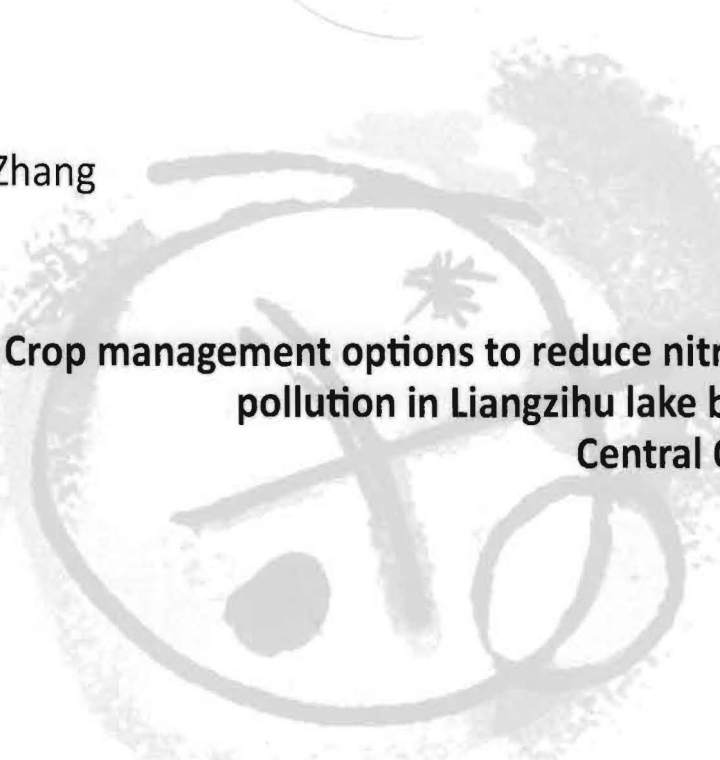


Jin Zhang



**Crop management options to reduce nitrogen  
pollution in Liangzihu lake basin,  
Central China**



Zentrum für Entwicklungsforschung  
Center for Development Research  
University of Bonn

**ZEF Bonn**

## ABSTRACT

In Central China, high mineral nitrogen (N) application rates lead to low N recovery and high N losses. Large amounts of the nitrate-N are leached from agricultural soil and end up in aquatic ecosystems, negatively affecting both ecosystem and human health. Such effects are particularly pronounced in the Liangzihu Lake basin, Central China, where the application of mineral N to the predominating maize-wheat rotation systems on coarse-textured soils can exceed 300 kg ha<sup>-1</sup>. We hypothesize that improved crop management can reduce the current nitrate-N pollution while enhancing system performance. The present study initially identified the main drivers of excessive N use by household surveys. Subsequent field experiments between 2012 and 2013 evaluated the effects of modified fertilizer N management and the use of **N-catching cover crops** on soil-N dynamics, N-use efficiency, yield of maize and wheat, and nitrate-N leaching. Finally, the field trial data were used to parameterize the EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) model to estimate N leaching losses under current and alternative crop and N management.

Current N application rates average 229 kg N ha<sup>-1</sup> season<sup>-1</sup>, which is higher than the cereal crop requirements of 150-180 kg N ha<sup>-1</sup>. The main reasons for the excessive use of mineral N are related to low farmland productivity ( $r = -0.184$ ,  $p = 0.003$ ), small farm size ( $r = -0.168$ ,  $p = 0.006$ ), a high share of off-farm income (coefficient = 25.94,  $p = 0.003$ ), and a low education level of the household head (coefficient = -11.20,  $p = 0.034$ ).

The field experiment could show that cultivating a cover crop combined with a reduced application rate (290 kg N ha<sup>-1</sup> in 3 splits) and multiple splitting of mineral N fertilizer can achieve similar yields (6.4-6.9 Mg ha<sup>-1</sup>) to those obtained with current management (470 kg N ha<sup>-1</sup> in 2 splits). In addition, this alternative crop and fertilizer management increased the agronomic N-use efficiency by 7 kg grain kg<sup>-1</sup> N applied to both wheat and maize, and enhanced the N fertilizer recovery by 15% in wheat and 20% in maize. In addition, nitrate-N leaching was reduced by 15 kg N ha<sup>-1</sup> in both the first-year maize and wheat crops.

Once calibrated with the data from the field experiment, the EPIC model was able to predict crop biomass and the soil water content under moderate (long-term mean) climate conditions with a determination coefficient higher than 0.5 and a model bias of less than 3%. However, the model underestimated the soil water content in dry years with a bias of >36%. Moreover, it tended to slightly overestimate nitrate-N leaching with 13-181 kg N ha<sup>-1</sup> for the entire experimental period and in both 1 m and 1.8 m soil depths.

It is concluded that (1) the current N application rate in the study area are excessive because of insufficient awareness and the easy and low-cost availability of mineral-N fertilizers, (2) the currently high N losses from crop fields can be substantially

reduced by reducing application rates and by replacing bare fallow periods with legume cover crops without negative trade-offs on crop yields, and (3) the calibrated EPIC model can be used to predict the aboveground crop biomass and the soil water content, but it tends to overestimate nitrate-N leaching. Consequently, there is a need to inform farmers about the negative effects of excessive N use, popularize alternative agronomic management options, and adapt the existing EPIC model to improve the prediction of nitrate pollution in Central China.

