

Biodynamischer Hornmist: Nährstoffversorgung des Bodens und Vitalität der Pflanzen

Ein wissenschaftlicher Überblick



Diese Broschüre ist ein Gemeinschaftswerk der Biodynamischer Weltverband Demeter, Biodynamie Recherche, Demeter Deutschland, dem Forschungsring und der Sektion Landwirtschaft am Goetheanum.

Die digitale Version ist unter folgender Adresse abrufbar: sektion-landwirtschaft.org/forschung/grundlagen

Diese Broschüre wird unter Licence Creative Commons veröffentlicht.

Diese Lizenz erlaubt es Wiederverwertern, das Material in jedem Medium oder Format für nichtkommerzielle Zwecke zu verbreiten, zu verändern, anzupassen und darauf aufzubauen, solange der Urheber genannt wird. Wenn Sie das Material umarbeiten, anpassen oder darauf aufbauen, müssen Sie das geänderte Material unter denselben Bedingungen lizenzieren.

CC BY-NC-SA umfasst die folgenden Elemente:

BY: Der Urheber muss genannt werden.

NC: Nur nichtkommerzielle Nutzungen des Werks sind erlaubt.

SA: Bearbeitungen müssen unter den gleichen Bedingungen weitergegeben werden.



Die folgende Broschüre gibt einen Überblick über die wichtigsten in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlichten Ergebnisse. Sie konzentriert sich auf die physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Eigenschaften der Hornmistzubereitung (Präparat 500) und ihre Auswirkungen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenphysiologie.

ÜBERSICHT

Informationsblatt - Hornmist-Präparat	02
Broschüre	04
Molekulare und biologische Eigenschaften	04
Abschätzung der ausgebrachten Menge in einem Boden	05
Laborversuche	06
Kompensatorische Wirkung	07
Schlussfolgerung	08
Referenzen	09



HORNMIST-PRÄPARAT

Hornmist (500) ist eines der wichtigsten biologisch-dynamischen Präparate und gehört neben Hornkiesel (501) und den Präparaten zur Kompostbehandlung sicherlich zu den am häufigsten verwendeten. Als solches ist es Gegenstand zahlreicher Forschungen, die darauf abzielen, seine Wirkungen zu charakterisieren und seine Wirkungsweise zu verstehen.



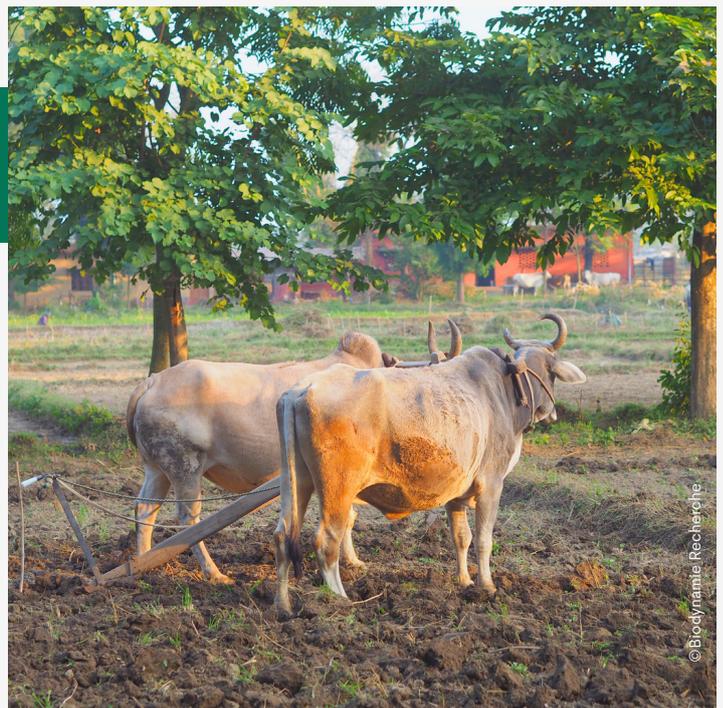
ZUSAMMENSETZUNG

Biologisch-dynamischer Hornmist (500) ist das Endprodukt der anaeroben Umsetzung von Rindermist in einer organischen Hülle im Boden. Die relativ geringe Pilzaktivität während der anoxischen Vererdung von Rindermist führt zu einem beträchtlichen Gehalt an aromatischen Verbindungen aufgrund eines teilweisen Abbaus des enthaltenen Lignins. Es ist bekannt, dass diese phenolischen Ligninreste eine intensive biologische Aktivität haben, die dem vererdeten Hornmist offenbar eine Fähigkeit zur biologischen Stimulierung von Pflanzen verleiht, wie sie vom Hormon Auxin ausgeht, selbst bei sehr niedrigen Dosen.

