

Einfluss von Fruchtfolgen zur Biomasseproduktion und Gärreste-Düngung auf Bodenstruktur und mikrobielle Aktivität

Reents, H.J.¹, Stollovsky, M.¹, Forster, F.¹, Lang, T.¹, Bauer, S.¹, Brandhuber, R.², Beck, R.²

Keywords: Biogas, Gärreste, Fruchtfolge, Aggregatstabilität, Boden.

Abstract

In a field experiment with five different main crop rotations and five subtypes for organic biogas systems, aggregate stability, organic carbon, total nitrogen and catalase were evaluated in the topsoil layer in spring 2010, 2011 and 2013 in a winter wheat stand. Aggregate stability was enhanced by variation of crop rotation but not on manuring with biogas slurry. Rotations with a higher percentage of legumes led to a higher aggregate stability. On the other hand catalase activity was improved by biogas slurry.

Einleitung und Zielsetzung

Biogaserzeugung ist eine wichtige Erwerbsmöglichkeit in landwirtschaftlichen Betrieben. Im viehlosen Öko-Betrieb ermöglicht dies einen betrieblichen Kreislauf von Nährstoffen mit einem mobilen Dünger bei hoher N-Verfügbarkeit, der ein höheres Ertragspotential ermöglicht. Der Biogas-Prozess entzieht dem System Kohlenstoff, vorwiegend die leicht abbaubaren Verbindungen, während andere Stoffkomponenten wie Lignine eher angereichert werden. Gleichzeitig sind in den Gärresten die N-Verbindungen besser verfügbar als in gemulchtem Material oder Mist. Die Umsetzungsprozesse im Boden werden durch den verfügbaren Stickstoff angeregt bei gleichzeitig geringerer Versorgung mit Energie aus dem Dünger. Dies führt zu der Vermutung, dass Gärrestdüngung bei gleichzeitig umfassender Abfuhr von Biomasse die Humusdynamik verändert. Fruchtfolgen haben einen zusätzlichen Einfluss, je nach Anteil humuszehrender (Mais, Getreide ohne Stroh) und humusmehrender Kulturen (Leguminosen).

Da sich Kohlenstoff (Corg) und Stickstoff (Nt) messbar nur über längere Zeiträume ändern, müssen andere Parameter als Indikatoren für Veränderungen im Boden untersucht werden.

Methoden

Der Versuch zur Fruchtfolgegestaltung für Biogasgewinnung wird seit 2004/05 auf der Versuchsstation Viehhausen der TU München durchgeführt: Standort: Tertiärhügelland ca. 30 km nord-östlich von München, 480 m N.N., Ø 797 mm Niederschlag, Ø 7,5 °C. Böden: Braunerden bis Parabraunerden sL- L, AZ Ø 55.

Es werden fünf verschiedene 4-feldrige Fruchtfolgen (FF Hauptvariante) untersucht. Die Standardvariante 1.1 wird wiederholt als FF4.1 und FF7.1 um Bodenunterschiede zu berücksichtigen. In Subvarianten im 4. Fruchtfolgefeld werden anderer Kulturen mit Triticale-GPS verglichen. Biogasgärreste werden entsprechend den geernteten

¹ Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Liesel-Beckmann-Straße 2, 85354, Freising. reents@wzw.tum.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, IAB, Vöttingerstr. 38, PLZ, 85354, Freising

Pflanzenmassen angepasst und zurückgeführt (s. Tabelle 1). Der Effekt der Biogasgärreste wird durch einen Vergleich mit einer ungedüngten Variante untersucht. Weizen ist das Nahrungsmittel innerhalb der Fruchtfolgen. Die Variation in den Fruchtfolgen zielt auf unterschiedliche Biomasseerträge und Erosionsschutz.

Daraus ergibt sich ein 2-faktorieller Versuch mit den Faktoren "Fruchtfolge" und „Biogasgärreste-Düngung“ in 4-facher Wiederholung. Er gliedert sich in 4 Blöcke, da alle FF-Felder in jedem Jahr angebaut werden. Die Parzellengröße des einzelnen Versuchsglieds beträgt 6x12m.

Tabelle 1: Fruchtfolgevarianten und Gärrest-Düngung in m³

Variante	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1
1. Feld m ³	Kleegras		Kleegras		Kleegras		KG		Kleegras		Kleegras	KG
2. Feld m ³	Weizen		Weizen		Weizen		Weizen		Weizen		Weizen	Weizen
Zwfr	Roggen		Wickroggen		Weißklee		Roggen		Senf/Rübsen		Kleegras	Roggen
3. Feld m ³	Mais		Sudangras		Mais		Mais		Mais		Kleegras	Mais
4. Feld m ³	Tri	WW	Tri	SoBl	Tri	Mais	Tri	Tri	SoBl	Tri	KG	Tri
	50	40	50	50	50	80	50	50	20	80	30	50

