorten.

Key message 3: Die Bodenbearbeitung erhöhte die Erosion und die Mineralisierung

Der Vergleich der Mineralisierung in den Tiefenanschnitten ergab, dass die Bodenbearbeitung die Mineralisierung beschleunigte, mit einem Anteil von 3 bis 35% an der Gesamtmineralisierung. Die Bearbeitungserosion betrug $38 \pm 3 \text{ kg m}^{-1}$ pro Pflugereignis. Die Bodenerosion durch Wasser war in Mittel- und Unterhangpositionen, mit einem Anteil von 86 bis 89% der gesamten Bodenerosion, höher als die Bearbeitungserosion.

Key message 4: Der Landnutzungswechsel von Wald zu Mais führte zum netto C-Verlust und netto Bodenerosion

Nach dem Landnutzungswechsel von Wald zu Mais nahmen die C-Vorräte exponentiell ab. Der netto C-Verlust betrug 15 Jahre nach dem Landnutzungswechsel in einer Tiefe von 0-30 cm Tiefe 47,1 bis 63,5% ($4,3$ bis $4,8 \text{ kg m}^{-2}$) der initialen C-Vorräte. Die Summe des C-Verlusts durch Mineralisierung und Erosion betrug 15 Jahre nach Landnutzungswechsel $4,6$ bis $5,3 \text{ kg m}^{-2}$, von denen $18,1$ bis $54,9\%$ auf Erosion zurückgeführt werden können. Der maisbürtige C-Input war auf allen Bodentypen mit $0,02$ und $0,03 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ähnlich gering.

Der C-Input war um mehr als eine Potenz geringer als der C-Verlust während der beobachteten Zeit.

Die netto Bodenerosion wurde mit einer ^{137}Cs basierten Methode bestimmt. Die Erosionsraten der untersuchten Standorte betragen zwischen 12 und 89 t ha⁻¹a⁻¹. Ein großer Teil der Variation der Erosion des Gesamtbodens ($R^2=0,79$) und der organischen Substanz ($R^2=0,67$) zwischen den Standorten konnte einfach aber wirkungsvoll durch das Verhältnis der standortspezifischen kumulativen RUSLE LS Faktoren (Funktion aus Dauer seit Landnutzungswechsel und Reliefposition) und Tongehalte erklärt werden.

Wie kann der C-Verlust reduziert und der C-Input erhöht werden?

Die aktuellen Landnutzungspraktiken sind nicht nachhaltig. Um die C-Verluste zu reduzieren und den C-Input zu erhöhen, wird empfohlen Minimalbodenbearbeitungstechniken und Erosionsschutzmaßnahmen einzuführen, die Bodenbedeckung zu Beginn der Regenzeit zu erhöhen, Ernterückstände als Mulch zu verwenden, das Verbrennen der Ernterückstände zu vermeiden und diese stattdessen zu häckseln sowie Obstbäume in steilen Hanglagen zu pflanzen. Die Berechnung für einen 10 Jahre alten Standort ergab, dass die maximal mögliche Reduzierung des netto C-Verlusts innerhalb eines Jahres bis zu 70% für Alisol- und 95% für Vertisol-Standorte betragen könnte und für Luvisol-Standorte sogar eine C-Sequestrierung von bis zu 30% des netto C-Verlustes möglich wäre, wenn alle Vorschläge umgesetzt werden.

Volker Häring: Effects of Land Use Change on Soil Organic Carbon Dynamics in Northwest Vietnam, Dissertation, Stuttgart, 2013, ISSN 0942-0754.