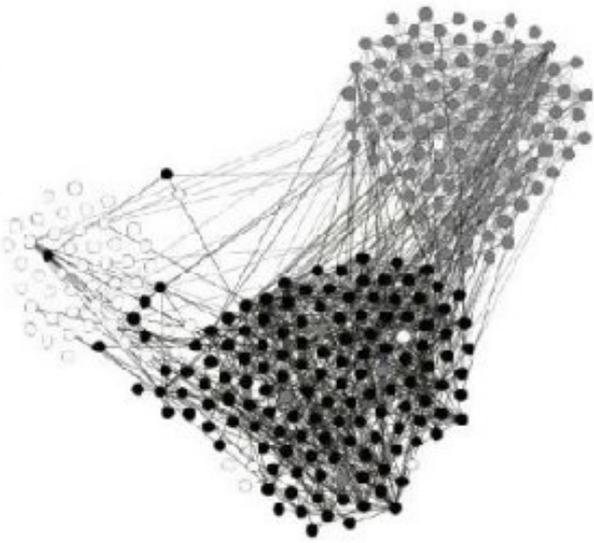
AKTION

Hornmist stabilisiert und kompensiert das Pflanzenwachstum und den Ertrag und fördert die Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen.

Wird Hornmist verdünnt und mit 100 g ha^{-1} ausgebracht, wie es die Demeter-Norm empfiehlt, liegt die endgültige (nanomolare, 10^{-10}) Konzentration im Boden innerhalb der bekannten Bereiche biologischer Aktivität, die bereits bei femtomolaren (10^{-15}) Konzentrationen pflanzenwirksam sind.



CONVENTIONAL



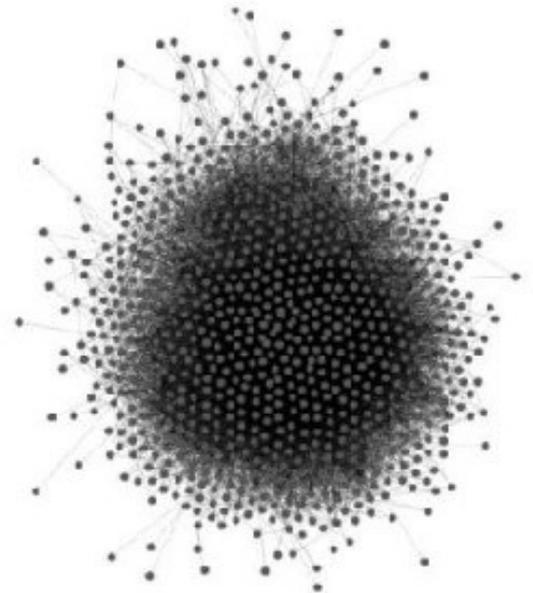
Sample Us149

Abbildung : Spezifische Organisation von Pilzgemeinschaften in Böden je nach Anbaumuster. Quelle: Ortiz-Álvarez et al., 2021.

EFFIZIENZ

Labor-Bioassays haben gezeigt, dass Hornmist das Wachstum von Kressewurzeln durch ein stabilisierendes Wirkungsmuster beeinflusst, welches das Wachstum unter Stressbedingungen reguliert. Dies deutet auf das Potenzial hin, die Widerstandsfähigkeit landwirtschaftlicher Systeme auch unter ungünstigen Bodenbedingungen wie Überschwemmungen, Temperaturschocks, Salzgehalt und Trockenheit zu erhöhen.

BIODYNAMIC



Sample Us60

SYSTEMISCHE STUDIEN

Systemische Studien ergaben, dass das Bodenmikrobiom, d.h. die mikrobiologische Vielfalt, Abundanz und Funktionalität, unter biologisch-dynamischer Bewirtschaftung besser ist als in der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft. Diese allgemeine Verbesserung des mikrobiologischen Zustands des Bodens kann höchstwahrscheinlich auf den Einsatz von Hornmist zurückgeführt werden, auch wenn es keinen offensichtlichen Zusammenhang gibt.

