



Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg

Sachbereich Ökologischer Anbau

**Längerfristige Beobachtungen zur
Stickstoffmineralisierung verschiedener
organischer Handels- und Wirtschaftsdünger unter
konstanten Bedingungen**

Eine Übersicht

2010

Kelderer M., Matteazzi A., Topp A., Gramm D.

Inhalt

VORWORT	3
1. MIST	5
2. GRÜNSCHNITTKOMPOST	7
3. GRÜNSCHNITTKOMPOST UND BIOCHAR	9
4. REBENTRESTERKOMPOST	11
5. BIOCHAR	13
6. SONNENBLUMENPRESSKUCHEN	15
7. AZOCOR 105	17
8. AGROBIOSOL	19
9. CONDIT	21
10. OPF (ORGANIC PLANT FEED)	23
11. NUTRISTART	25
12. BIOGASGÜLLE	27
DÜNGERRANKING VERSUCHSREIHE 1	29
MINERALISCHER STICKSTOFFGEHALT NACH AUSWASCHUNG – VERSUCHSREIHE 2	30
DÜNGERRANKING VERSUCHSREIHE 2	30
SCHWERMETALLANALYSE DER DÜNGEMITTEL	31
ABSCHLUSSANALYSEN NACH DER BEBRÜTUNGSPHASE	33

Vorwort

Bereits in den letzten Jahren war der Sachbereich Ökologischer Anbau bestrebt, in mehreren Versuchsanstellungen Informationen über die Stickstofffreisetzung gängiger organischer Handels- und Wirtschaftsdünger zu erhalten; mit dem Ziel, die Versorgung der Kulturpflanzen durch das Nährelement zu optimieren. Im Gegensatz zu mineralischen Düngern kann nämlich die Löslichkeit organischer Düngemittel, vor allem aufgrund ihrer unterschiedlichen Formulierungen und Zusammensetzungen, nur schwer abgeschätzt werden. Die vergangenen Untersuchungen zur Stickstoffmineralisierung behandelten intensiv die Frage, wie schnell die einzelnen Düngemittel Stickstoff freisetzen; denn gerade im Apfelanbau ist im Frühjahr oft mit Engpässen hinsichtlich der Stickstoffversorgung der Bäume zu rechnen; der Boden ist noch kalt und die Aufnahmefähigkeit der Wurzeln begrenzt. Der Baum greift deshalb auf die Stickstoffreserven zurück, die im Stamm und in den Wurzeln eingelagert sind. Während der Blüte und Nachblüte, wenn der Stickstoffbedarf des Apfelbaums am größten ist, kann es zur Erschöpfung dieser Ressource kommen. Die Stickstoffnachlieferung durch die Mineralisation aus dem Boden reicht noch nicht aus, um den Baum zu versorgen. Im Laufe des Sommers nimmt die Mineralisation mit ansteigenden Temperaturen zu. Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich in der ersten Versuchsreihe auf den Mineralisierungsverlauf der Düngemittel unter konstanten Laborbedingungen in einem größeren Zeitfenster. In der zweiten Versuchsreihe wird die Menge ausgewaschenen Stickstoffs nach einer längeren Periode ermittelt.

Versuchsreihe 1

Zur Durchführung dieser so genannten Brutversuche der ersten Versuchsreihe wurden Töpfe mit jeweils 250 g Boden gefüllt. Der beigemengte Dünger entspricht bei jeder Variante einer Stickstoffmenge von 90 kg N/ha*. Die Bodenfeuchtigkeit wurde auf ca. 70 % der Feldkapazität gebracht. Für jede Düngervariante wurden vier Wiederholungen vorgesehen und zusätzlich jede Versuchsreihe mit einer Kontrollserie mit unbehandeltem Boden eingeplant. Die Töpfe wurden in einer Klimakammer bei 20 °C und etwa 80 % Luftfeuchtigkeit aufbewahrt („bebrütet“). Der Wasserverlust in den Behältern wurde mit destilliertem Wasser ausgeglichen. Um den Verlauf der Stickstoffmineralisation, kurz N-Min, beschreiben zu können, wurden Stickstoffmineralisierungs-Untersuchungen an vier Terminen nach dem Beginn der Bebrütung durchgeführt. Bei den N-Min-Untersuchungen der Bodenproben wird der pflanzenverfügbare Stickstoff ermittelt. Die Extraktion des löslichen Stickstoffes erfolgt in der Versuchsreihe über eine 0,0125 Molare Calciumchloridlösung. Dadurch werden der Nitratstickstoff (NO₃-N) und der austauschbar gebundene Ammoniumstickstoff (NH₄-N) erfasst. Die Summe aus den beiden Stickstofffraktionen bildet den N-Min-Gehalt.

Versuchsreihe 2

In der Versuchsreihe mit Auswaschung wurden Flaschen mit jeweils 250 g Boden gefüllt. Der beigemengte Dünger entspricht bei jeder Variante einer Stickstoffmenge von 90 kg N/ha*. Die Bodenfeuchtigkeit wurde auf ca. 70 % der Feldkapazität gebracht. Für jede Düngervariante wurden vier Wiederholungen vorgesehen und zusätzlich jede Versuchsreihe mit einer Kontrollserie mit unbehandeltem Boden eingeplant. Die Flaschen wurden in einer Klimakammer

bei 20 °C und etwa 80 % Luftfeuchtigkeit aufbewahrt („bebrütet“). Der Wasserverlust in den Behältern wurde mit destilliertem Wasser ausgeglichen. Anders als in Versuchsreihe 1 wurde die Erde an zwei Terminen mit 500 ml Calciumchloridlösung ausgewaschen. Die durchgesickerte Flüssigkeit wurde auf ihren N-Min-Gehalt untersucht.

Die Düngemittelanalysen wurden vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg durchgeführt.

*Nähere Informationen zur Berechnung der Düngergabe

Der Baumstreifen nimmt in einer intensiven Anlage (Pflanzabstand 3x1 m) eine Fläche von ca. 30 % ein. Um die 90 kg reinen Stickstoff optimal zu nutzen wird der Stickstoff nur auf dem Baumstreifen ausgebracht d.h. theoretisch wäre die Stickstoffgabe 270 kg pro ha gedüngte Fläche. Die Dichte des Bodens beträgt in diesen Untersuchungen 1,18 t/m³. Daraus resultiert ein Gewicht von 1180 t für eine 10 cm tiefe Bodenschicht auf einem Hektar. Dieses Verhältnis von 1180 t Boden zu 270 kg Stickstoff ist der Ausgangspunkt für die Umrechnung auf 250 g Boden.

1. Mist

Herkunft: Alex Terzer, Südtiroler Unterland

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: biodynamischer Kuhmist, 6-7 Monate gelagert

