

„Durch die Kohlenstoffspeicherung
in Biomasse und Boden stellen
Agroforstsysteme einen
Hebel im Klimaschutz dar.“

Quellen

1 A. Böhm et al.: *SIGNAL – Sustainable Intensification of Agriculture through Agroforestry*, Abschlussbericht des Verbundprojekts, Universität Hohenheim, 2022.

<https://agroforst-info.de/signal/>

2 Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg: *MODEMA – Modell- und Demonstrationsnetzwerk für Agroforstwirtschaft in Deutschland*, Forschungsprojekt, 2024–2027.

<https://www.b-tu.de/fg-boden-pflanze/forschung/forschungsfelder/modema>

3 Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: *GAP-Direktzahlungen-Verordnung (GAPDZV), § 4 Landwirtschaftliche Fläche*, 2024.

https://www.gesetze-im-internet.de/gapdzv/_4.html

4 Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e. V.: *MODEMA – Modell- und Demonstrationsnetzwerk Agroforstwirtschaft in Deutschland*, Projektbeschreibung, o. J.

<https://agroforst-info.de/modema/>

5 Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e. V.: *MODEMA – Modell- und Demonstrationsvorhaben Agroforst*, Projektbeschreibung, 2025.

<https://agroforst-info.de/modema/>

6 DVL – Deutscher Verband für Landschaftspflege: *Modell- und Demonstrationsvorhaben Agroforst (MODEMA)*, Projektdetails Wissenstransfer, o. J.

<https://www.dvl.org/projekte/projektdetails/modell-und-demonstrationsvorhaben-agroforst>

7 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): *Projektverzeichnis – MODEMA (FKZ 2222NR061I)*, 2024–2027.

<https://www.fnr.de/index.php?fkz=2222NR061I&id=11150>

8 S. Tsonkova et al.: *ELAN – Evaluierung von Chancen und Hürden für die Etablierung und Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Agroforstsysteme in Niedersachsen*, Abschlussbericht, 2024.

<https://agroforst-info.de/elan/>

9 N. Vetterlein, U. Kuzyakov: *Rhizosphere processes and plant-soil interactions*, *Plant and Soil*, 321 (1–2): 1–5, 2009.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-9952-0>

Dr.-Ing. Stefan Hügel

Nährstoffreiche Lebensmittel

Wie das Bodenmikrobiom den Mikronährstoffgehalt
unserer Nahrung beeinflusst und warum gesunde Böden
die Grundlage echter Lebensmittelqualität sind

Unsere Lebensmittel liefern weit mehr als Energie aus Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten – ihre eigentliche Qualität liegt im Gehalt an Vitaminen, sekundären Pflanzenstoffen, Mineralstoffen und Spurenelementen. Gerade diese Mikronährstoffe können Pflanzen jedoch nicht selbst erzeugen. Sie sind darauf angewiesen, dass sie im Boden vorhanden und zugleich pflanzenverfügbar sind.

Ob das gelingt, entscheidet sich im direkten Zusammenspiel zwischen Pflanze und Bodenmikrobiom. Milliarden von Mikroorganismen im Wurzelraum lösen Mineralstoffe aus dem Boden, wandeln sie um und transportieren sie in pflanzenverfügbare Formen. Im Gegenzug versorgt die Pflanze ihr Bodenumfeld über Wurzelabscheidungen gezielt mit Energie und steuert so die biologische Aktivität. Erst dieses Zusammenspiel macht aus Bodenvorräten tatsächlich pflanzliche Nährstoffe.

Ist das Bodenleben gestört oder einseitig, bleiben viele Elemente gebunden oder werden nur unzureichend aufgenommen. Die Folge sind nicht nur geringere Erträge und weniger widerstandsfähige Pflanzen; auch die Nährstoffdichte unserer Lebensmittel sinkt.

Die Qualität unserer Nahrung beginnt daher im Boden: in einem lebendigen, funktionierenden Mikrobiom, das darüber

entscheidet, wie viele und welche Mikronährstoffe am Ende wirklich auf unserem Teller landen.

Wie ernst ist die Lage?

