Transforming **U**nsustainable management of soils in key agricultural systems in EU and China

Developing an **i**ntegrated platform of alternatives to reverse soil degradation

Organische Bodenverbesserungsmittel zur Wiederherstellung degradierter Böden

This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation action under grant agreement No 101000224.

Kurzbeschreibung

Die Verschlechterung der Bodenqualität, die durch Faktoren wie Erosion, Verdichtung, Nährstoffverarmung und den Verlust organischer Substanz verursacht wird, beeinträchtigt die landwirtschaftliche Produktivität und die Gesundheit der Ökosysteme erheblich. Um dem entgegenzuwirken, werden zunehmend organische Zusatzstoffe wie Kompost, Dung und Biokohle eingesetzt. Diese Zusätze verbessern die Bodenstruktur, erhöhen den Nährstoffgehalt und fördern die mikrobielle Aktivität, was zu einer besseren Gesundheit und Widerstandsfähigkeit des Bodens führt. Die Integration von organischen Zusatzstoffen in die Bodenbewirtschaftung ist eine nachhaltige Strategie zur Wiederherstellung geschädigter Böden und zur Förderung der langfristigen landwirtschaftlichen Produktivität.

Anwendungsgebiet

Organische Zusatzstoffe können in verschiedenen Klimaregionen, Bodenarten und Anbausystemen eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft sind sie in Regionen, in denen die organische Substanz des Bodens verarmt, der Boden verdichtet ist und Nährstoffmangel herrscht. In Trockengebieten beispielsweise werden organische Düngemittel in erster Linie eingesetzt, um die Wasserrückhaltung zu verbessern und den Gehalt an organischer Substanz zu erhöhen, während in feuchten Regionen der Schwerpunkt auf der Verbesserung der

Bodenaggregation und -struktur liegt. Diese Praxis eignet sich gut für verschiedene Anbausysteme, darunter Gemüseanbau, Obstbau, Getreide und Leguminosen, bei denen die Erhaltung der Bodengesundheit für die langfristige Produktivität von entscheidender Bedeutung ist.

Problembeschreibung

Die Verschlechterung der Bodenqualität führt häufig zu einem niedrigen organischen Kohlenstoffgehalt (soil organic carbon, SOC), der die Fruchtbarkeit und Struktur des Bodens beeinträchtigt. Organische Ergänzungen tragen zur Wiederherstellung des SOC bei, indem sie organisches Material hinzufügen und die mikrobielle Aktivität fördern. Die App TUdi Decision Support Tool (**dev-tudi.web.app**) kann Landwirte bei der Bewertung des SOC-Gehalts für eine effektive Bodensanierung unterstützen.

Abbildung 1: Versuchsfelder mit verschiedenen organischen Ergänzungsmitteln zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf die Bodenstruktur und die FruchtbarkeitVersuchsfelder mit verschiedenen organischen Ergänzungsmitteln zur Bewertung ihrer Auswirkungen auf die Bodenstruktur und die Fruchtbarkeit.

Detaillierte Beschreibung der Sanierungsstrategie

Organische Zusatzstoffe sind eine wirksame Strategie zur Wiederherstellung geschädigter Böden durch Verbesserung ihrer biologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften. Die Einarbeitung von Materialien wie Kompost, Tierdung, Biokohle und Gründüngung kann die organische Substanz, die Struktur, die mikrobielle Aktivität und die Nährstoffverfügbarkeit des Bodens erheblich verbessern. Diese Zusatzstoffe wirken der Bodenverschlechterung entgegen und unterstützen gleichzeitig nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken und verringern die Abhängigkeit von synthetischen Inputs. Durch die Integration organischer Zusatzstoffe in die Bodenbewirtschaftung können Landwirte die Gesundheit, Widerstandsfähigkeit und Produktivität des Bodens langfristig fördern.

- **Kompost** ist ein gängiges organisches Ergänzungsmittel, das die organische Substanz des Bodens anreichert, die Struktur verbessert und die Wasserrückhaltung fördert. Er wird aus zersetzten organischen Abfällen hergestellt, liefert wichtige Nährstoffe (N, P, K) und fördert die Aktivität nützlicher Mikroorganismen, die für den Nährstoffkreislauf wichtig sind. Typische Ausbringungsmengen liegen zwischen 10 und 50 Tonnen pro Hektar, je nach Boden- und Pflanzenbedarf.

