

Einige Versuchsergebnisse über das Einarbeiten von Stroh und anderen organischen Düngern auf Ton-, Sand- und anmoorigen Böden der Niederlande

VON L. C. N. DE LA LANDE CREMER *)

Das Institut für Bodenfruchtbarkeit und der Landwirtschaftliche Beratungsdienst hat in den Niederlanden nach dem letzten Weltkrieg mit Untersuchungen über die verschiedenen Möglichkeiten der Strohverwertung begonnen. Diese Versuche umfaßten das Verarbeiten von Stroh zu Kompost oder Gärmist, die Effekte des Strohverbrennens und die des Einackerns von Stroh.

Nach einer Kurzfassung der Resultate der drei erstgenannten Verwertungsversuche werden wir etwas ausführlicher auf die Resultate einiger Dauerversuche mit Strohdüngung im Vergleich zu anderen organischen Düngern eingehen. Erst muß aber erläutert werden, wie die Effekte der organischen Düngung gemessen wurden. Dazu wurden Versuche ausgewählt mit steigenden Stickstoffgaben mit und ohne organischen Dünger. Die Phosphorsäure- und Kaliversorgung in diesen Versuchen ist optimal gehalten. Der „organische Substanzeffekt“ oder „Resteffekt“ ist nun die Differenz (a) (Abbildung 1) zwischen den Erträgen der mit organischem Dünger bzw. ausschließlich Mineraldünger gedüngten Versuchsobjekten bei optimaler Stickstoffversorgung. Diese Ertragsdifferenz wird in Prozenten des maximalen Ertrags der Mineraldüngerobjekte angegeben. Die Ertragsmaxima der verschiedenen Kurven können auf verschiedenen Stellen hintereinander liegen je nachdem Stickstoff-Festlegung oder Stickstofflieferung durch den organischen Dünger stattfindet oder infolge eines größeren Stickstoffbedarfs auf Grund einer stark erhöhten Produktion. Abbildung 1 gibt schematisiert eine beschränkte Anzahl Möglichkeiten.

Strohkompostierung

Das Kompostieren von Stroh wird in den Niederlanden nur wenig angewandt, da es zu arbeitsaufwendig ist.

GERRITSEN u. a. (1) zeigten, daß mit Zusatz von Wasser und Stickstoff aus Stroh ein schöner, lockerer Kompost herzustellen ist. Zusatz von Kompostierungspräparaten oder Aktivatoren führt nicht zu besseren Resultaten. Der Düngewert dieser Strohkomposte ist niedrig. In den Niederlanden wird Strohkompost heutzutage nur bereitet als Ersatz von Pferdemist für die Champignonkultur, wenn zu wenig von diesem Mist zur Verfügung steht. Dieser Kompost wird dann mit organischen und anorganischen Zusatzmitteln angereichert.

Im Gartenbau kann das Stroh als Substitut für Gärmist aus Pferdemist für Treibbeete benutzt werden (2, 3). Die Zubereitung erfolgt heute für Tomaten- und Gurkenkulturen auf verschiedene Weise.

Strohverbrennung

Das Verbrennen von Stroh führt zu wechselnden Resultaten, die durch den Düngeszustand des Bodens bedingt sind. Auf armen Böden können ziemlich gute Erfolge auftreten, hauptsächlich durch die Kalizufuhr in der Strohasche. Weil Stroh in Schwaden verbrannt wird, kann die nachfolgende Frucht dadurch einen

*) Institut für Bodenfruchtbarkeit, Oosterweg 92, Haren-Groningen, Niederlande.

unregelmäßigen Stand zeigen. Auf gut gedüngtem Boden wird die Strohasche wenig ausrichten.

Abbildung 2 zeigt den Effekt des Abbrennens gegenüber dem des Einackerns von Stroh auf einem anmoorigen Boden mit 17% Humus. Trotz eines genügenden Kalivorrats des Bodens und einer ausreichenden Kalidüngung haben die Mineralien in der Strohasche noch eine Ertragserhöhung von 7% bewirkt. Die organische Substanz aus dem Stroh verdoppelte aber in diesem Fall den Erfolg dadurch, daß sie den Ertrag nochmals um 7% erhöhte.