Die Frage nach der abnehmenden Nährstoffdichte unserer Lebensmittel betrifft uns alle – und dennoch ist die Datenlage überraschend lückenhaft. Viele Untersuchungen vergleichen zwar historische und heutige Werte, doch oft fehlen saubere statistische Auswertungen, was ihre Aussagekraft einschränkt. Es gibt jedoch einige belastbare Hinweise: So zeigte eine vielzitierte Studie aus England beim Vergleich von 20 Gemüsesorten zwischen 1930 und 1980 deutliche Rückgänge bei zentralen Mineralstoffen – unter anderem bei Calcium, Magnesium, Kalium und Spurenelementen wie Eisen und Kupfer.

Diese Entwicklung lässt sich nicht isoliert betrachten, sondern steht im Kontext veränderter Bodenökosysteme. Weltweit gel-

ten rund 38 % der landwirtschaftlichen Flächen als geschädigt und auf über 60 % der Ackerflächen sind Nährstoffverhältnisse aus dem Gleichgewicht geraten – sei es durch Mangel oder Überschuss. In beiden Fällen leidet vor allem die biologische Aktivität im Boden.

Die beobachteten Rückgänge sind daher weniger ein reines „Verdünnungsproblem“, sondern Ausdruck gestörter Wechselwirkungen zwischen Boden, Mikroorganismen und Pflanze. Wie es dazu kommen konnte und welche Faktoren dabei eine zentrale Rolle spielen, wird im Folgenden näher beleuchtet.

Fokus auf Kunstdünger

Im Zuge der Grünen Revolution wurde die landwirtschaftliche Produktion stark auf mineralische Düngemittel ausgerichtet. Bis heute stellen vor allem Stickstoff, Phosphor und Kalium – die klassischen NPK-Dünger –

Epp's Hofladen
Die feine Manufaktur im Allgäu

**Jetzt neu bei uns
Bio Schädlings-Spray**

Die kraftvolle Kombination aus Neemöl und EM für Garten und Zimmerpflanzen. Stark gegen Schädlinge. Sanft zur Natur.

Bio Schädlings-Spray
Vergrämt Blattläuse, Milben, Weiße Fliege, Spinnmilben, Kartoffelkäfer...

Sprühfertige Lösung
15,90 €

Auch neu im Sortiment

Bio Ameisen-Schreck
Ameisen vergrämen auf natürliche Art.
Sanfte Abwehr, starke Wirkung!
ab 9,90 €

Demeter Produkte direkt ab Hof
Milch, Joghurt, Käse, Wurst und Fleisch

EM Süd
Haldenwanger Str. 11 • 87490 Haldenwang
Tel.: 083 04/92 96 96 • Fax.: 083 04/92 96 98
www.em-sued.de



Dr.-Ing. Stefan Hügel 

Der Bioverfahrenstechniker, Autor, Referent und Co-Gründer des Vereins Almaterra forscht innerhalb des Vereins an Ansätzen, die Gesundheit von Mensch und Natur, insbesondere durch den Einsatz von Mineralien und Spurenelementen zu verbessern.

den zentralen Nährstoffeintrag in vielen Anbausystemen dar. Diese Dünger sind hoch wasserlöslich und wirken schnell, doch genau darin liegt auch ihre Schwäche: Ein erheblicher Teil, insbesondere beim Stickstoff, wird nicht von der Pflanze genutzt, sondern entweicht durch Auswaschung oder gasförmige Verluste.

Für das Pflanzenwachstum sind diese drei Elemente zweifellos entscheidend. Doch sie sind nur ein kleiner Ausschnitt dessen, was Pflanzen tatsächlich benötigen. Neben NPK sind mindestens elf weitere Elemente lebensnotwendig – darunter Calcium, Magnesium, Schwefel sowie

Grüne Revolution bezeichnet die starke Modernisierung der Landwirtschaft seit den 1950er-Jahren durch Hohertragssorten, mineralische Dünger, Pestizide und Bewässerung zur Steigerung der Ernteerträge.

verschiedene Spurenelemente wie Eisen, Zink oder Kupfer. Sie alle werden im Laufe des Wachstums in die Pflanze eingebaut und mit jeder Ernte vom Feld entfernt.