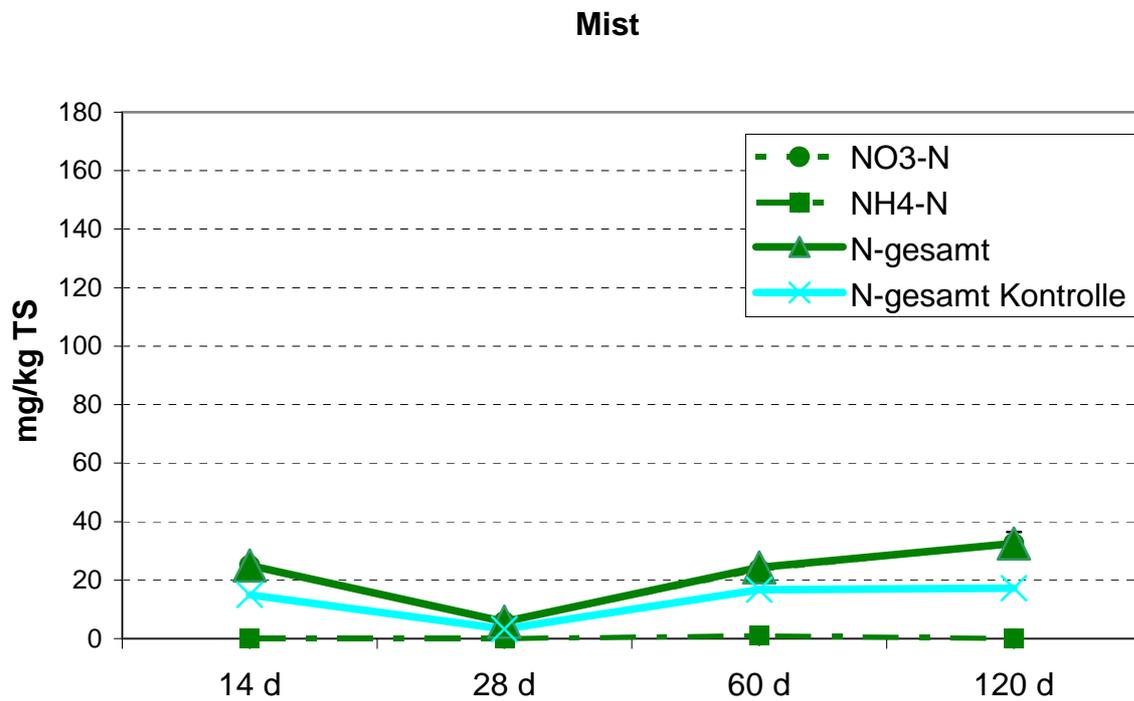
Preis: keine Angabe *

Tab. 1: Düngemittelanalyse von getrocknetem Mist durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	2,4	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	65,6	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	1,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	0,2	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	2,8	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	2,3	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	1,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	95,3	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	4,7	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	29,7	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	30,89	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	12,87	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 1: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von getrocknetem Mist im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

2. Grünschnittkompost

Herkunft: ARGE Kompost Enns, Oberösterreich

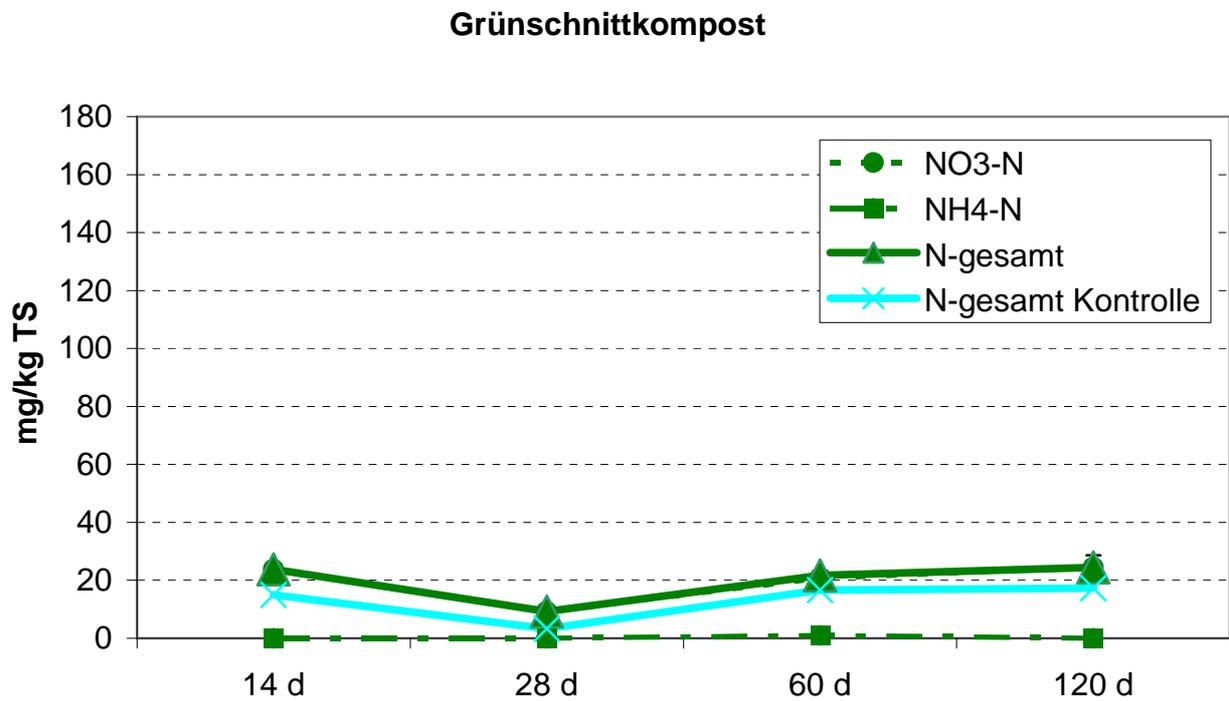
Preis: ca. 15 €/m³ (1 m³ ~ 700-800 kg) *

Tab. 2: Düngemittelanalyse von Grünschnittkompost durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	1,78	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	37	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	0,9	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	1,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	1,7	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	97,4	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	2,6	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	60,4	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	19,08	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	10,72	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 2: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Grünschnittkompost im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

3. Grünschnittkompost und Biochar

Herkunft: ARGE Kompost Enns und Freie Universität Bozen

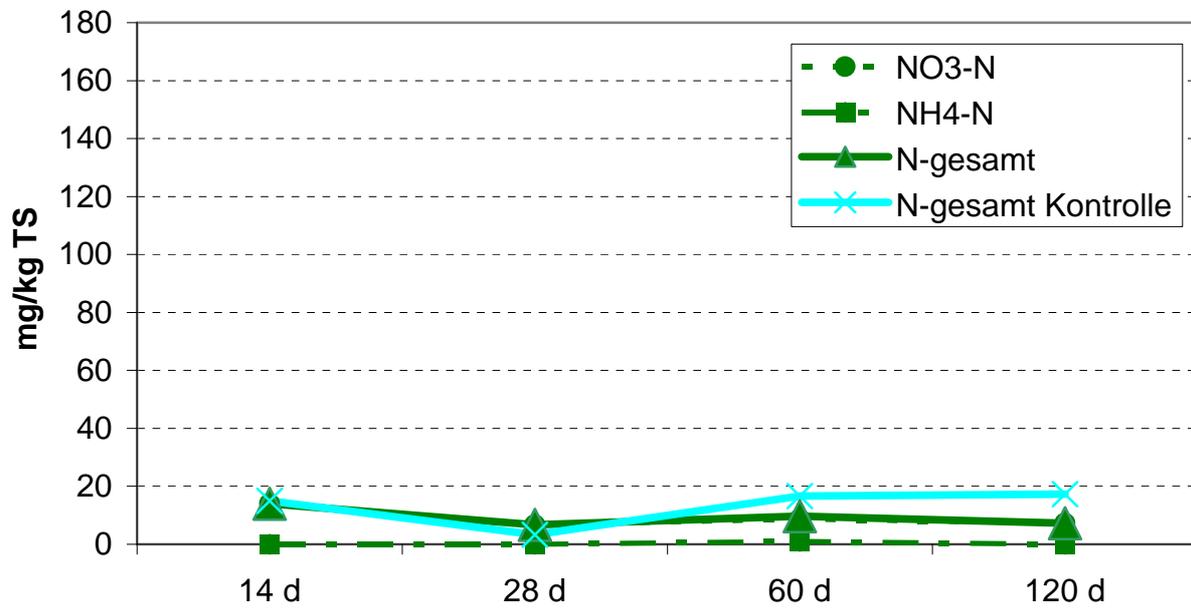
Mischverhältnis: 5 (Grünschnittkompost) : 1 (Biochar)

Preis: siehe Variante 2 *

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 3: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Grünschnittkompost und Biochar im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)