Einackern von Stroh

Das Einackern von Stroh wurde auf verschiedenen Böden erprobt. Nicht alle Versuche oder alle Versuchsjahre sind geeignet, um die in der Einleitung genannten „Resteffekte“ zu erfassen. Nur Versuche mit genügend Stickstoffstufen können hierfür benutzt werden. Wie bekannt wechselt der Stickstoffbedarf nicht nur von Gewächs zu Gewächs, sondern bei demselben Gewächs auch von Jahr zu Jahr infolge der klimatologischen Einwirkungen im vorhergehenden und im laufenden Jahr. So gibt es Versuchsjahre, in denen die Stickstoffversorgung unzureichend war, um das Ertragsmaximum zu erreichen. Auf den mit ausschließlich Mineraldünger versorgten Objekten ist es oft möglich, das Ertragsmaximum durch Extrapolation zu ermitteln. Mit organischen Düngern, speziell mit Stroh ist das nicht immer möglich, weil die Ertragskurven oft anders gestaltet sind, speziell wenn die Stickstoffversorgung knapp ist. In solchen Fällen ist es dann nicht möglich, einen „Resteffekt“ zu bestimmen. Die folgenden Versuchsergebnisse sind also

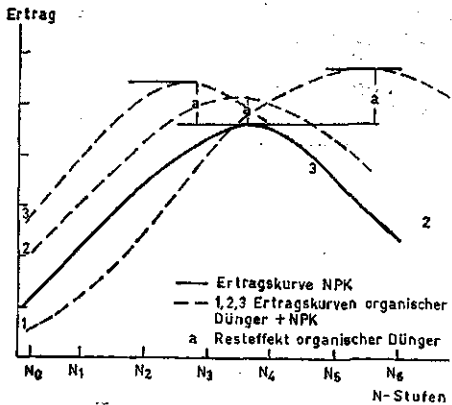


Abb. 1
 Schematische Darstellung der Bestimmung der „Resteffekte“

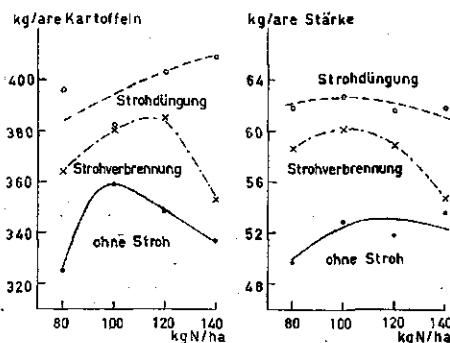


Abb. 2
 Strohverbrennung und Strohdüngung auf anmoorigen Böden WD 125 — 1952
 (Landw. Beratungsdienst W. Drenthe)

eine Zusammenfassung der Resultate aus Versuchsjahren mit gut meßbaren Resteffekten.

a) Anmoorige Böden

Auf anmoorigen Böden wurde bei 11 brauchbaren Versuchsjahren als „Resteffekt“ der organischen Düngung ein mittlerer Mehrertrag von 4,6% pro Jahr gefunden bei regelmäßigem Einackern von 40 bis 50 Doppelzentner Stroh je Hektar und Jahr (Tabelle 1).

Tab. 1

Ertragsdifferenz in % gegenüber nur Mineraldüngung = 100 durch Einarbeiten von Stroh auf anmoorigen Böden bei optimaler N-Düngung

Jahr	Versuchsnummer	Humus-%	Fruchtart	Ertragsdifferenz
1952*)	WD 125	17	Ind. Kartoffeln	+ 7
1951			Ind. Kartoffeln	+ 9,1
1952	Pr 1245	8	Hafer	+ 11,6
1953*)			Winterroggen	— 2,6
1954*)			Ind. Kartoffeln	+ 11,6
1959*)			Ind. Kartoffeln	+ 7,7
1960*)	Pr 927	18	Sommerweizen	— 1,3
1961*)			Hafer	+ 5,3
1962*)			Ind. Kartoffeln	+ 5,2
1964*)			Hafer	— 1,9
1966*)			Sommerweizen	— 1,0
Im Mittel aller Gewächse				+ 4,6
Im Mittel der Kartoffeln				+ 8,1
Im Mittel der Getreidearten				+ 1,7

*) 40 bis 50 dz/ha Stroh im vorhergehenden Herbst eingearbeitet.