Hier zeigt sich ein grundlegendes Ungleichgewicht: Wird über Jahre hinweg vor allem NPK nachgeliefert, während andere Elemente kaum Beachtung finden, verarmt das System schleichend. Besonders betroffen ist dabei das Bodenmikrobiom. Denn Mikroorganismen sind auf ein ausgewogenes Mineralstoffspektrum angewiesen, um Nährstoffe zu mobilisieren, umzubauen und pflanzenverfügbar zu machen. Einseitige Düngung kann diese biologischen Prozesse stören – mit der Folge, dass selbst vorhandene Nährstoffe schlechter verfügbar werden.

Insbesondere Stickstoff und Phosphor stimulieren den Primärstoffwechsel, also das Wachstum, sodass der Sekundärstoffwechsel entsprechend reduziert wird. Das Ergebnis sind Pflanzen mit geringeren Gehalten an sekundären Pflanzenstoffen, wie Polyphenole und Flavonoide, die sie gegen Krankheiten schützen und auch für uns als überaus wertvolle Inhaltsstoffe gelten.

So entsteht langfristig ein System, das zwar kurzfristig hohe Erträge liefern kann, aber zunehmend an innerer Stabilität und Nährstoffqualität verliert – und damit letztlich auch die Grundlage für nährstoffreiche Lebensmittel schwächt.

Der Humus im Boden nimmt weltweit ab

Die besondere Bedeutung von Humus liegt in seiner Fähigkeit, Nährstoffe zu binden und gleichzeitig verfügbar zu halten. Auf molekularer Ebene verfügt Humus über zahlreiche geladene Oberflächen, an denen sich Ionen wie Kalium, Magnesium oder Spurenelemente anlagern können. In einem funktionierenden Zusammen-

spiel mit Mikroorganismen werden diese Nährstoffe bedarfsgerecht gelöst und an die Pflanze weitergegeben – statt unkontrolliert ausgewaschen zu werden.

Geht Humus verloren, bricht genau dieses System teilweise zusammen. Nährstoffe können schlechter gespeichert werden, ihre Verfügbarkeit wird ungleichmäßiger, und das Bodenmikrobiom verliert einen zentralen Lebens- und Wirkraum. Besonders in Kombination mit leicht löslichen Düngern verstärken sich diese Effekte: Nährstoffe werden schneller verlagert, anstatt in biologische Kreisläufe eingebunden zu werden.

Dabei ist die Dimension enorm: Weltweit speichern Böden mehr Kohlenstoff als Vegetation und Atmosphäre zusammen. Doch seit Beginn intensiver landwirtschaftlicher Nutzung sind schätzungsweise bereits 10 % dieses gigantischen Vorrats verloren gegangen. Mit dem Humus schwindet damit nicht nur ein Kohlenstoffspeicher, sondern auch die zentrale Grundlage für stabile Nährstoffkreisläufe – und letztlich für die Qualität unserer Lebensmittel.

Über essentielle Spurenelemente hinaus

Welche Spurenelemente als „essenziell“ für Pflanzen gelten, wurde überwiegend in den 1930er Jahren in hydroponischen Systemen ► definiert – also unter Bedingungen, die mit natürlichen Böden nur bedingt vergleichbar sind. Grundlage ist bis heute eine enge Definition: Ein Ele-

Hydroponische Systeme sind Anbaumethoden ohne Erde, bei denen Pflanzen in einer Nährlösung mit gelösten Mineralstoffen wachsen. Sie ermöglichen eine genaue Kontrolle der Nährstoffversorgung.

ment gilt nur dann als essentiell, wenn die Pflanze ohne dieses ihren vollständigen Lebenszyklus nicht abschließen kann.

Diese Sicht greift jedoch zu kurz, insbesondere wenn man das Zusammenspiel von Pflanze und Bodenmikrobiom betrachtet. In realen Böden existieren keine vollständig isolierten Bedingungen: Mikroorganismen mobilisieren selbst kleinste Spurenelemente aus Mineralen, organischen Bindungen oder Verunreinigungen und stellen sie der Pflanze in fein abgestimmten Mengen zur Verfügung. Gleichzeitig ist es experimentell kaum möglich, ein Element vollständig auszuschließen, da absolute Reinheit in Nährlösungen praktisch nicht erreichbar ist. Die klassische Definition von „Essentialität“ stößt hier an methodische Grenzen.