Grünschnittkompost + Biochar



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

4. Rebentresterkompost

Herkunft: Franz Schifter, Rafig, Niederösterreich

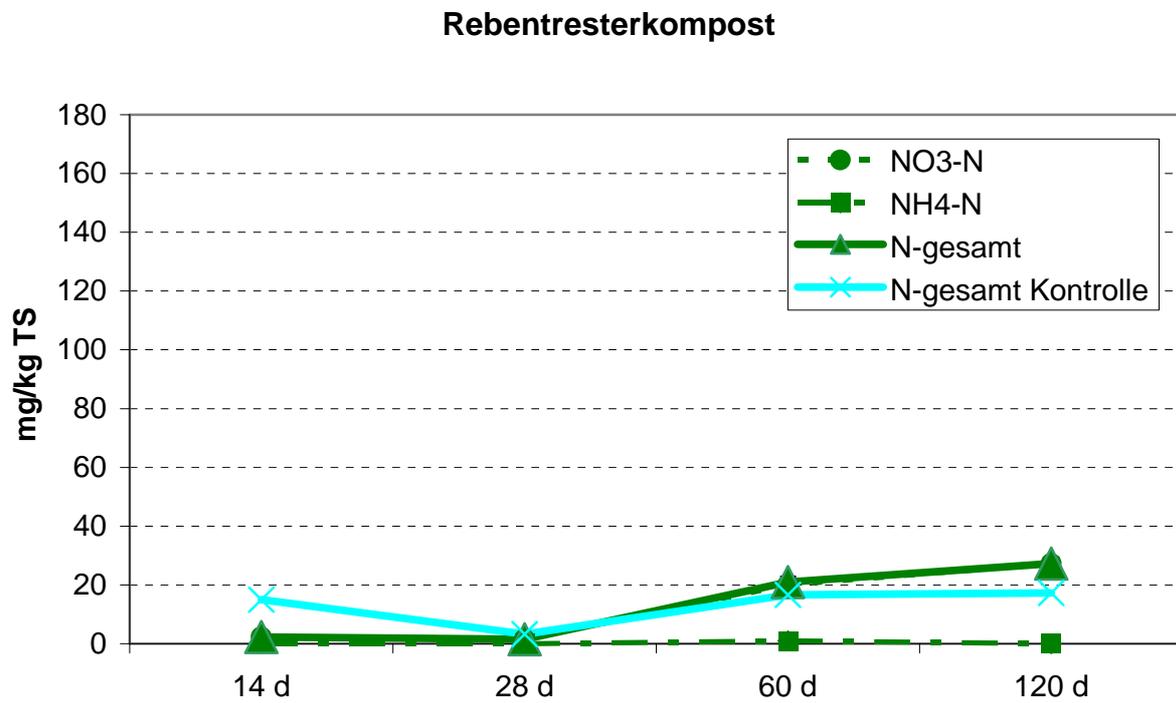
Preis: ca. 20 €/m³ *

Tab. 3: Düngemittelanalyse von Rebentresterkompost durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	1,99	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	74,4	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	0,3	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	1,6	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	0,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	0,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	94,5	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	5,5	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	20,1	VDLUF A Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	42,03	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	21,12	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 4: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Rebentresterschrot im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

5. Biochar

Herkunft: Universität Bozen

Definition: verkohlte Biomasse

Tab. 4: Düngemittelanalyse von Biochar durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

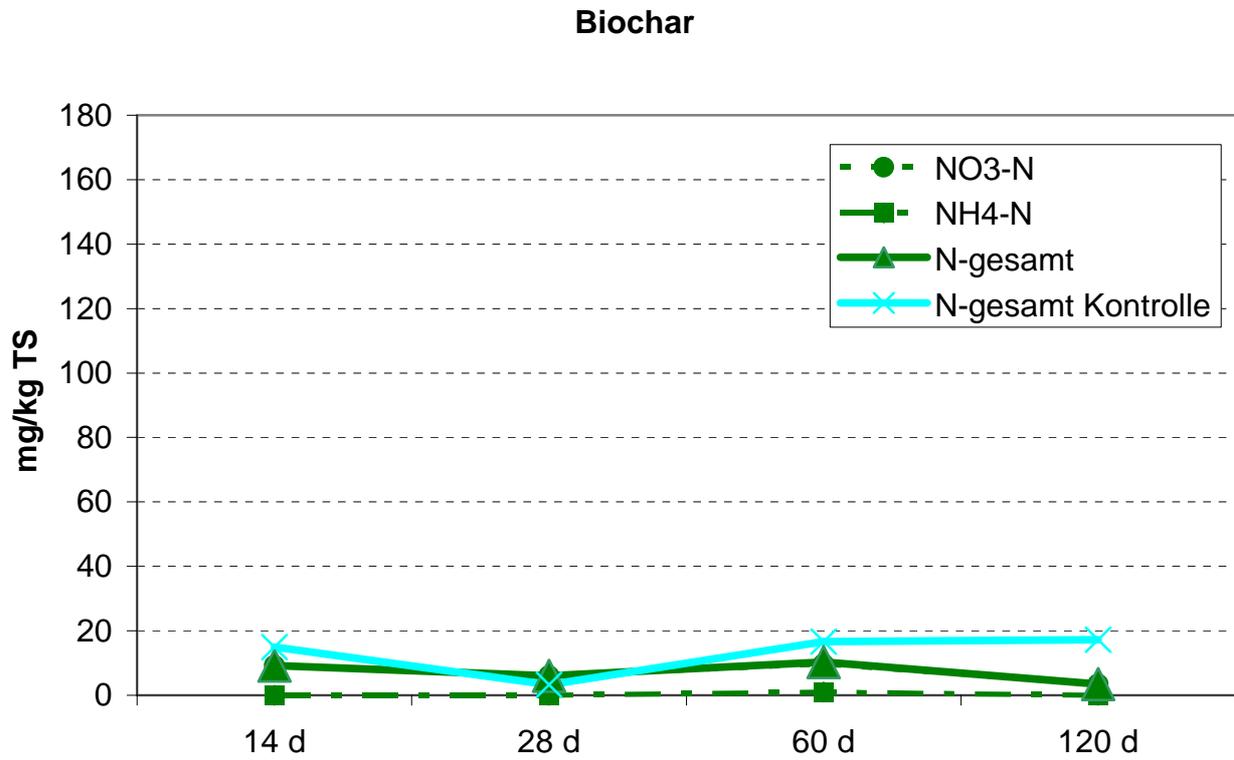
Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	1,28	Methode nach Dumas

Keine weiteren Nährstoffanalysen vorhanden, folgende Kurzbeschreibung entspringt <http://de.wikipedia.org/wiki/Biokohle>.

Biokohle (engl. *biochar*) ist durch Pyrolyse oder hydrothermale Karbonisierung "verkohlte" Biomasse (Grünschnitt, Viehmist, Trester, Klärschlamm, Bioabfall, ...). In ihrer Herstellung und ihren Eigenschaften ähnelt Biokohle konventioneller Holzkohle. (Holzkohle ist im Prinzip nur eine Spezialform der Biokohle.) Wie Holzkohle, wird auch Biokohle in so genannten Kohlenmeilern hergestellt. Im Gegensatz zu Holzkohle, die vor allem als Brennstoff genutzt wird, wird Biokohle aber nicht primär zur Verbrennung sondern zur Verwendung als Bodenverbesserer (Dünger) in der Land- und Forstwirtschaft hergestellt. So bildet Biokohle beispielsweise die Grundlage der traditionellen brasilianischen Terra preta.