Kartoffeln reagierten mit einem mittleren Mehrertrag von 8,1% besser als Getreide, das nur eine Ertragserhöhung von 1,7% aufwies. Auf diesen Böden mit starkem Industriekartoffelanbau, ist es also zweckmäßig, das Stroh vor dem Anbau von Kartoffeln einzuarbeiten und vor dem Anbau von Getreide dem Stroh eventuell eine andere Bestimmung zu geben.

Zu diesen Versuchsergebnissen kann bemerkt werden, daß die Strohdüngung dieser Versuche immer ziemlich spät vorgenommen wurde. Es ist daher nicht undenkbar, daß bei rechtzeitigem Einackern von Stroh auf diesen Böden noch etwas bessere Resultate zu erhalten sind.

b) Sandige Tonböden

Nachdem im Jahre 1930 der erste neue Polder in der ehemaligen Zuiderzee trockengelegt worden war, wurde 1933 auf diesem neu gewonnenen Boden, ein sandiger Ton (25% < 16 µ), ein Versuch angefangen mit und ohne organische Düngung. Bis zum letzten Weltkrieg bestanden die Versuchsvarianten aus Mineraldünger, Gründünger und Stallmist. Nach diesem Krieg wurden Stroh, Kehrriekompost und Wechselwiese hinzugefügt. Das NPK-Objekt erhielt also seit Versuchsanfang keine organische Düngung. In Tabelle 2 sind ab 1950, dem ersten Versuchsjahr mit Strohdüngung, die Ertragsdifferenzen bei optimaler Stickstoffversorgung der organisch gedüngten Objekte gegenüber den nur mit Mineraldünger gedüngten zusammengebracht.

Tab. 2
Ertragsdifferenz in % gegenüber nur Mineraldüngung = 100 durch verschiedene organische Dünger bei optimaler N-Gabe auf sandigem Ton (25% < 16 μ)

Jahr Fruchtart	Stroh	Stallmist	Grün- düngung	Kehricht- Kompost**)	Wechsel- Wiese
1951 Kartoffeln	- 3,2 ^{*)}	0 ^{*)}	- 1,6 ^{*)}	0 ^{*)}	—
1952 Hafer (K+S)	+ 11,0	+ 8,8	+ 7,1	+ 8,8 ^{*)}	—
1953 Flachs (K+S)	- 6,1 ^{*)}	+ 2,4 ^{*)}	+ 2,4 ^{*)}	+ 5,5 ^{*)}	—
1954 Kartoffeln	+ 7,3 ^{*)}	+ 13,0 ^{*)}	+ 5,8 ^{*)}	+ 10,1 ^{*)}	—
1955 Sommerweizen (K+S)	+ 10,9	+ 13,1	+ 13,1	+ 9,1	—
1956 Erbsen (K)	+ 33,0	- 18,0 ^{*)}	- 14,0	+ 1,0 ^{*)}	—
1957 Zuckerrüben (Z)	+ 9,8	+ 12,7	0	+ 3,9	—
1958 Hafer (K+S)	+ 11,0	+ 12,9	+ 9,3 ^{*)}	+ 7,9	- 4,3 ^{*)}
1959 Flachs (K+S)	(+ 16,2 ^{*)}	(+ 29,6)	(+ 29,6)	(+ 35,9)	(+ 52,8)
1960 Kartoffeln	+ 20,6	+ 42,6 ^{*)}	+ 23,9 ^{*)}	+ 22,6 ^{*)}	+ 8,4
1961 Winterweizen (K+S)	+ 0,0	+ 12,0	+ 3,5	+ 3,5	- 1,0
1962 Erbsen (K)	+ 8,5 ^{*)}	+ 10,0 ^{*)}	+ 8,0 ^{*)}	+ 7,0 ^{*)}	+ 11,0
1963 Zuckerrüben (Z)	+ 4,7	+ 0,0	- 4,7	+ 0,0	n. b.
1964 Sommerweizen (K)	- 3,8	- 3,3	- 8,0 ^{*)}	- 8,6	- 8,0
1965 Flachs (K+S)	+ 12,5	+ 11,1	+ 9,0	+ 11,1	+ 15,3
1966 Kartoffeln	0,0 ^{*)}	+ 11,4 ^{*)}	+ 14,1 ^{*)}	+ 7,1 ^{*)}	—
1967 Winterweizen (K)	+ 3,8	+ 4,9	+ 3,8	+ 4,9	—
1968 Zuckerrüben (Z)	+ 1,2	+ 5,8 ^{*)}	+ 4,5 ^{*)}	+ 9,7 ^{*)}	0,0 ^{*)}

() Extrapoliert.