Es liegt daher nahe, dass es eine Vielzahl weiterer Elemente gibt, die zwar nicht als strikt essentiell gelten, aber dennoch wichtige Funktionen im pflanzlichen Stoffwechsel und in der Interaktion mit Mikroorganismen erfüllen – oft in extrem geringen Konzentrationen. Ähnlich wie ein fein abgestimmtes Netzwerk

können bereits kleinste Veränderungen große Auswirkungen haben, auch wenn sie sich nicht in einfachen Mangel-Symptomen ausdrücken.

Tatsächlich sind für mehrere dieser sogenannten „nicht-essentiellen“ Spurenelemente positive Effekte gut dokumentiert. Elemente wie Silizium, Cobalt oder Selen können die Widerstandskraft von Pflanzen stärken, Stressreaktionen beeinflussen oder mikrobiologische Prozesse im Boden fördern. Dennoch spielen sie in der landwirtschaftlichen Praxis oft eine untergeordnete Rolle oder sind regulatorisch kaum berücksichtigt. Damit bleibt ein großer Teil der mineralischen Komplexität natürlicher Böden ungenutzt.

Selen für die Stressresistenz

Die Selenversorgung unserer Lebensmittel beginnt im Boden – und genau hier liegt in Mitteleuropa ein grundlegendes Defizit. Viele Böden, insbesondere in der DACH-Region und in Skandinavien, sind von Natur aus sehr selenarm. Diese Umstände sind geologisch bedingt, werden aber im landwirtschaftlichen System meist kaum ausgeglichen.

Im Fokus steht Selen bislang vor allem in der Tierernährung. Eine bemerkenswerte Ausnahme ist Finnland: dort ist die gezielte Düngung mit Selen seit 1984 gesetzlich vorgeschrieben, um die Selenversorgung der Finnen über die Lebensmittel sicherzustellen. In den Jahren danach ist tatsächlich auch das Auftreten von Herzkreislauferkrankungen und einigen Krebsarten im Land messbar zurückgegangen.

Auch im Pflanzensystem selbst spielt Selen eine weit größere Rolle, als oft angenommen, auch wenn es für die Pflanze bislang nicht als essentieller Nährstoff angesehen wird. Ähnlich wie beim Menschen erhöht Selen auch in der Pflanze die Fähigkeit zur Neutralisierung von freien Sauerstoffradikalen und die Entgiftungsleistung. So konnte man bei einem Feldversuch im Weinbau nachweisen, dass die Zugabe von Selen die Cadmium-Belastung um über Faktor 7 und die Blei-Belastung um über Faktor 40 verringerte!

Darüber hinaus kann die Gabe von Selen auch einen entscheidenden Einfluss auf den Mikronährstoffgehalt haben. So wurde in einem Versuch mit Blumenkohl beobachtet, dass dieser 13 % mehr Polyphenole und 103 % mehr Antioxidantien enthielt, wenn er einmalig mit Selenhaltiger Lösung besprüht wurde. Die behandelten Pflanzen hatten außerdem 67 % mehr Chlorophyll und brachten 18 % mehr Ertrag.

Cobalt für Vitamin B12

Cobalt ist ein unscheinbares Spurenelement mit großer Wirkung – vor allem im Zusammenspiel von Bodenmikrobiom, Pflanze und letztlich auch unserer Ernährung. Für den Menschen ist es essentiell, da es zentraler Bestandteil von Vitamin B12 (Cobalamin) ist. Dieses Vitamin wird jedoch weder von Pflanzen noch von Tieren selbst gebildet, sondern ausschließlich von Mikroorganismen.



Damit rückt das Bodenmikrobiom in den Mittelpunkt: Viele Bodenbakterien sind auf Cobalt angewiesen, um Vitamin B12 zu synthetisieren und zentrale Stoffwechselprozesse aufrechtzuerhalten. Ist zu wenig verfügbares Cobalt im Boden vorhanden, kann dies die mikrobielle Aktivität und damit indirekt auch die Nährstoffdynamik im Wurzelraum einschränken.