Da Biokohle über tausende Jahre stabil im Erdboden verbleibt und somit Kohlenstoffsinken bildet, ist sie in neuerer Zeit neben ihrer Rolle als Bodenverbesserer zunehmend als mögliches Werkzeug für den Klimaschutz ins Blickfeld gerückt. Biokohle steht im Zentrum der neuen agronomischen Perspektive des Klimafarmings, bei dem der landwirtschaftliche Auftrag über die Nahrungsmittelproduktion hinaus auf den Klimaschutz ausgedehnt wird. So kann aus naturbelassenen Bioabfällen bereits Kohle hergestellt werden, deren Brennwert zwischen der von Braun- und Steinkohle liegt. Sie ließe sich als Primärenergieträger einsetzen.

Grafik 5: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Biochar im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

6. Sonnenblumenpresskuchen

Herkunft: aus Biodieselherstellung (AIEL, Legnaro (PD))

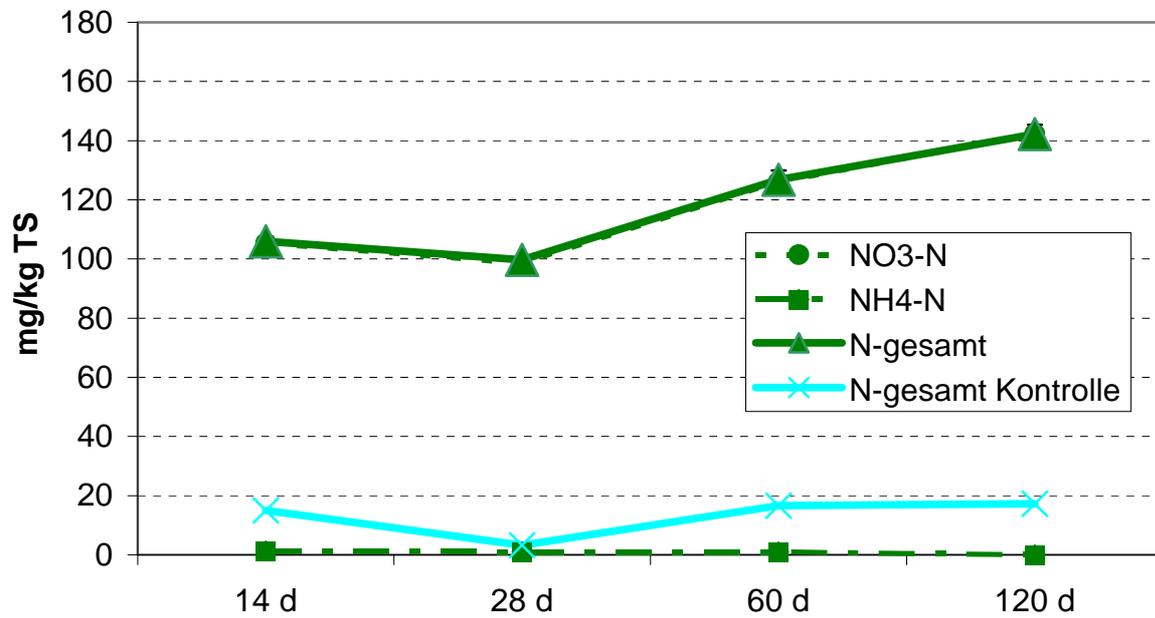
Tab. 5: Düngemittelanalyse von Sonnenblumenpresskuchen durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	4,26	Methode nach Dumas

Keine weiteren Nährstoffanalysen vorhanden.

Grafik 6: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Sonnenblumenpresskuchen im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)

Sonnenblumenpresskuchen



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

7. Azocor 105

Vertreiber: Fomet s.p.a.

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: Soja, Maispresskuchen, Hornmehl, Geflügelfedermehl (Pellet)

Nährstoffgehalt N:P:K (laut Hersteller): 10,5 : 1,5 : 1,5

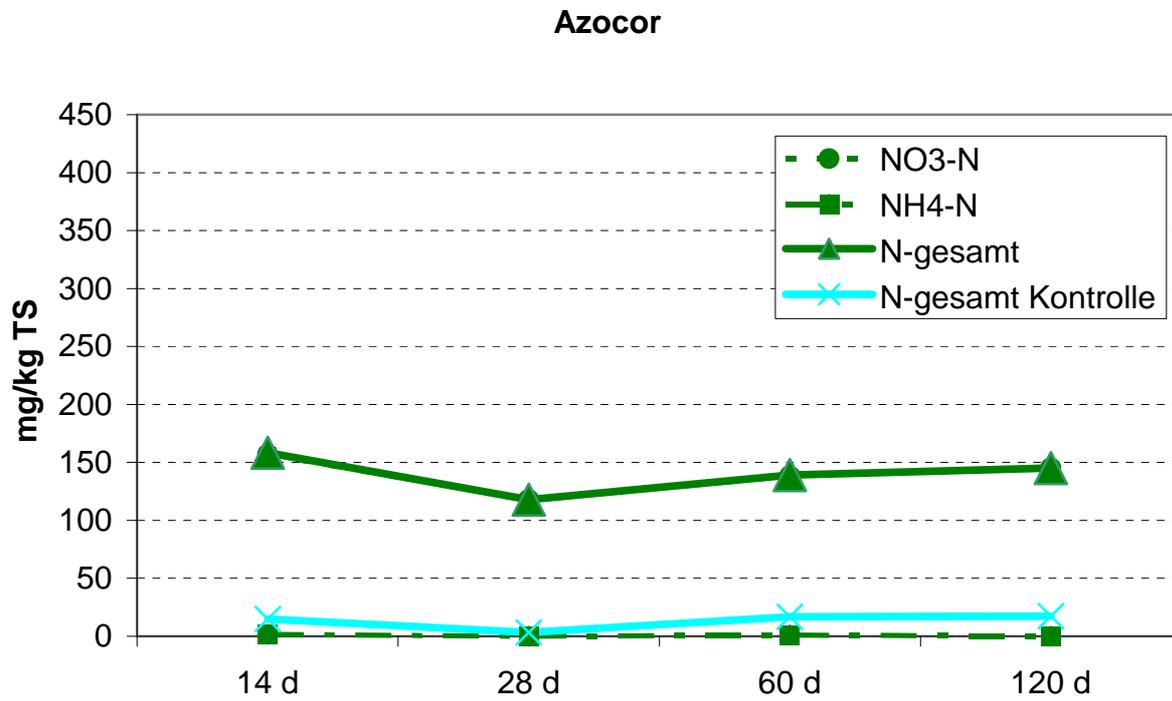
Preis pro 100 kg: ca. 38,30 Euro *

Tab. 6: Düngemittelanalyse von Azocor durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	9,91	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,01	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	78	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	2,2	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	0,4	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	0,7	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	0,3	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	94,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	5,3	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	16,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	27,92	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	2,82	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 7: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Azocor im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

8. Agrobiosol

Vertreiber: Sandoz GmbH

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: Pilzbiomasse (Granulat)