K = Korn; S = Stroh; Z = Zucker.

*) Organische Düngung im vorangehenden Herbst.

***) Wurde in den letzten Jahren wegen Mn-Mangels mit Mn behandelt.

Die „Resteffekte“ der unterschiedlichen organischen Dünger fluktuieren von Jahr zu Jahr erheblich. Sie sind am größten in den trockenen Jahren (z. B. 1959) und am geringsten in den Jahren mit einem kalten und zu nassen Sommer. In bestimmten Jahren kann viel Stickstoff mineralisiert werden aus dem Humus.

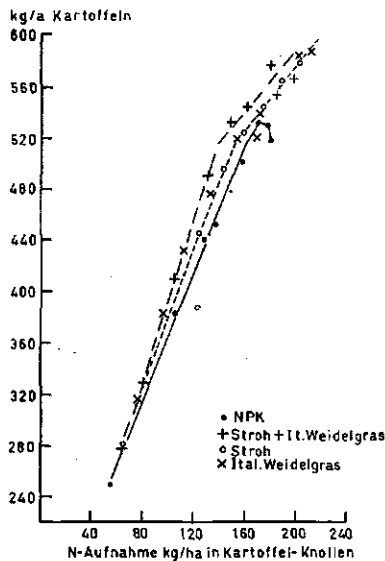


Abb. 3
Kartoffelertrag pro kg N-Aufnahme im
Kartoffelknollen

Wenn dann noch ein Zuviel an Stickstoff aus dem frischen organischen Dünger dazu kommt und der Stickstoffbedarf niedrig ist, wird die nachteilige Wirkung von einem Stickstoffübermaß durch die organische Düngung vergrößert. Ein stickstoffarmes Produkt wie Stroh kann in diesem Fall eine sehr günstige Auswirkung haben. Dieses ist z. B. zu sehen bei dem Erbsenertrag 1956 und in geringerem Maße auch bei dem Ertrag des (lagernden) Sommerweizens 1964.

Tabelle 3 faßt die Daten über einige Versuchsperioden und Gewächse zusammen,

Tab. 3
Mittlere Ertragsdifferenz in % pro Jahr gegenüber nur Mineraldüngung = 100
durch organische Dünger bei optimaler N-Gabe auf sandigem Ton (25% < 16 µ)

	Stroh	Stallmist	Grün- düngung	Kehricht Kompost	Wechsel- Wiese
Periode 1951/1968	7,6	9,4	5,3	7,7	—
Periode 1954/1968	8,7	11,9	7,5	8,9	—
Periode 1958/1965, 1968	8,3	15,1	10,0	11,1	9,3
4 (3) Kartoffeljahre	6,2 (9,3)	16,8 (22,3)	10,6 (14,6)	10,0 (13,3)	—
3 Zuckerrübenjahre	5,2	6,2	0,0	4,5	—
6 Getreidejahre	5,5	8,1	4,8	4,3	—
2 Erbsenjahre	20,8	— 4,0	— 3,0	4,0	—
3 Flachsjahre	7,5	14,4	13,7	17,5	—

() Exklusiv 1951, wegen Gewöhnung an die Strohdüngung.

In den ersten zwei bis drei Jahren muß der Boden sich noch an die Strohdüngung gewöhnen. Damit ein besserer Vergleich der Effekte auf längerem Termin möglich wird, sind daher auch die mittleren Ertragsdifferenzen über die Periode 1954/1966 errechnet, also unter Weglassung der drei ersten Versuchsjahre der Strohdüngungsvariante. Für die Wechselwiese wurden nur die Resultate der korrespondierenden Versuchsjahre miteinander verglichen.