Auch wenn Cobalt nicht als essentieller Nährstoff für Pflanzen gilt, ist doch die Bedeutung von Cobalt für Leguminosen ► bekannt, da ihre Knöllchenbakterien stark davon abhängig sind. Doch die Wirkung reicht darüber hinaus: Auch Pflanzen ohne solche Symbiosen profitieren, weil sie in ein aktiveres mikrobielles Umfeld eingebettet sind. Dieses verbessert die Nährstoffmobilisierung, Stressresistenz und letztlich die Qualität der Ernteprodukte.

Dass Cobalt nicht nur indirekt wirkt, zeigen auch Versuchsergebnisse: Selbst



Kulturen ohne klassische Stickstofffixierung reagieren deutlich auf eine verbesserte Cobaltversorgung. In einem Versuch mit Süßkartoffeln steigerte sich der Ertrag um über 50 % und der Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen wie Carotinoiden, Vitamin C, Protein und Stärke stiegen deutlich.

Molybdän für die Stickstofffixierung

Molybdän gilt zwar als essentieller Pflanzennährstoff, wird aber bei der Düngung meist trotzdem stark vernachlässigt. Doch gerade wenn es darum geht, mit weniger Stickstoffdünger auszukommen, ist Molybdän das absolute Schlüssелеlement. Es ist zwingend für den Aufbau des Nitrogenase-Enzyms erforderlich. Dieses Enzym wird von stickstofffixierenden Bakterien genutzt, um atmosphärischen Stickstoff in Ammoniak umzuwandeln. Pflanzen können daraus Aminosäuren und Eiweiße aufbauen, die sie für ihr Wachstum benötigen. Je besser dieser natürliche Prozess funktioniert, desto weniger Stickstoff muss über Dünger zugeführt werden.

Die Bedeutung von Molybdän wird fast immer nur im Zusammenhang mit Hülsenfrüchten gesehen. Wie Untersuchungen immer wieder zeigen, profitieren aber auch nicht-leguminöse Kulturen auf ähnliche Weise. So konnte in einem Feldversuch über zwei Jahre gezeigt werden, dass die Gabe von 30 g Molybdän pro Hektar den Stickstoffgehalt in der Pflanze sowohl bei Soja als auch bei Mais deutlich steigerte. Das ist ein Indiz dafür, dass die stickstoffbindenden Bakterien neben den Knöllchenbakterien offenbar noch immer unterschätzt werden. Aber sie alle brauchen Molybdän.

Das Wissen um die Spurenelemente

Selen, Cobalt, Molybdän sowie auch Nickel sind die Hauptbestandteile von Spu-

renelementzusätzen für Biogasanlagen. Sie werden häufig genutzt, um die mikrobielle Biogasproduktion zu verbessern. Die genannten Elemente haben starke katalytische Eigenschaften und dienen einer Vielzahl von Mikroben als Ausgangssubstanz für deren Enzyme. Es sind sozusagen ihre Werkzeuge. Fehlen diese, können sie ihren Aufgaben nur noch bedingt nachgehen. Man kann sich leicht vorstellen, dass sich dieser Umstand nicht nur auf Biogasanlagen bezieht, sondern im Boden gleichermaßen gilt.

Ist das Wissen um die Bedeutung dieser Elemente im Boden noch zu jung und sie werden deshalb noch kaum gedüngt? Nicht wirklich. Bereits in den 1930er Jahren wurde Cobalt auf Weideflächen in Australien ausgebracht. In Neuseeland wurde Selen schon in den 1950ern gezielt gedüngt. Und die Düngung mit Molybdän kam bereits in den 1960ern auf. Wohlgermerkt waren das alles keine Labor- oder Topfversuche mehr, sondern systematische Anwendungen auf dem Feld auf Hunderten von Hektar. Warum wird dieses Wissen dann heute kaum genutzt? Trotz dieser frühen Erkenntnisse hat sich der Fokus der landwirtschaftlichen Praxis in den letzten Jahrzehnten stark auf wenige Hauptnährstoffe sowie auf kurzfristig wirksame Maßnahmen verschoben. Aspekte wie Spurenelemente und mikrobielle Prozesse sind dabei zunehmend in den Hintergrund getreten.