Die Probenahme für die Aggregatstabilität erfolgte in 3 Jahren am 7.4.10, 7.3.11, 4.4.13 in den Blöcken 2, 1 bzw. 3 jeweils im Winterweizen. Die Bodenproben wurden mit einem Grünlandprobenstecher entnommen, in 2010 und 2011 in 5 cm Tiefe, 2013 10 cm Tiefe. Die Proben wurden an der Luft getrocknet bis sie leicht siebbar (2 mm) waren und anschließend vollständig luftgetrocknet. Die Aggregatstabilität wurde mit der Siebtauch-Methode nach DIN 19683-16 unter Berücksichtigung des Sandanteils ermittelt. C und N wurden mit dem Vario Max Elementaranalysator nach der Methode Dumas bestimmt. Die Bestimmung der mikrobiellen Aktivität erfolgte mit der Katalasezahl nach Beck (1971) an einer naturfeuchten Probe, die nach der Probenahme 2013 im Feld separat kühl gelagert wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zur Aggregatstabilität und zum Humusgehalt beruhen auf drei Untersuchungen in drei verschiedenen Jahren. Sie wurden jeweils an Proben durchgeführt, die zu Vegetationsbeginn aus dem Block mit dem Winterweizen

Tabelle 2: Aggregatstabilität, Nt- und Corg-Gehalt sowie C/N-Verhältnis der Standard-Fruchtfolgen als Maß für Standortvariabilität

	Standardfruchtfolge			Block		
	1	4	7	1	2	3
Anzahl	24	24	24	56	56	56
Aggregatstabilität %	28,23a	31,71b	32,65b	38,43c	33,04b	29,69a
Nt %	,115	,125	,125	,114a	,119b	,135c
Corg % ¹⁾	1,14a	1,27b	1,24b	(1,32)	1,23	1,21
C/N-Verhältnis	10,05	10,33	10,35		10,33b	8,93a

¹⁾ ohne C-Carbonat Korrektur in Block 1, a-c Vergleich Tuckey B p=0,05

entnommen wurden. Es wurde davon ausgegangen, dass zu diesem Zeitpunkt die Effekte von Bodenbearbeitung und letzter Düngergabe keine Rolle mehr spielen,

Tabelle 3: Aggregatstabilität in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Triticale im 4.Feld und Gärreste-Düngung

	Aggregatstabilität %					
	F4_Triticale			F4_andere		
Haupt-FF	o.G.	m.G.	MW	o.G.	m.G.	MW
FF1	27,8	28,7	28,2a	34,0	33,9	34,0a°)
FF2	34,2	34,2	34,2c	37,1	35,3	36,2a
FF3	36,7	36,6	36,7d	36,4	36,1	36,3a
FF4	31,6	31,8	31,7b	.	.	.
FF5	32,2	33,1	32,6bc	35,1	34,9	35,0a
FF6	40,4	39,5	40,0e	42,2	41,6	41,9b
FF7	32,7	32,7	32,6bc	.	.	.
MW FF	33,7	33,8	33,7	37,0**	36,4*	36,7***

°) F4-, Gärreste- u. MW-Vergleich: t-Test *p=0,05;
 a-e: FF-Vergleich Tuckey B p=0,05

sondern nur noch die Langzeiteffekte von Fruchtfolgen und akkumulierter Düngung. Der Vergleich der Standardfruchtfolgen zeigt schlechtere Standortbedingungen im Bereich der FF1. Der Boden ist etwas sandiger und die Corg- und Nt-Gehalte zeigen ebenfalls niedrigere Werte. Die FF4 und FF7 sind sowohl hinsichtlich der Aggregate als auch C und N sehr gut vergleichbar. Hinter den Blockunterschieden verbergen sich

Bodenheterogenitäten, aber auch Jahreseffekte wie Winterwitterung und Bedingungen der Probenahme. Da die zeitliche Untersuchungsfolge Block 2, 1 und 3 war, die Stufung der Nt-Gehalte aber von 1 über 2 nach 3 zunimmt, wird eher eine räumliche Heterogenität angenommen als eine N-Zunahme in den letzten 2 Versuchsjahren.