Für weitere Informationen : sektion-landwirtschaft.org/forschung/grundlagen



MOLEKULARE UND BIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN

Biologisch-dynamische Hornmistpräparate werden durch einen anaeroben Humifizierungsprozess von Rinderkot bei kontrollierter Temperatur gewonnen. Die relativ geringe Pilzaktivität während der anoxischen Vererdung von Rinderkot führt zu einem erheblichen Gehalt an aromatischen Verbindungen, da das im Kot enthaltene Lignin nur teilweise abgebaut wird. Diese phenolischen Ligninreste besitzen eine intensive biologische Aktivität, so dass vererdeter Hornmist eine starke biostimulierende Wirkung auf die Pflanzen hat, die mit der des Hormons Auxin vergleichbar ist, selbst in sehr geringen Dosierungen. Ähnliche extrem geringe Mengen an hormonähnlichen Pflanzenbiostimulanzien wie Algen, Pflanzenproteinhydrolysate und geochemische Huminstoffe, die von der agrochemischen Industrie verkauft werden, werden üblicherweise in landwirtschaftlichen Systemen eingesetzt.

Die molekulare Zusammensetzung von Hornmist wurde von einer Forschungsgruppe an der Universität Neapel Federico II beschrieben ([Spaccini et al., 2012](#)). In dieser Studie wurden Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) und pyrolytische Massenspektrometrie eingesetzt. Sie ergab eine komplexe molekulare Zusammensetzung: Phenolderivate von Lignin (faseriger Teil der Pflanzen), pflanzliche Polysaccharide (Zucker) und lineare und zyklische Lipidkomponenten (Fette) pflanzlichen und mikrobiellen Ursprungs. Diese Zusammensetzung ähnelt den verschiedenen in der Landwirtschaft verwendeten Komposten, allerdings mit einem größeren Anteil an phenolischen Ligninresten.

Was bedeutet diese kritische Eigenschaft? In gewöhnlichem reifem Kompost, dessen Humifizierungsprozesse sich unter aeroben Bedingungen entwickelt haben, geht der Abbau instabiler hydrophiler Substanzen (wie Kohlenhydrate), der hauptsächlich von Bakterien verursacht wird, mit einem umfassenden Abbau der polymeren Ligninstrukturen durch Pilze einher, während hydrophobere Verbindungen wie Fettsäuren bevorzugt akkumuliert werden und bioaktive phenolische Reste einschließen. Umgekehrt verringert die anaerobe Humifizierung des in den Kuhhörnern eingeschlossenen Kots die Pilzaktivität, wodurch sich eine größere Menge an phenolischen Rückständen ansammelt, die dem Hornmist eine stärkere biologische Aktivität für das Pflanzenwachstum verleihen.

Im Jahr 2013 untersuchte das gleiche Team ([Giannattasio et al. 2013](#)) die mikrobiologische Zusammensetzung von Hornmist. Es überprüfte die biostimulierende Wirkung auf Pflanzen, indem es den Gehalt an verschiedenen Enzymen mit nützlicher Wirkung in der Rhizosphäre bewertete. In dieser Arbeit wurde festgestellt, dass das Präparat 500 einen höheren Gehalt an verschiedenen spezifischen Enzymen aufwies als viele Böden, was auf eine deutlich höhere Aktivität der Rhizosphäre schließen lässt. Darüber hinaus wiesen die Autoren nach, dass Hornmist eine Menge auxinähnlicher Verbindungen (0,03 ppm) enthält, die einer nanomolaren Auxinkonzentration im Boden entspricht und mehr als ausreichend ist, um physiologische Veränderungen in Pflanzen zu bewirken, wie z. B. die Verlängerung der primären und sekundären Verzweigungen der Wurzeln. Das große Verhältnis von Bakterien zu Pilzen, das in der Hornmistprobe gefunden wurde, bestätigt die frühere Studie, die über den signifikanten Gehalt an phenolischen Verbindungen als Endprodukt des anaeroben Humifizierungsprozesses und die intensive biologische Aktivität dieses biodynamischen Präparats berichtete.