Regelmäßige Versorgung dieses Bodens mit organischem Dünger erhöhte das Produktionsniveau gegenüber dem ausschließlich optimal mit Mineraldünger versorgten Boden im Mittel mit 7 bis 12% pro Jahr. Stallmist gab die besten Resultate. Auf viehlosen Betrieben kann dieser aber mit fast gleichem Erfolg durch andere organische Dünger ersetzt werden.

Ebenfalls auf sandigem Ton (18% < 16 µ) wurden in einem gleichartigen Versuch die folgenden Resultate erzielt (Tabelle 4).

Tab. 4
Ertragsdifferenz in % bei Kartoffeln durch organische Düngung gegenüber nur
NPK = 100 auf sandigem Ton (18% < 16 µ) bei optimaler N-Gabe

	1965		1968	
	Gesamt Ertrag	Gesamt Ertrag	Knollen > 45 mm	Trockensubstanz- ertrag
Stroh	10	9,6	16,9	7,2
Stroh + Klee	23	—	—	—
Stroh + Ital. Weidelgr.	—	6,8	11,8	6,4
Klee	20	—	—	—
Ital. Weidelgras	—	10,9	8,2	8,0

Hier wurden die Stickstoffstufen zur Bestimmung der „Resteffekte“ nur in den Kartoffeljahren angelegt.

Auch hier wurden deutlich Mehrerträge gegenüber „nur Mineraldüngung“ durch die Anwendung von Stroh und Gründünger erzielt. Die Kombination Stroh+Gründünger war im ersten Fall (Klee) etwas besser als Gründünger allein, im zweiten Fall (Italienisches Weidelgras) dagegen schlechter. Auch aus anderen Versuchen, die hier der Kürze halber nicht besprochen werden, ergab sich, daß diese Kombination von Stroh und Gründünger nicht immer besser abschneidet als die einzelnen Komponenten und daß das Ergebnis keine Summierung der einzelnen Resultate bedeutet. In anderen Versuchen, wo Stroh beim Umbruch alter Wiesen mit eingearbeitet wurde, konnte in den ersten drei Jahren sogar kein Effekt der Strohdüngung festgestellt werden, da die große Menge Stickstoff aus der sich zersetzenden organischen Substanz der Wiese den Stroheffekt überdeckte.

Im obigen Versuch mit Kartoffeln konnte im Jahre 1968 festgestellt werden, daß auf den mit Stroh und Gründünger versorgten Objekten mehr größere Kartoffeln geerntet wurden (Tabelle 4) und pro Einheit aufgenommenen Stickstoffs mehr Trockensubstanz und mehr Kartoffelknollen (Abbildung 3) produziert wurden als auf dem NPK-Objekt. Die Stickstoffausnützung war auf den organisch gedüngten Objekten also besser.

c) Sandböden

Man hört oft die Befürchtung, daß durch das vielfältige Einackern von Stroh der Boden zu puffig werden kann und dann ertragsmäßig zurückgeht. Tabelle 5

Tab. 5
Ertragsdifferenz in % gegenüber nur NPK = 100 durch 100 dz/ha/Jahr Stroh
auf einem Sandboden mit 5,5% Humus

Einarbeitungstiefe N-Zusatz im Herbst, kg/ha	Stroh im September als Strohecke bis bis Dezember Frühjahr		Stroh im Frühjahr			
	5—10 cm 70	10—15 cm 70	5—10 cm 70	5—10 cm 70	5—10 cm 70+70**)	
1957 Kartoffeln	— 17	— 19	— 15	— 20	— 17	— 10
1958 Bohnen	+ 2	— 6	+ 2	+ 6	— 4	+ 4
1959 Zuckerrüben	+ 67	+ 62	+ 66	+ 50	+ 44	+ 48
1960 Mais	+ 5	+ 0	+ 12	+ 3	+ 4	+ 9
N-Zusatz im Frühjahr, kg/ha	0	70*)	0	0	0	70
1961 Flachs	+ 10	+ 15	+ 5	+ 3	+ 6	+ 12
1962 Kartoffeln	+ 9	+ 15	+ 10	+ 6	— 6	+ 32
1963 Mohn	+ 8	+ 9	+ 2	— 11	0	+ 11
1964 Mais	+ 6	+ 14	+ 17	+ 11	+ 6	+ 7
1965 Zuckerrüben	+ 15	+ 19	+ 4	— 1	+ 2	+ 5
1966 Kartoffeln	+ 21	+ 40	+ 20	+ 21	+ 19	+ 33
1967 S. Gerste	+ 3	+ 8	+ 2	+ 2	+ 0	+ 13
1968 Mais	+ 18	+ 33	+ 8	+ 12	— 4	+ 12
Mittlerer Ertragsdifferenz 1961/1968	+ 11	+ 19	+ 5	+ 5	+ 3	+ 16

*) Einarbeitungstiefe seitdem auch 5—10 cm.