- **Tierische Gülle** liefert wichtige Nährstoffe und verbessert den organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens. Gängige Arten sind Rinder-, Geflügel- und Schweinegülle, die jeweils ein eigenes Nährstoffprofil aufweisen. Eine ordnungsgemäße Kompostierung vor der Ausbringung verringert das Risiko von Krankheitserregern und verbessert die Verfügbarkeit von Nährstoffen. Typische Mengen liegen zwischen 20 und 40 Tonnen pro Hektar, die je nach Bodenuntersuchung angepasst werden.

Abbildung 2: Vorbereitung von organischen Ergänzungsmitteln für die Ausbringung auf dem Feld: Kompost (oben) und Biokohle (unten).

- **Biokohle**, die aus pyrolysiertem organischem Material hergestellt wird, verbessert die Bodenstruktur, das Wasserrückhaltevermögen und die Kationenaustauschkapazität. Besonders in Trockengebieten fördert Biokohle auch die mikrobielle Aktivität, wenn sie mit Kompost oder Dung kombiniert wird. Die empfohlenen Ausbringungsmengen reichen von 5 bis 20 Tonnen pro Hektar, je nach Bodenbeschaffenheit.

- **Gründüngung und Deckfrüchte** wie Leguminosen (Klee, Luzerne) und Nichtleguminosen (Roggen, Hafer) werden angebaut, um die organische Substanz im Boden zu verbessern und die Erosion zu verringern. Sie werden während der Blütezeit eingearbeitet, um einen optimalen Nährstoffgehalt zu erreichen, und dienen als lebende Mulchschicht, die den Boden schützt und mit organischem Material anreichert.

Die Ausbringungstechniken variieren je nach Art des Düngers und der Bodenbedingungen. Kompost und Dung werden üblicherweise ausgebracht und durch Bodenbearbeitung in den Oberboden eingearbeitet. Biokohle kann in die Pflanzreihen gemischt oder gleichmäßig über das Feld verteilt werden. Gründüngungspflanzen werden an Ort und Stelle angebaut und durch Pflügen oder mittels Scheibenegge eingearbeitet. Um den Nutzen zu optimieren, müssen Ausbringungsmenge und -zeitpunkt unbedingt auf das jeweilige Problem der Bodenverschlechterung, die Kulturart und die klimatischen Bedingungen abgestimmt werden.

Überwachung und Pflege sind unerlässlich, um die langfristigen Auswirkungen von organischen Ergänzungen zu beurteilen. Bodenuntersuchungen vor und nach der Anwendung helfen dabei, Veränderungen im Gehalt an organischen Stoffen, im Nährstoffgehalt und in der mikrobiellen Aktivität festzustellen. Eine regelmäßige Überwachung ermöglicht die Anpassung der Ausbringungsmengen und hilft, Nährstoffungleichgewichte zu vermeiden. Die Integration organischer Düngemittel in einen ganzheitlichen Bodenbewirtschaftungsplan gewährleistet eine nachhaltige Verbesserung der Bodengesundheit und Produktivität.

Durch den strategischen Einsatz von organischen Zusatzstoffen können geschädigte Böden in produktive und widerstandsfähige Systeme verwandelt werden. Die Kombination von Kompost, Dung, Biokohle und Deckfrüchten stellt nicht nur die Bodenfruchtbarkeit wieder her, sondern trägt auch zu nachhaltigen landwirtschaftlichen Praktiken bei, indem sie die Abhängigkeit von chemischen Mitteln verringert und die biologische Vielfalt im Boden fördert.

Pro/Contro della tecnica, ostacoli all'implementazione

Die wichtigsten Vorteile des Einsatzes organischer Düngemittel sind: i) Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und der Nährstoffverfügbarkeit, wodurch die Abhängigkeit von synthetischen Düngemitteln verringert wird; ii) Verbesserung der Bodenstruktur, Verringerung der Verdichtung und Erhöhung der Wasserspeicherkapazität; iii) Stimulierung der mikrobiellen Aktivität und der Artenvielfalt im Boden, wodurch ein gesünderes Bodenökosystem gefördert wird; iv) langfristiger Nutzen für die Bodengesundheit und die Produktivität der Kulturen durch eine nachhaltige Zufuhr organischer Stoffe.