ABSCHÄTZUNG DER AUSGEBRACHTEN MENGE IN EINEM BODEN

Der Demeter-Standard empfiehlt, dass Hornmist verdünnt und in einer Menge von 100g ha^{-1} ausgebracht wird. In diesem Zusammenhang haben dieselben Autoren ([Giannattasio et al. 2013](#)) einen rationalen Verdünnungsansatz vorgestellt, um das weit verbreitete Gerücht zu widerlegen, dass biodynamische Präparate aufgrund der geringen ausgebrachten Mengen unwirksam sind. Die Richtlinien der biodynamischen Landwirtschaft schreiben vor, etwa 100g Hornmist in 25 bis 50L Wasser pro Hektar aufzulösen. In welchem Wasservolumen kommt diese Menge an Präparat an? Das Gewicht eines Hektars Boden beträgt bei einer für die Wurzeln günstigen Tiefe von 0 bis 20 cm etwa 2.000 Tonnen. Das im Boden enthaltene Wasser macht im Durchschnitt $\frac{1}{4}$ seines Gewichts oder 500.000L aus. Die Ausbringung von 100g Hornmist auf einem Hektar entspricht also einer Verdünnung dieser 100g in 500.000L Wasser. Dies ergibt eine Konzentration von $0,0002\text{ g L}^{-1}$.

Die Autoren gingen dann davon aus, dass Hornmist hauptsächlich aus Molekülen mit niedrigem Molekulargewicht besteht, mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 250 g/mol . So errechneten sie eine Verdünnung auf eine auxinähnliche Konzentration von $1,6\text{ }\mu\text{M}$ in der Bodenlösung. Eine solche mikromolare (10^{-6}) Konzentration ist im Hinblick auf die biologische Aktivität als sehr hoch anzusehen. Der derzeitige wissenschaftliche Kenntnisstand zeigt, dass die biologische Aktivität von Verbindungen mikrobiellen Ursprungs, selbst bei extrem niedrigen Verdünnungsstufen, tatsächlich physiologische Veränderungen in Pflanzen auslöst. Es gibt Beispiele für Verbindungen, die die Knöllchenbildung in Leguminosen auslösen, die ihre Aktivität bei Konzentrationen von nur $0,1$ Nanomol (10^{-10} M) entfalten.

Darüber hinaus gibt es mehrere andere Studien über bioaktive Moleküle, sogar in femtomolaren (10^{-15} M) Konzentrationen. Diese Berechnung deutet darauf hin, dass die auxinähnlichen bioaktiven Verbindungen in Hornmist in Böden mit einer durchschnittlichen Konzentration von 20 - 30 Nanomol vorhanden sein können, die groß genug ist, um die erforderliche Bioaktivität für das Pflanzenwachstum zu gewährleisten. Daher ist es nicht überraschend, dass die Ausbringung von humifiziertem Hornmist in den vorgeschriebenen Dosen molekulare Signale in den Boden einbringen kann, die innerhalb der bekannten Bereiche der biologischen Aktivität liegen.



LABORVERSUCHE

Ein Bioassay im Labor hat gezeigt, dass Hornmist eine signifikante Wirkung auf das Wurzelwachstum von Brunnenkresse hat, was darauf hindeutet, dass er das Pflanzenwachstum simulieren und die Widerstandsfähigkeit von landwirtschaftlichen Systemen erhöhen kann.

Eine wichtige Methode zur Untersuchung von Hornmist ist die Entwicklung spezifischer Laborversuche. Auf dem Dottenfelderhof in Deutschland wurde ein Bioassay entwickelt, um sie zu untersuchen. Ziel dieser Arbeit war es, durch einen kontrollierten und leicht reproduzierbaren Versuchsaufbau robuste und zuverlässige Daten zu gewinnen. Zu diesem Zweck ließ sich Alain Moreau von einem Protokoll inspirieren, das von Forschern der integrativen Medizin entwickelt wurde, um den Einfluss einer stark verdünnten Substanz (in ihrem Fall die Mistel) auf die Entwicklung und Morphologie der Brunnenkresse zu testen. Das Prinzip bestand darin, die ersten Entwicklungsstadien von Brunnenkressesamen zu beobachten, die in einer hydroponischen Lösung gewachsen waren und verschiedene Konzentrationen von dynamisiertem Hornmist erhalten hatten (0,1 µl und 1µl, sowie eine Kontrollmodalität ohne Präparat).

Die Ergebnisse dieser Studie ([Morau et al., 2020a](#)) were the following:

- Im frühen Wachstumsstadium war das Wurzelwachstum der Kresse anfällig für die Wirkung von Hornmist.
- Die Wirkung von Hornmist war stark zeitabhängig, aber innerhalb vieler Monate stabil.
- Ein stabilisierendes Wirkungsmuster war signifikant, was auf das Potenzial hinweist, die Resilienz des landwirtschaftlichen Systems in der Praxis zu erhöhen.