Die Krise als Chance

Die steigenden Kosten für Stickstoffdünger durch entgleisende Energiepreise sind eine ernstzunehmende Bedrohung

Leguminosen sind die Pflanzenfamilie der Hülsenfrüchtler, zu der beispielsweise Erbsen, Bohnen, Linsen oder Klee gehören. Sie leben häufig in Symbiose mit stickstoffbindenden Knöllchenbakterien.

für die konventionelle Landwirtschaft und auch indirekt für den ökologischen Landbau. Andererseits kann diese Krise der Anstoß für ein Umdenken sein – hin zu einer zunehmenden Abkehr von externen Agrochemikalien und einem verstärkten Fokus auf regenerative Maßnahmen, um die Symbiosen im Boden wieder Stück für Stück herzustellen.

Wird das Bodenmikrobiom gezielt mit katalytisch hochwirksamen Spurenelementen versorgt, die oft nur im Gramm-Bereich benötigt werden, gelingt dieser Umstieg mitunter deutlich schneller, was auf rein natürlichem Wege Jahrzehnte dauern kann. Man hilft dem Boden sich selbst zu helfen, statt ihn in Abhängigkeiten zu treiben. Letztlich entscheidet nicht der absolute Gehalt an Nährstoffen im Boden, sondern die mikrobiell gesteuerte Verfügbarkeit darüber, was wirklich in der Pflanze – und damit auf unserem Teller – ankommt.



zum Weiterlesen

Gesunder Boden

Weitere Informationen zum Thema ‚Gesunder Boden‘ finden Sie auf der Internetseite von Almaterra.



Vom Wissen zur Anwendung

Aus der Erkenntnis, dass die Verfügbarkeit von Nährstoffen maßgeblich durch das Zusammenspiel von Bodenmikrobiom und Pflanze bestimmt wird, entstehen zunehmend Ansätze, die gezielt auf diese Prozesse eingehen.

Ein Beispiel dafür ist der Verein Almaterra. Ziel des Vereins ist es, den Mineralienkreislauf zwischen Boden, Pflanze,

Tier und Mensch wieder stärker in den Fokus zu rücken und praktisch nutzbar zu machen.

Im Zentrum stehen dabei Anwendungen, die gezielt mikrobiell relevante Spurenelemente wie Cobalt, Selen und Molybdän kombinieren, um biologische Prozesse im Boden zu unterstützen und damit die Nährstoffqualität von Pflanzen zu verbessern.

Quellen

1 A.-M. Mayer: *Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables*, *British Food Journal*, 99 (6): 207-211, 1997.

<https://doi.org/10.1108/00070709710181540>

2 I. Cakmak: *Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways*, *Plant and Soil*, 247 (1): 3-24, 2002.

<https://doi.org/10.1023/A:1021194511492>

3 B. Loubet et al.: *Carbon soil stock change in an intensive crop field near Paris reveals significant carbon losses*, *EGU sphere*, 2025: 1-29, 2025.

<https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-592>

4 D. I. Arnon, P. R. Stout: *The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper*, *Plant Physiology*, 14 (2): 371-375, 1939.

<https://doi.org/10.1104/pp.14.2.371>

5 A. Hossain et al.: *Selenium biofortification: roles, mechanisms, responses and prospects*, *Molecules*, 26 (4): 881, 2021.

<https://doi.org/10.3390/molecules26040881>

6 Zhu et al.: *Spraying foliar selenium fertilizer on quality of table grape (Vitis vinifera L.) from different source varieties*, *Scientia Horticulturae*, 218: 87-94, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.025>

7 M. Saeedi et al.: *Selenium fortification alters the growth, antioxidant characteristics and secondary metabolite profiles of cauliflower (Brassica oleracea var. botrytis) cultivars in hydroponic culture*, *Plants*, 10 (8): 1537, 2021.

<https://doi.org/10.3390/plants10081537>

8 N. Gad, H. Kandil: *Response of sweet potato (Ipomoea batatas L.) plants to different levels of cobalt*, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2 (4): 949-955, 2008.

9 S. L. Oliveira et al.: *Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize*, *Frontiers in Plant Science*, 13: 887682, 2022.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.887682>