Es gibt jedoch auch einige Nachteile, wie z. B.: i) hohe Anfangskosten und hoher Arbeitsaufwand für die Ausbringung und Einarbeitung; ii) Variabilität des Nährstoffgehalts und der Qualität in Abhängigkeit von der Ergänzungsquelle; iii) potenzielles Risiko der Nährstoffauswaschung oder des Ungleichgewichts bei unsachgemäßer Handhabung; iv) begrenzte Verfügbarkeit und Transportprobleme in einigen Regionen.

Abbildung 3: Kompostausbringung von Hand auf einen degradierten Boden zur Verbesserung des Gehalts an organischer Substanz und der Bodenstruktur.

Auswirkungen/Ergebnisse/Fallstudien

Der langfristige Einsatz organischer Düngemittel hat sich bei der Wiederherstellung geschädigter Böden als sehr vorteilhaft erwiesen und sowohl die Bodengesundheit als auch die Produktivität der Kulturen verbessert. Bei regelmäßiger Anwendung und ordnungsgemäßer Bewirtschaftung tragen diese Zusatzstoffe erheblich zur Bodenstruktur, Fruchtbarkeit und mikrobiellen Aktivität bei.

Eine 21 Jahre dauernde Studie zeigte, dass die kontinuierliche Anwendung von organischen Zusatzstoffen die Kornerträge bei Reis um 33,4-52,5 % und bei Weizen um 20-42,8 % steigerte, verglichen mit Kontrollgruppen ohne organische Zusatzstoffe (**https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109311**). Diese Ertragssteigerung wird auf einen höheren Gehalt an organischer Substanz im Boden und eine bessere Nährstoffverfügbarkeit zurückgeführt, die für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in degradierten Böden entscheidend sind.

Darüber hinaus wurde in einer sechsjährigen Studie über die kontinuierliche Anwendung von Kompost berichtet, dass die Stabilität der Bodenaggregate erhalten blieb und die Kohlenstoffspeicherung zunahm (**https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116117**). Diese Verbesserungen wurden mit der Zunahme der mikrobiellen Biomasse und des gelösten organischen Kohlenstoffs im Boden in Verbindung gebracht, die wichtige Indikatoren für die Wiederherstellung der Bodengesundheit sind.

Diese Ergebnisse unterstreichen den langfristigen Nutzen organischer Ergänzungen in geschädigten Böden und betonen ihre Rolle bei der Verbesserung der Bodenstruktur, der Erhöhung des organischen Kohlenstoffs und der Steigerung der Pflanzenproduktivität, was für eine nachhaltige Landwirtschaft von grundlegender Bedeutung ist.