Nährstoffgehalt N:P:K (laut Hersteller): 6-8 : 0,5-1,5 : 0,5-1,5

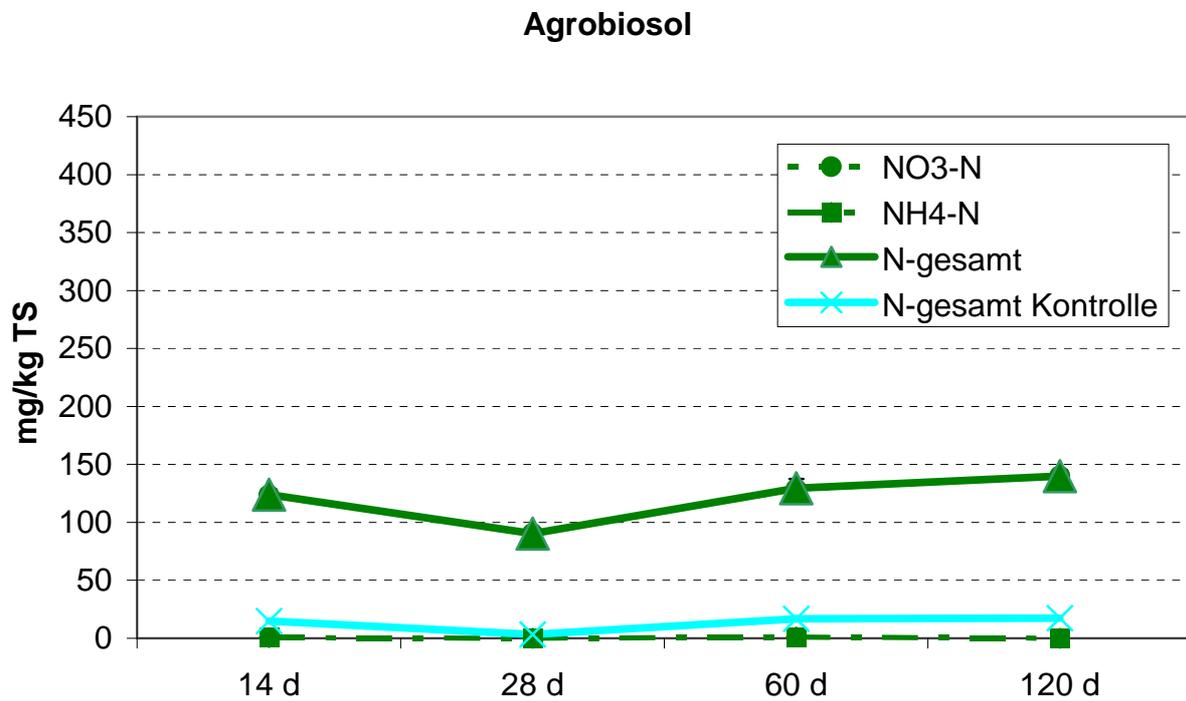
Preis pro 100 kg: ca. 39,60 Euro *

Tab. 7: Düngemittelanalyse von Agrobiosol durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	6,66	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,01	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	0,3	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	89,6	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	0,6	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	0,9	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	0,6	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	95,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	4,3	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	6,1	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	35,67	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	5,36	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 8: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Agrobiosol im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

9. Condit

Vertreiber: Interfood Ost GmbH

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: hydrolysierte Molke (Käse), Naturkohlenstoff, gegorenes pflanzliches organisches Material, Holzkohle, Zeolith und Stickstoff

Nährstoffgehalt N:P:K (laut Hersteller): 5-7 : 1 : 2

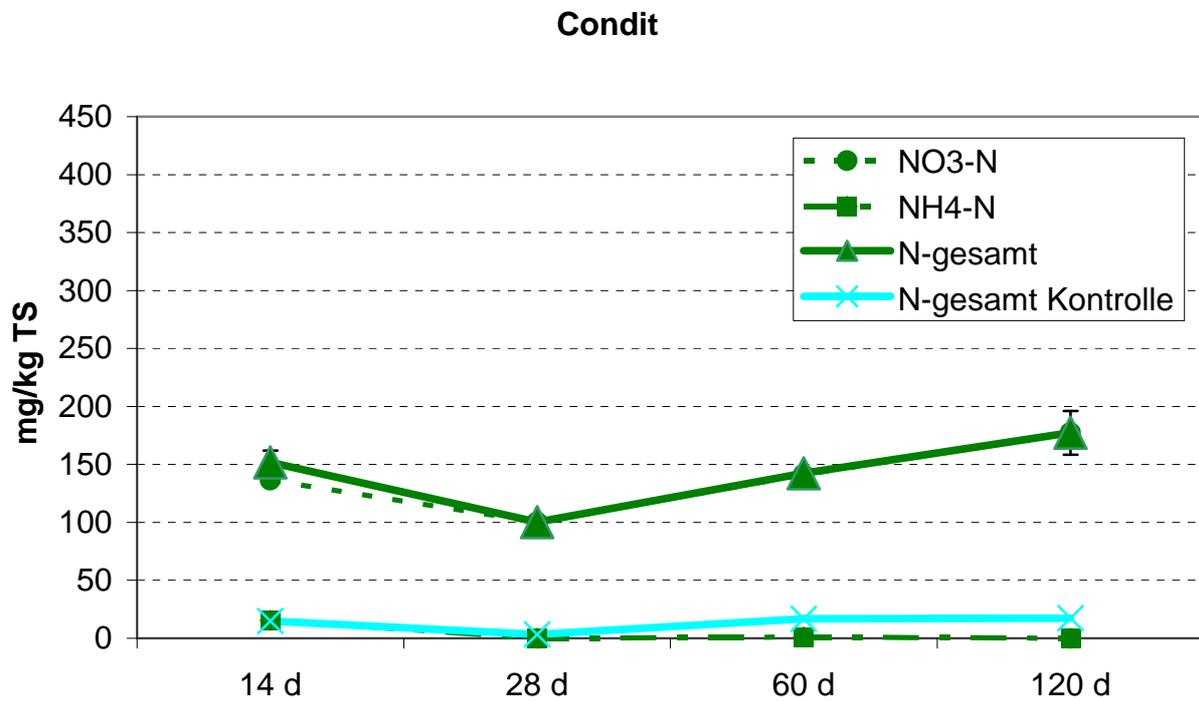
Preis pro 100 kg: ca. 41 Euro *

Tab. 8: Düngemittelanalyse von Condit durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	3,8	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	68,1	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	1,4	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	1,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	0,6	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	0,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	92,8	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	7,2	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	24,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	31,27	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	8,23	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 9: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes Condit im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

10. OPF (Organic Plant Feed)

Hersteller: Plant Health Care Inc., US

Vertreiber: Yves Kessler, ETM Vegetationstechnik

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: homogenisiertes Luzernenmehl, Auszüge von Melasse und Kali-Vinasse, biologisches Netzmittel Yucca (Auszug von *Yucca shidigera*) sowie Steinmehl (Phosphat)