## KURZFASSUNG

### Feldfrucht-Managementoptionen zur Reduzierung der Stickstoffbelastung im Liangzihu Becken, Zentralchina

In Zentralchina führen die großen Mengen an ausgebrachtem mineralischem Stickstoff (N) zu niedriger N-Rückgewinnung und hohem N-Verlust. Ein Großteil des aus den landwirtschaftlichen Flächen ausgewaschenen Nitrat-Stickstoffes endet in aquatischen Systemen und wirkt sich sowohl auf Ökosysteme als auch auf die menschliche Gesundheit negativ aus. Solche Effekte können besonders im Liangzihu Becken in Zentralchina beobachtet werden, wo die Verwendung von mineralischem Dünger im dort vorherrschenden Mais-Weizen-Rotationssystem auf grobkörnigen Böden über **300 kg ha<sup>-1</sup>** betragen kann. Wir haben die Hypothese, dass ein verbessertes **Getreidemanagement** die derzeitige Nitrat-Stickstoffbelastung verringern und **gleichzeitig** die Systemleistung verbessern kann. Diese Studie hat zunächst die **hauptsächlichen** Faktoren der exzessiven N-Verwendung durch Haushaltsbefragungen identifiziert. In nachfolgenden Feldexperimenten zwischen 2012 und 2013 wurden die Effekte der veränderten N-Düngeranwendung und die Verwendung von stickstoffbindenden Bodendeckern auf die Boden-N-Dynamik, auf die N-Nutzungseffizienz, auf den Ertrag von Mais und Weizen und auf die Nitrat-N-Auswaschung untersucht. Abschließend wurden diese Feldexperimentdaten genutzt, um das EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) - Modell zu parametrisieren und damit den N-Verlust durch Auswaschung unter den derzeitigen sowie alternativen Anbau- und N-Management abschätzen zu können.

Gegenwärtige N-Ausbringungsmengen haben einen Durchschnittswert von 229 kg N ha<sup>-1</sup> Saison<sup>-1</sup>, das über dem Bedarf von 150-180 kg N ha für Getreide liegt. Der Hauptgrund für die exzessive Nutzung von mineralischem Dünger hängt mit der niedrigen Produktivität des Ackerlandes ( $r = -0.184$ ,  $p = 0.003$ ), den kleinen landwirtschaftlichen Betrieben ( $r = -0.168$ ,  $p = 0.006$ ), dem hohen Anteil an außerbetrieblichen Einkommen (Koeffizient = 25.94,  $p = 0.003$ ) und einem niedrigen Bildungsstand des Haushaltsvorstandes (Koeffizient = -11.20,  $p = 0.034$ ) zusammen.

Das Feldexperiment konnte aufzeigen, dass der Anbau von Bodenbedeckungsfrucht kombiniert mit verringerter N-Verwendung (290 kg N ha<sup>-1</sup> in 3 Anwendungen) und mehrfache Aufteilung von mineralischem N-Dünger ähnliche Erträge erzielen kann (6.4-6.9 Mg ha<sup>-1</sup>) wie im derzeitigen Management (470 kg N ha<sup>-1</sup> in 2 Anwendungen). Zusätzlich erhöhte dieses alternative Feld- und Düngemittelmanagement die agrarökonomische N-Nutzungseffizienz von 7 kg Getreide pro kg verwendetem N bei Weizen sowie Mais, und verbesserte die N-Düngerrückgewinnung um 15% bei Weizen und 20% bei Mais. Zudem wurde die Nitrat-N-Auswaschung um 15 kg N ha<sup>-1</sup> bei beiden, Erstjahresmais und Weizen, verringert.

Sobald das EPIC-Modell mit den Daten der Feldexperimente kalibriert war, konnte man die Feldbiomasse und den Bodenwassergehalt unter moderaten (langfristiges Mittel) Klimabedingungen mit einem Bestimmtheitsgrad größer als 0.5 und einem Modellfehler von weniger als 3% vorhersagen. Jedoch unterschätzte das Modell den Bodenwassergehalt in der Trockenzeit mit einem Fehler > 36%. Außerdem tendierte es zur leichten Überschätzung der Nitrat-N- Auswaschung über den gesamten Experimentzeitraum in beiden Bodentiefen, 1m und 1.8 m, mit 13-181 kg N ha<sup>-1</sup>.

Schlussfolgerungen sind, dass (1) die derzeitige N-Anwendungsrate in der Studienregion aufgrund eines unzureichenden Bewusstseins und der kostengünstigen und einfachen Verfügbarkeit von mineralischem Dünger so exzessiv ist, (2) die gegenwärtigen hohen N-Verluste auf Ackerflächen wesentlich durch verringerte Ausbringungsmengen sowie die Bepflanzung von unbedeckten Brachflächen mit Hülsenfrüchten als Bodenbedeckung ohne negative Kompromisse von Erträgen reduziert werden können, und (3) das kalibrierte EPIC-Modell genutzt werden kann, um die oberflächliche Biomasse und den Bodenwassergehalt vorauszusagen, auch wenn das Modell zur Überschätzung der Nitrat-N-Auswaschung tendiert. Daraus resultiert die Notwendigkeit, Bauern über die negativen Auswirkungen von exzessiver N-Verwendung zu informieren, alternative agroökonomische Managementoptionen bekannt zu machen und das existierende EPIC-Modell anzupassen, um die Voraussagen über die N-Belastung in Zentralchina zu verbessern.