Trotz einer räumlichen und zeitlichen Heterogenität ergeben sich in allen 3 Jahren bzw. den jeweiligen Flächen hinsichtlich der Versuchsfaktoren Düngung und Fruchtfolge die gleichen Aussagen für die Aggregatstabilität (keine Wechselwirkung mit den Blöcken). Die Zufuhr von Gärresten hat die Aggregatstabilität gegenüber Varianten ohne Düngung nicht verändert (Tab. 3). Dagegen hat die Fruchtfolgegestaltung einen sehr deutlichen Einfluss. Der hohe Kleeergrasanteil in FF6 führt zu signifikant höherer Aggregatstabilität, die Wirkung des Weißkleebestandes im Mais hat ebenfalls eine bessere Aggregierung zur Folge. Die Standardfruchtfolgen, die Grünroggen zur Biomasseernte nutzen, weisen die geringste Aggregatstabilität auf, vergleichbar zur FF5, in der eine abfrierende Zwischenfrucht vor dem Mais steht. Zusätzlich ergibt sich ein negativer Effekt der Triticale-GPS im Vergleich zu anderen Kulturen im 4. Feld der Fruchtfolgen. Das Ergebnis gibt eine deutliche Bestätigung, dass die Leguminosen, hauptsächlich wohl durch ihre Wurzelleistungen (Biomasse und Ausscheidungen), zur Aggregierung des Bodens beitragen. Ob der negative Effekt von Triticale-GPS auf der hohen Ertragsleistung und damit dem Anspruch der N-Nachlieferung aus dem Humus beruht oder dem zeitweise unbedeckten Boden nach der Ernte im Hochsommer, muss durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Da die Aggregierung ein Resultat biologischer Aktivität im Boden ist, wurde mit der Katalase-Zahl die mikrobielle Aktivität bestimmt. Die Untersuchung in Block 3 in 2013 zeigt eine signifikant höhere Zahl bei langjähriger Gärreste-Düngung (Tabelle 4). Die von den Fruchtfolgen ausgehenden Variationen sind statistisch nicht signifikant. Wenn beide Messgrößen auf mikrobieller Aktivität beruhen, so liegen anscheinend

unterschiedliche Prozesse zugrunde. Die Aggregierung wird vorwiegend durch Wurzelausscheidungen, Abbau von Wurzel- und Ernteresten und den davon

Tabelle 4: Einfluss von Fruchtfolge und Düngung auf Katalase

Haupt-FF	Katalase-Zahl						
	F4_Triticale		F4_andere		Gärreste		
	o.G.	m.G.	o.G.	m.G.	o.G.	m.G.	MW
FF1	11,67	14,54*	12,55	14,40	12,11	14,47*	13,29
FF2	13,92	15,76	12,09	12,98	13,01	14,37	13,69
FF3	13,39	14,85	12,96	14,74	13,17	14,79	13,98
FF4	12,52	15,00	.	.	12,52	15,00	13,76
FF5	14,14	15,08	12,15	12,10	13,14	13,59	13,37
FF6	12,83	13,43	12,27	13,80	12,55	13,61	13,08
FF7	12,25	14,26*	.	.	12,25	14,26	13,26
MW FF	12,96	14,70***	12,40	13,60*	12,73	14,24***	13,49

*) t-Test, *p=0,05

geförderten Mikroorganismen bewirkt. In der Regel ist die Wirkung umso höher je leichter eine Verbindung abbaubar ist, aber gleichzeitig ist der Effekt in der Zeit umso kürzer (Tisdall &

Oades 1982). Der Vergleich der Fruchtfolgen zeigt, dass vor allem die Leguminosen in einem deutlich höheren Umfang organische Substanz für diesen Prozess einbringen. Dem gegenüber sind in Gärresten schwer abbaubare Stoffgruppen (z. B. Lignine) angereichert, die zwar das Potential haben, die organische Substanz im Boden zu erhöhen und damit die Grundlage für die mikrobielle Aktivität zu verbessern, aber nicht für die Aggregierung genutzt werden können. Regenwürmer reagieren in Abundanz und Masse sowohl auf die Zufuhr organischer Substanz durch Pflanzen als auch durch Gärreste (Thoma-Rademacher 2010), d. h. FF6 mit Düngung und Klee gras weißt die höchste Population auf.

Die untersuchten Parameter zeigen Veränderungen der Bodeneigenschaften durch Fruchtfolge und Gärrestdüngung, haben allerdings unterschiedlichen indikatorischen Wert, je nach pflanzenbaulicher Maßnahme.

Literatur

- Bauer, S. (2013): Einfluss von Fruchtfolgen und Gärrestdüngung auf die mikrobielle Aktivität des Bodens im Biomasseversuch Viehhausen. B.Sc. TU München.
- Beck, T. (1971): Die Messung der Katalaseaktivität von Böden. In: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 130, 68-81.
- Forster, F. (2011): Einfluss von Biogas-Fruchtfolgen und Gärrest-Düngung auf die Aggregatstabilität des Oberbodens im ökologischen Anbau. B.Sc. TU München.
- Lang, T. (2013): Einfluss der Fruchtfolgegestaltung und Gärrest-Düngung auf die Aggregatstabilität des Bodens im Biomasse-Versuch Viehhausen. B.Sc. TU München.
- Stollovsky, M. (2010): Auswirkung von Fruchtfolge und Gärrest Düngung auf die Aggregatstabilität des Oberbodens im Biogas-Fruchtfolgeversuch Viehhausen. B.Sc. TU München.
- Thoma-Rademacher, Monika (2010): Einfluss von Energiepflanzen-Fruchtfolgen und Biogasgülle auf Regenwurmpopulationen B.Sc. TU München
- Tisdall, J. & Oades, J. (1982): Organic matter and water-stable aggregates in soil. Journal of Soil Science 33, 141 - 163.