Nährstoffgehalt N:P:K (laut Hersteller): 8 : 3 : 3

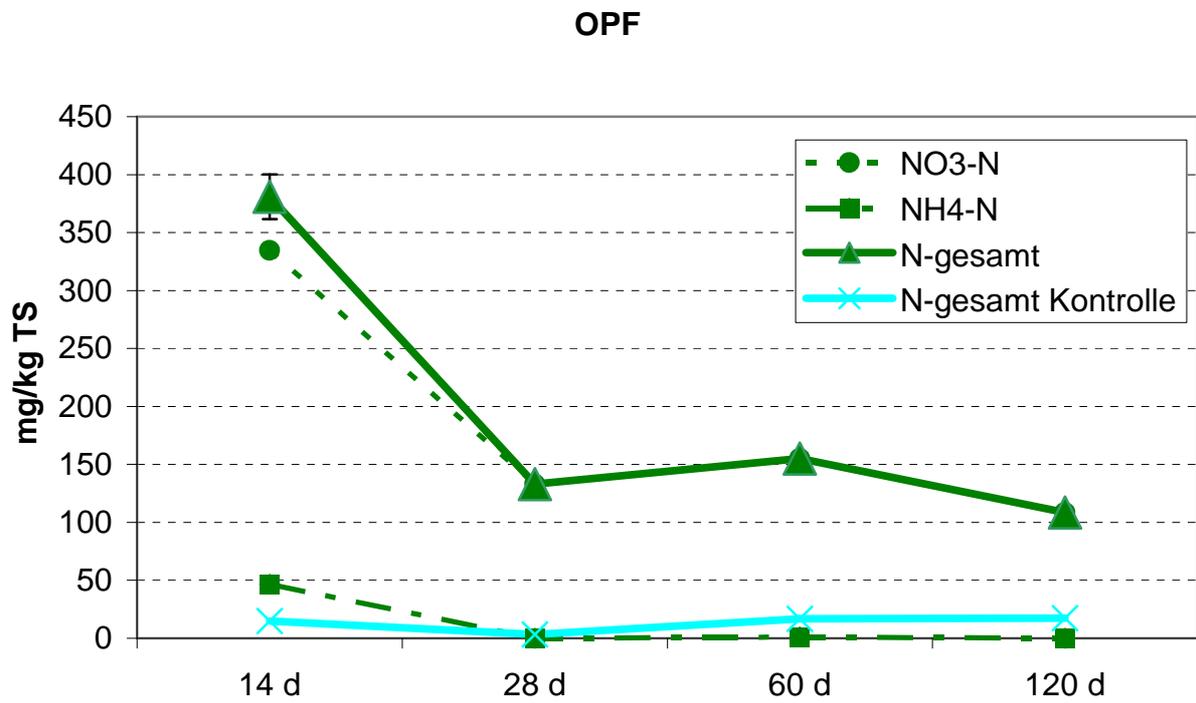
Preis pro 100 kg: ca. 200-300 Euro *

Tab. 9: Düngemittelanalyse von OPF durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	7,73	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	1,4	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	46,7	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	2,5	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	2,7	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	52	VDLUFÄ Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	48	VDLUFÄ Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	5,4	VDLUFÄ Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	27,09	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	3,5	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 10: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von OPF im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

11. Nutristart

Vertreiber: Lievitalia s.p.a.

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: Vinasse (flüssig)

Nährstoffgehalt N:P:K (laut Hersteller): 3 : 0 : 6,5

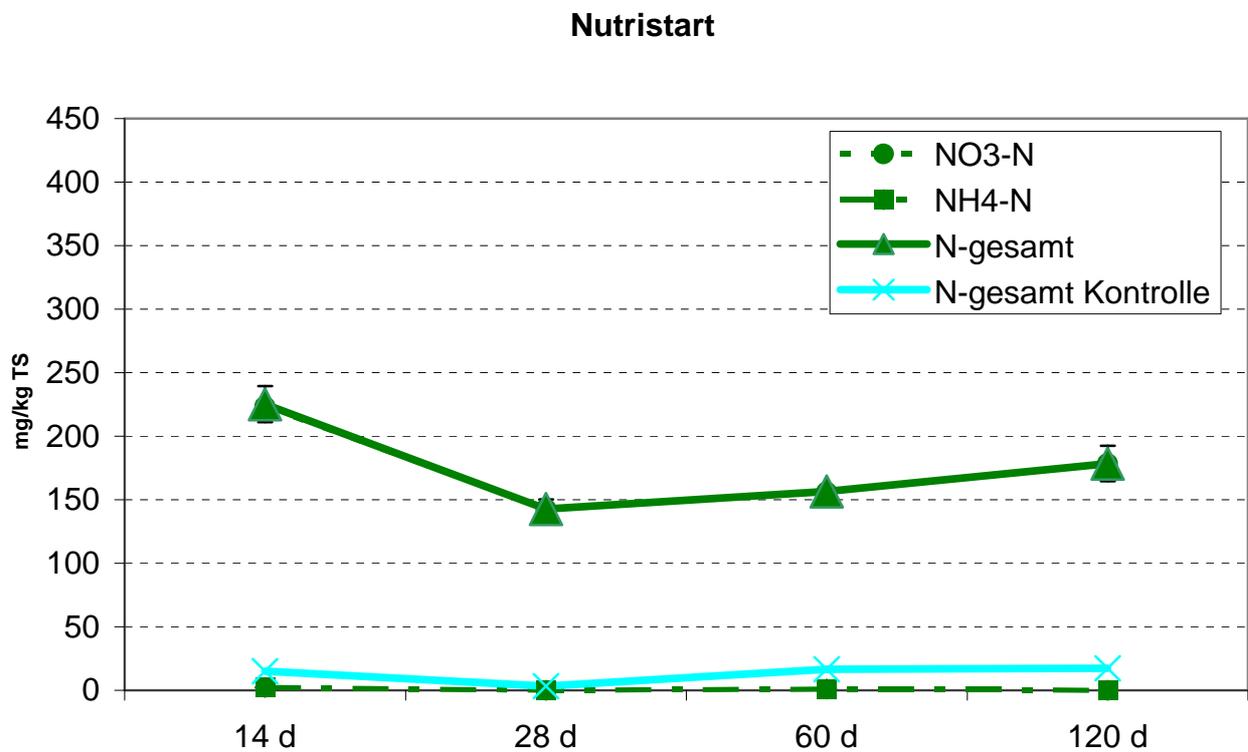
Preis pro 100 kg: ca. 12 Euro *

Tab. 10: Düngemittelanalyse von Nutristart durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	3,14	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	0,9	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	0,05	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	32,6	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	5,7	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	5,7	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	50,3	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	49,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	17,7	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	18,91	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	6,02	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 11: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Nutristart im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

12. Biogasgülle

Herkunft: Biogasanlage Aldein

Zusammensetzung und Ausgangsmaterialien: vergorene Gülle (flüssig)

Nährstoffgehalt N:P:K (allgemein): 0,5 : 0,2 : 0,7

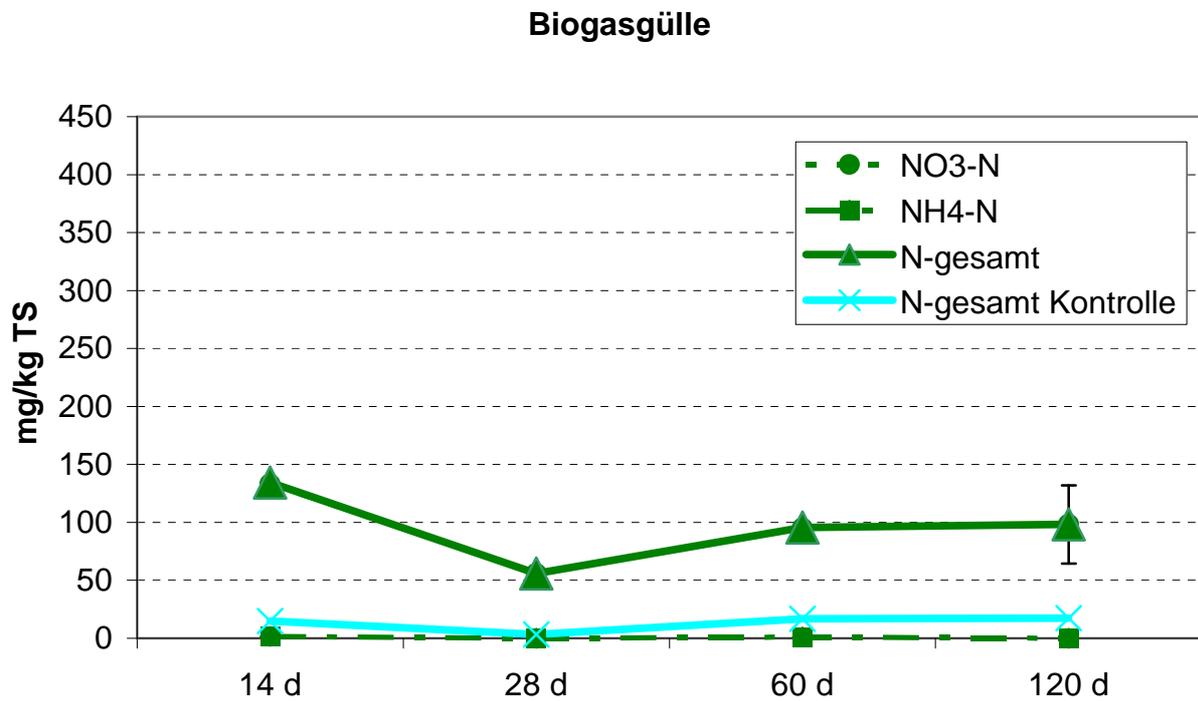
Preis pro m³: nur Transportkosten z.B. für 30 km ca. 10 Euro *

Tab. 11: Düngemittelanalyse von Biogasgülle durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg (% der Frischmasse)

Parameter	Wert	Methode
Stickstoff (N)	0,3	Methode nach Dumas
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ ⁻) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ ⁺) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Organische Substanz	4,6	Berechnung aus Trockenmasse und Asche
Phosphat (P ₂ O ₅)	0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Phosphat (P ₂ O ₅) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O)	0,4	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Kali (K ₂ O) im H ₂ O-Auszug	0,2	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO)	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Magnesia (MgO) im H ₂ O-Auszug	< 0,1	Reg. CEE Nr.2003 vom 13.10.2003
Trockenmasse	7,1	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Feuchtigkeit	92,9	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Asche	2,5	VDLUFA Methodenbuch I A 2.1.1
Organischer Kohlenstoff C	2,67	Bestimmung mit Elementarkatalysator
C/N - Verhältnis	8,89	Berechnung

* Die Preisangaben können je nach Anbieter und Bezugsmenge sowie zeitlich Schwankungen unterworfen sein.