KOMPENSATORISCHE WIRKUNG

IES wird angenommen, dass Hornmist das Pflanzenwachstum und den Ertrag stabilisiert und kompensiert, indem er die Anpassung der Pflanzen an unterschiedliche Umweltbedingungen fördert und sie vor Stress schützt.

Um diese stabilisierende oder ausgleichende Wirkung besser zu verstehen, wurde eine zweite Reihe von Versuchen durchgeführt ([Morau et al., 2020b](#)). Dabei wurden die Wechselwirkungen zwischen der Bioaktivität des Hornmistpräparats und den folgenden Faktoren untersucht: Wasserüberdosierung (mit der Folge eines Sauerstoffmangels für die Wurzeln), Gravitationsstress und Exposition gegenüber fluoreszierendem Licht. Der Gedanke dahinter ist, dass das humifizierte Präparat 500 der Pflanze helfen kann, sich zu erholen, wenn sie einem moderaten Stress ausgesetzt ist (der ihre Entwicklung nicht beeinträchtigt). Es ist bekannt, dass die Anwendung von humifiziertem organischem Material auf gestresste Pflanzen den Biostimulationseffekt viel sichtbarer und signifikanter macht als bei Pflanzen, die unter optimalen Bedingungen wachsen.

Die Schlussfolgerung aus diesem zweiten Versuch war, dass die Aktivität von humifiziertem Hornmist eine kompensatorische Wirkung gegen die Stressfaktoren Wasserüberdosis und Gravistimulation aufweist. Der humifizierte Hornmist schien mit den sensorischen Systemen der Pflanzen zu interagieren und stimulierte die physiologische Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an die Umwelt, indem er die Selbstregulierungsprozesse erhöhte.

Diese kompensatorische Wirkung anderer humifizierter biodynamischer Präparate (nicht nur 500) wurde kürzlich in einer Studie von Jürgen Fritz und Kollegen auf fünf Weinbergspartellen in Burgund bestätigt ([Fritz et al., 2020](#)). Die Hypothese war, dass die Zugabe von Präparaten die funktionelle mikrobielle Vielfalt, die für den Weinberg spezifisch ist, beeinflusst. Dies wurde tatsächlich beobachtet. Die Ergebnisse zeigten, dass je nach Bodenbeschaffenheit die Anwendung des hoch humifizierten Hornmist-(500) und Hornkieselpräparats (501) angemessen war und unterstützten die Hypothese, dass die biodynamische Bewirtschaftung auf der Grundlage humifizierter Präparate eine regulierende und ausgleichende Wirkung auf das Bodenmilieu haben würde. Die Wirkung des biodynamischen Präparats wäre jedoch je nach den agronomischen und Bodenbedingungen unterschiedlich.



EINFLUSS AUF PILZNETZWERKE IM BODEN

Die mikrobiologische Aktivität des Bodens war bei biologisch-dynamischer Bewirtschaftung besser als bei ökologischer und konventioneller Landwirtschaft.

Ein Team spanischer und amerikanischer Forscher untersuchte die mikrobiellen Gemeinschaften in 350 Weinbergböden in den Vereinigten Staaten und Spanien ([Ortiz-Álvarez et al., 2021](#)). Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass innerhalb ein und desselben Ökosystems die Art der Bewirtschaftung (konventionell, ökologisch oder biodynamisch) zwei Strategien für den Aufbau von Pilzgemeinschaften im Boden bestimmt: ein generalistischer Lebensraum in Böden aus biodynamischem Anbau oder ein spezialisierter Lebensraum in konventionell bewirtschafteten Böden.

Die Studie zeigt, dass die durch die biologisch-dynamische Bewirtschaftung geförderte Pilzvermehrung einer Gemeinschaftsstruktur ähnelt, die derjenigen von wilden, kooperativen Umgebungen ähnelt, im Gegensatz zu der hochspezialisierten Umgebung, die in konventionell bewirtschafteten Weinbergen zu finden ist. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die durch humifizierte biodynamische Präparate induzierte Pilzpopulation zu kooperativen Gemeinschaftsnetzwerken führt, die wahrscheinlich widerstandsfähiger gegenüber der durch Klimawandel und Landnutzung ständig veränderten Umwelt sind.