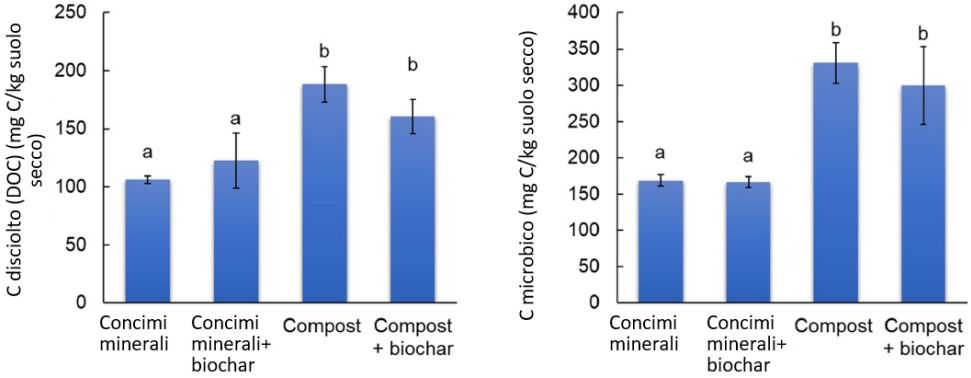


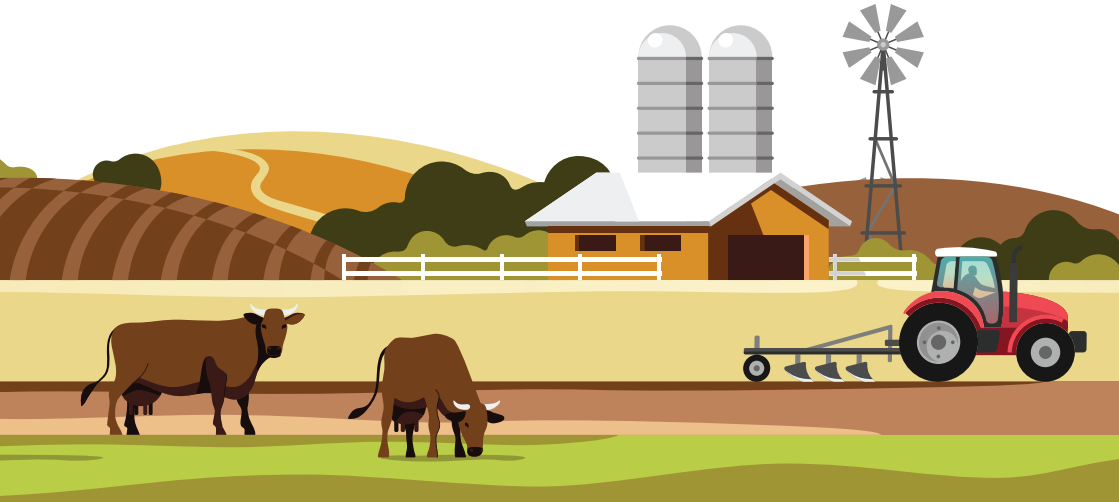
Abbildung 4: Gelöster organischer Kohlenstoff im Boden (a) und mikrobieller Biomassekohlenstoff im Boden (b) nach 6 Jahren unter verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden (Kompost und Mineraldünger sowie mit oder ohne Biokohle).

Zusammenfassung

Organische Zusatzstoffe sind eine wichtige Strategie zur Wiederherstellung geschädigter Böden. Durch die Einarbeitung von Materialien wie Kompost, Dung und Biokohle können Landwirte eine nachhaltige Landwirtschaft und die Gesundheit der Umwelt fördern. Diese Zusatzstoffe bieten eine kosteneffiziente und umweltfreundliche Alternative zu chemischen Düngemitteln und tragen zur langfristigen Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit der Landwirtschaft bei.

Weiterführende Literatur

Leitfaden für Praktiken zur Verbesserung des organischen Kohlenstoffgehalts im Boden: **https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-carbon-amendment-ac-336-conservation-practice-standard**



Tabellarische Zusammenfassung

	Bewertung	Kommentare
Gesundheit des Bodens insgesamt	***	Verbessert den Gehalt an organischen Stoffen und die mikrobielle Vielfalt.
Wasserhaushalt	**	Verbessert den Wasserrückhalt und die Infiltration
Struktur des Bodens	***	Verringert die Verdichtung und erhöht die Porosität.
Erosivität	**	Verringert die Erosionsanfälligkeit durch verbesserte Aggregation.
Nährstoffhaushalt	**	Erhöhte Nährstoffverfügbarkeit
Leben im Boden	***	Stimuliert die nützliche mikrobielle Aktivität.
Praktikabilität	**	Erfordert eine angemessene Bewirtschaftung und hängt von der örtlichen Verfügbarkeit organischer Ergänzungen ab.
Wirtschaftlichkeit	**	Die anfänglichen Kosten können hoch sein, aber die langfristigen Vorteile gleichen die Ausgaben aus.

Consortium

Agrisat; Beijing Forestry University; Beijing Normal University; Centre for Agricultural Research; China Agricultural University; Czech Technical University in Prague; Lincoln University; New Bulgarian University; Northwest A&F University; Northwest UNIVERSITY; Pensoft Publishers; Spanish National Research Council; University of Lancaster; BOKU University, Vienna; University of Turin; Federal Agency for Water Management, Austria

Project coordinator

José A. Gómez
Institute of Sustainable Agriculture of the Spanish Council for Scientific Research
joseagomez@ias.csic.es

Duration

July 2021 – June 2025

Follow TUdi

@Project_TUdi

TUdi Project

TUdi Horizon 2020

tudi-project.org