Grafik 12: Verlauf des mineralischen Stickstoffgehaltes von Biogasgülle im Boden (N-Min, NO₃-N, NH₄-N) während der Bebrütung im Labor im Vergleich zur Kontrolle (Versuchsreihe 1)



Die Skalierung der Grafiken der organischen Düngemittel 1-8 sieht **180** mg/kg TS, die der Grafiken der organischen Düngemittel 9-14 sieht **450** mg/kg TS als Obergrenze vor.

Düngerranking Versuchsreihe 1

Tab. 12: Rangordnung der Düngemittel in der Versuchsreihe 1 nach der Stickstoffmineralisierungsrate zu den Analyseterminen 14 und 28 Tage (Mittelwert) sowie 120 Tage (Mittelwert aller vier Termine)

Variante	14 und 28 d		über alle Termine	
	Rang (von 12)	in %	Rang (von 12)	in %
OPF	1	107,77	1	78,85
Nutristart	2	76,03	2	70,74
Azocor	3	56,11	4	55,24
Condit	4	50,83	3	56,47
Agrobiosol	5	42,61	5	46,91
Sonnenblumenpresskuchen	6	40,76	6	45,93
Biogasgülle	7	37,45	7	36,11
Grünschnittkompost	8	3,21	9	2,94
Mist	9	2,72	8	3,85
Grünschnittkompost + Biochar	10	0,54	11	-1,58
Biochar	11	-0,65	12	-2,51
Rebentresterkompost	12	-3,15	10	-0,02

Tab. 13: Höchste Stickstoffmineralisierungsrate der untersuchten Düngemittel

Variante	Höchstwert Mineralisierungsrate
OPF	159,13
Nutristart	91,41
Azocor	62,32
Condit	69,57
Agrobiosol	53,37
Sonnenblumenpresskuchen	54,35
Biogasgülle	51,96
Grünschnittkompost	3,80
Mist	6,63
Grünschnittkompost + Biochar	1,52
Biochar	1,20
Rebentresterkompost	4,35

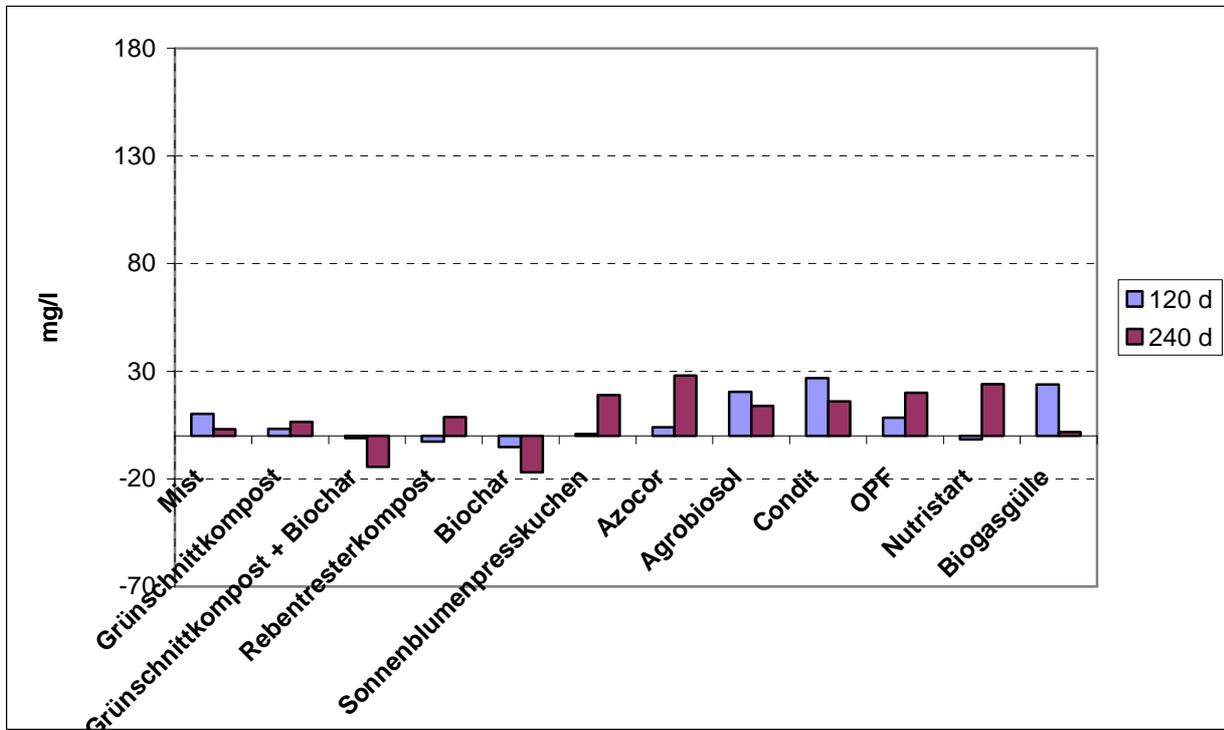
bei 14 Tagen

bei 28 Tagen

bei 120 Tagen

Mineralischer Stickstoffgehalt nach Auswaschung – Versuchsreihe 2

Grafik 13: Mineralischer Stickstoffgehalt (in mg/l) nach 120 und 240 Tagen Bebrütung und Auswaschung mit 0,5 l CaCl bei subtrahiertem Stickstoff der Kontrollvariante



Düngerranking Versuchsreihe 2

Tab. 14: Rangordnung der Düngemittel in der Versuchsreihe 2 nach der Stickstoffmineralisierungsrate zu den Analyseterminen 120 sowie 240 Tage

Variante	120 d		240 d	
	Rang (von 12)	in %	Rang (von 12)	in %
Condit	1	11,68	5	6,98
Biogasgülle	2	10,38	10	0,75
Agrobiosol	3	8,92	6	6,08
Mist	4	4,47	9	1,35
OPF	5	3,68	3	8,67
Azocor	6	1,72	1	12,18
Grünschnittkompost	7	1,40	8	2,80
Sonnenblumenpresskuchen	8	0,38	4	8,23
Grünschnittkompost + Biochar	9	-0,46	11	-6,26
Nutristart	10	-0,70	2	10,42
Rebentresterkompost	11	-1,18	7	3,82
Biochar	12	-2,24	12	-7,35

Schwermetallanalyse der Düngemittel

Tab. 15: Schwermetallanalyse in g bzw. mg/kg Frischmasse durchgeführt vom Agrikulturchemischen Labor des Versuchszentrums Laimburg