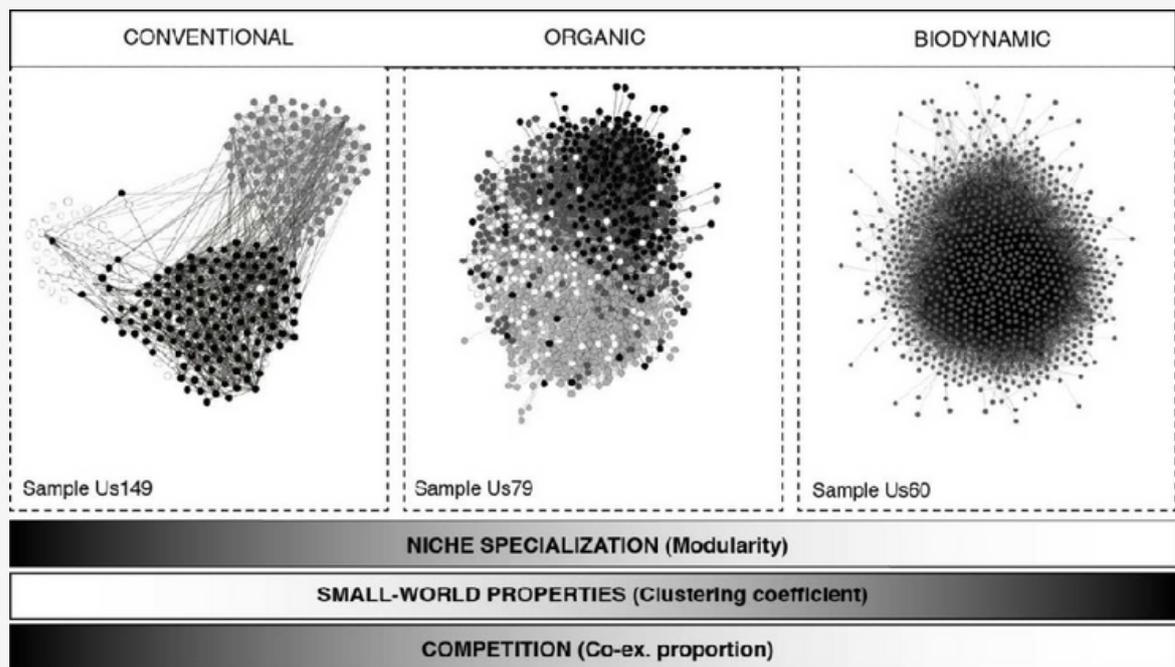


Abbildung : Spezifische Organisation von Pilzgemeinschaften in Böden je nach Anbaumuster.
Quelle: [Ortiz-Álvarez et al., 2021](#).

SCHLUSSFOLGERUNG

Eine Analyse der bisherigen Erkenntnisse in der wissenschaftlichen Literatur über Hornmist deutet darauf hin, dass der Humifizierungsprozess, dem der Mist unter vorherrschenden anoxischen Bedingungen und kontrollierter Temperatur unterzogen wird, dem humifizierten biodynamischen Präparat eine molekulare und mikrobiologische Zusammensetzung verleiht, die seine Fähigkeit bestätigt, signifikante Wirkungen als Biostimulans für Pflanzen und Bioeffektoren im Boden auszuüben.

REFERENZEN



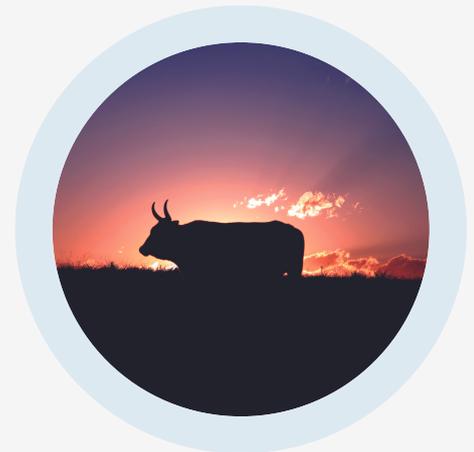
Giannattasio M, Vendramin E, Fornasier F, Alberghini S, Zanardo M, Stellin F, Concheri G, Stevanato P, Ertani A, Nardi S, Rizzi V, Piffanelli P, Spaccini R, Mazzei P, Piccolo A, Squartini A. (2013) **Microbiological Features and Bioactivity of a Fermented Manure Product (Preparation 500) Used in Biodynamic Agriculture.** J. Microbiol. Biotechnol. 2013; 23:644-651.