		<i>Mist</i>	<i>Grünschnittkompost</i>	<i>Rebentrestekompost</i>	<i>Azocor 105</i>	<i>Agrobiosol</i>	<i>Condit</i>	<i>OPF</i>	<i>Nutristart</i>	<i>Biogasgülle</i>
Fe Eisen	g/kg	6,80	13,20	3,80	3,06	0,33	2,60	0,15	0,55	0,15
Al Aluminium	g/kg	7,45	13,45	4,20	0,08	0,14	10,20	0,12	< 0,01	0,21
Mn Mangan	mg/kg	168,00	641,00	134,00	60,89	8,57	149,00	19,00	17,98	16,55
Cu Kupfer	mg/kg	27,90	39,00	37,50	15,55	5,28	10,90	3,00	2,55	4,60
Zn Zink	mg/kg	81,80	136,00	36,00	91,56	7,62	61,60	27,00	5,75	17,00
Cr Chrom	mg/kg	16,30	39,50	10,30	24,30	7,80	2,30	4,00	12,10	0,70
Ni Nickel	mg/kg	13,00	19,50	172,00	23,70	6,20	2,56	1,80	12,60	0,40
Pb Blei	mg/kg	4,30	23,70	2,60	3,67	0,18	3,30	0,30	0,03	0,68
Co Cobalt	mg/kg	4,10	6,05	1,90	2,37	0,64	0,83	0,36	0,83	0,20
Hg Quecksilber	mg/kg	0,039	0,185	0,021	0,026	0,002	0,005	0,001	0,001	0,004
Cd Cadmium	mg/kg	0,303	0,250	< 0,001	0,095	0,005	0,049	0,190	0,012	0,002
As Arsen	mg/kg	4,60	2,90	1,20	3,80	1,60	< 1,0	< 1,0	2,90	< 1,0

Tab. 16: Schwermetalleinbringung in kg bzw. g bei einem Stickstoffaufwand von 90 kg

		<i>Mist</i>	<i>Grünschnittkompost</i>	<i>Rebtresterkompost</i>	<i>Azocor 105</i>	<i>Agrobiosol</i>	<i>Condit</i>	<i>OPF</i>	<i>Nutristart</i>	<i>Biogasgülle</i>
Eisen	kg	25,5	66,7	17,2	2,8	0,4	6,2	0,2	1,6	4,5
Aluminium	kg	27,9	68,0	19,0	0,1	0,2	24,2	0,1	0,0	6,3
Mangan	g	630,0	3.241,0	606,0	55,3	11,6	352,9	22,1	51,5	496,5
Kupfer	g	104,6	197,2	169,6	14,1	7,1	25,8	3,5	7,3	138,0
Zink	g	306,8	687,6	162,8	83,2	10,3	145,9	31,4	16,5	510,0
Chrom	g	61,1	199,7	46,6	22,1	10,5	5,4	4,7	34,7	21,0
Nickel	g	48,8	98,6	777,9	21,5	8,4	6,1	2,1	36,1	12,0
Blei	g	16,1	119,8	11,8	3,3	0,2	7,8	0,3	0,1	20,4
Cobalt	g	15,4	30,6	8,6	2,2	0,9	2,0	0,4	2,4	6,0
Quecksilber	g	0,146	0,935	0,095	0,024	0,003	0,012	0,001	0,003	0,120
Cadmium	g	1,136	1,264	0,005	0,086	0,007	0,116	0,221	0,034	0,060
Arsen	g	17,3	14,7	5,4	3,5	2,2	2,4	1,2	8,3	30,0

Abschlussanalysen nach der Bebrütungsphase

Tab. 17: Abweichung der Nährstoffwerte im Boden der verschiedenen Düngervarianten von den ermittelten Analysewerten der ungedüngten Kontrolle – Versuchsreihe 1

Bezeichnung	Humus (%)	pH	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	N gesamt	Salzgehalt (mg/100g)
Kontrolle	0,1	7,3	3	15	11	0,18	12	2	2	0,02	46
Mist	0,3	0,1	3	15	2	0,13	0	0	1	0,04	17
Grünschnittkompost	0,5	0,1	5	9	1	0,08	0	0	1	0,03	12
Grünschnittk. + Biochar	0,3	0,2	2	12	0	0,07	3	0	0	0,04	-7
Rebentrestekompost	1,1	0,1	0	10	2	0,17	1	1	0	0,03	1
Biochar	0,3	0,3	-1	8	0	-0,01	3	0	0	-0,01	-13
Sonnenblumenpressku.	0,4	0	4	4	3	0,02	2	0	1	0,02	49
Azocor	0,4	0,1	1	1	2	0,03	1	0	1	0,03	57
Agrobiosol	-0,1	0,1	1	0	1	-0,02	1	0	0	0,01	57
Condit	0,5	0,1	3	8	3	0,04	1	0	1	0,02	43
OPF	0,2	0,1	3	5	1	0	2	0	1	0,01	58
Nutristart	0,3	0,2	-1	20	0	0,01	2	0	0	0,02	76
Biogasgülle	0,1	0,1	2	18	2	0,03	1	0	1	0	25

Tab. 18: Abweichung der Schwermetallgehalte im Boden der verschiedenen gedüngten Varianten von den ermittelten Analysewerten der ungedüngten Kontrolle – Versuchsreihe 1

Bezeichnung	Fe (g/kg)	Al (g/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Co (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Kontrolle	15,1	7,28	314	15	54	11	14	17	6,5	0,024	0,18
Mist	0,37	0,97	21	1	5	1	0	0	0,3	-0,004	0,01
Grünschnittkompost	0,66	1,55	28	2	3	2	1	0	0,4	0,000	0,03
Grünschnittk. + Biochar	0,93	1,15	49	2	7	3	1	1	0,4	0,002	0,04
Rebentresterkompost	0,33	1,37	18	1	1	2	0	-2	0,4	0,003	0,01
Biochar	0,29	0,89	17	1	2	2	0	-1	0,5	-0,010	0,02
Sonnenblumenpressku.	0,74	1,08	25	2	3	2	1	-1	0,4	0,001	0,02
Azocor	0,06	0,2	1	1	-1	2	0	-2	0,1	0,015	0,03
Agrobiosol	0,11	1,32	17	1	-1	2	0	-3	0,4	0,003	0,00
Condit	0,96	1,18	31	3	11	2	1	2	0,5	0,000	0,01
OPF	1,22	1,42	47	3	14	3	1	4	0,8	0,010	0,04
Nutristart	0,77	0,34	4	2	2	1	0	-1	0,1	-0,014	-0,01
Biogasgülle	0,01	0,25	2	1	-2	1	0	-3	-0,1	-0,010	-0,06

Tab. 19: Abweichung der Nährstoffwerte im Boden der verschiedenen Düngervarianten von den ermittelten Analysewerten der ungedüngten Kontrolle – Versuchsreihe 2

Bezeichnung	Humus (%)	pH	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	N gesamt	Salzgehalt (mg/100g)
Kontrolle	0,3	7,3	2	7	5	0,01	18	3	2	0,04	55
Mist	0,6	0,1	3	3	0	0,01	-1	0	1	0,03	-3
Grünschnittkompost	-0,1	0,1	4	0	0	0,01	0	-1	1	0,02	4
Grünschnittk. + Biochar	0,2	0,2	1	1	0	0	0	-1	0	0,01	33
Rebentresterkompost	0,6	-0,3	0	0	1	0	0	0	0	0,02	10
Biochar	0,1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	14
Sonnenblumenpressku.	0	-0,1	3	0	0	0	-1	0	0	0,01	14
Azocor	0	-0,1	1	-1	0	0,02	-2	0	0	0	4
Agrobiosol	0	0	1	0	0	0,02	-1	0	0	-0,01	1
Condit	0	0	2	0	0	0	-1	-1	0	-0,01	7
OPF	-0,2	0	2	-1	0	0	-2	-1	0	0	-4
Nutristart	-0,1	0,1	0	0	0	0	-1	-1	0	0,01	-2
Biogasgülle	0,1	0	3	2	0	-0,01	0	-1	1	0,02	0