<https://doi.org/10.4014/jmb.1212.12004>

Jürgen Fritz, Ramia Jannoura, Finja Lauer, Jona Schenk, Pierre Masson & Rainer Georg Joergensen (2020) **Functional microbial diversity responses to biodynamic management in Burgundian vineyard soils,** Biological Agriculture & Horticulture, 36:3, 172-186, DOI: [10.1080/01448765.2020.1762739](https://doi.org/10.1080/01448765.2020.1762739)

Morau, A., Piepho, HP. & and Fritz, J. (2020a) **Growth responses of garden cress (*Lepidium sativum* L.) to biodynamic cow manure preparation in a bioassay,** Biological Agriculture & Horticulture, 36:1, 16-34, DOI: [10.1080/01448765.2019.1644668](https://doi.org/10.1080/01448765.2019.1644668)

Morau, A., Piepho, HP. (2020b) **Interactions between abiotic factors and the bioactivity of biodynamic horn manure on the growth of garden cress (*Lepidium sativum* L.) in a bioassay.** Chem. Biol. Technol. Agric. 7, 11 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40538-020-0176-x>



Ortiz-Álvarez R, Ortega-Arranz H, Ontiveros VJ, de Celis M, Ravarani C, Acedo A, Belda I. (2021) **Network properties of local fungal communities reveal the anthropogenic disturbance consequences of farming practices in vineyard soils.** mSystems 6:e00344-21.

<https://doi.org/10.1128/mSystems.00344-21>

Spaccini, R., Mazzei, P., Squartini, A. et al. (2012) **Molecular properties of a fermented manure preparation used as field spray in biodynamic agriculture.** Environ Sci Pollut Res 19, 4214–4225 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1022-x>



Der biologisch-dynamische Verband Demeter International ist der einzige landwirtschaftliche Verband, der ein Netzwerk von individuellen Zertifizierungsstellen für biologisch-dynamische Landwirte weltweit aufgebaut hat. Heute sind sie eine globale Gemeinschaft von Landwirten, Winzern, Gärtnern, Imkern, Forschern, Beratern, Ausbildern, Zertifizierern, Verarbeitern und Händlern, um nur einige zu nennen. Weitere Informationen finden Sie unter: demeter.net



Ziel des Vereins Biodynamie Recherche ist es, die Achtung und den Schutz der Umwelt durch die biologisch-dynamische Landwirtschaft zu fördern. Er führt eine wissenschaftliche Begleitung der Arbeiten und Veröffentlichungen in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft auf internationaler Ebene durch. Er erstellt Zusammenfassungen, Übersetzungen und Artikel, die der französischsprachigen Öffentlichkeit auf seiner Website und in Fachzeitschriften zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen finden Sie unter : biodynamie-recherche.org



Demeter ist eine private Zertifizierungsstelle für biologisch-dynamisch erzeugte Lebensmittel, Kosmetika und Textilien - ergänzend zu den offiziellen Bio-Verordnungen. Ihre Spezifikationen haben sich im Laufe der Jahrzehnte zu einem der anspruchsvollsten entwickelt. Weitere Informationen finden Sie unter : demeter.de



Der Forschungsring wurde 1946 als Nachfolger des Versuchsringes anthroposophischer Landwirte gegründet. In den Anfangsjahren war er die Dachorganisation der biologisch-dynamischen Bewegung. Heute ist er das zentrale Forschungsinstitut für biologisch-dynamische und allgemeine ökologische Fragen im Zentrum einer weltweit wachsenden biologisch-dynamischen Bewegung. Weitere Informationen finden Sie unter : forschungsring.de



Durch ihre Kontakte zu Menschen, die in der biodynamischen Bewegung auf der ganzen Welt aktiv sind, stößt die Sektion Landwirtschaft auf viele Fragen, Ideen und Herausforderungen. Gemeinsam mit ihren Partnern arbeiten sie in verschiedenen internationalen Projekten und Veranstaltungen an diesen Themen. Auf diese Weise schaffen sie Räume, in denen Fragen und Herausforderungen zu Inspirationsquellen für die in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft und im Lebensmittelsektor Tätigen werden können. Weitere Informationen finden Sie unter : sektion-landwirtschaft.org