***) Frühjahr.

gibt die Resultate eines Versuches wieder, in denen seit 12 Jahren 100 dz Stroh je Hektar und Jahr auf einem Sandboden mit 5,5 % Humus eingeachert werden.

Auch hier fällt in erster Linie das stark fluktuierende Resultat dieser organischen Dünger auf. An der Spitze steht wieder der trockene Sommer 1959. Zweitens fallen die abnehmenden negativen Effekte während der ersten Versuchsjahre auf, wegen der Anpassung des Bodens an die neue Stickstoffwirtschaft. Diese negativen Effekte sind trotz der zusätzlichen Stickstoffgaben (neben der normalen Stickstoffdüngung) aufgetreten.

Aus diesem Versuch ergeben sich noch keine Anzeichen eines Produktivitätsrückgangs infolge eines Zupuffigwerdens des Bodens. Bei einer mehr der Praxis entsprechenden Strohzufuhr kommt uns daher diese Befürchtung unbegründet vor, wenigstens für die Produktivität. Möglich, daß bei der Bodenbearbeitung Schwierigkeiten entstehen können. Das ist in diesem Versuch aber nicht festzustellen.

Das Einarbeiten von Stroh im Herbst ergab in der zweiten Versuchsperiode einen Mehrertrag gegenüber nur NPK von 11 % pro Jahr, mit zusätzlichem Stickstoff im Frühjahr sogar 19 %. Eine Strohecke, die erst im Dezember eingearbeitet wird, erhöht die Erträge um 9 % und beim Einackern im Frühjahr um 5 %. Die nur akademische Möglichkeit, frisches Stroh im Frühjahr einzuarbeiten, ergab noch eine Ertragsverbesserung von 3 % und mit zusätzlichem Stickstoff sogar von 16 %.

Das C/N-Verhältnis des NPK-Objektes war in 1968 20,9, das des Strohdüngungsobjektes schwankte zwischen 18,6 und 19,7. Sowohl der Kohlenstoff- als auch der Stickstoffvorrat im Boden war infolge der Strohdüngung angestiegen (Tabelle 6).

Tab. 6
Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt (in %) eines Sandbodens
nach 12 Jahren Strohdüngung mit 100 dz Stroh pro ha und Jahr

	C	N	C/N
NPK	2,48	0,119	20,9
NPK + Strohecke bis Dezember	2,70	0,137	19,7
NPK + Strohecke bis Frühjahr	2,77	0,141	19,6
NPK + Stroheinackern September	2,70	0,142	19,0
NPK + Stroheinackern September + 70 kg/ha N*)	2,73	0,140	19,4
NPK + frisches Stroh im Frühjahr	2,74	0,144	19,0
NPK + frisches Stroh im Frühjahr + 70 kg/ha N*)	2,77	0,149	18,6

*) N-Zusatz im Frühjahr.

Organische Substanz oder Humus

Obwohl Stroh eine Erhöhung des Humusgehaltes des Bodens bewirkt, wird es in der üblichen landwirtschaftlichen Praxis schwer sein, diese Humuszunahme festzustellen, da der Anstieg nur langsam geht. Aus anderen hierfür speziell angelegten Versuchen ergab sich dabei, daß das humusbildende Vermögen von Stroh um 30 % niedriger ist als das von Stallmist, aber um 45 % größer als das von Gründünger. Organische Dünger sind aber nicht nur wertvoll wegen ihrer humusbildenden Wirkung. Die leicht zersetzliche organische Substanz liefert ebenfalls einen bedeutenden Beitrag zur Erhaltung oder Verbesserung der Bodenproduktivität (5—12 %) und übt einen guten Einfluß auf die Bodenstruktur aus. Es kommt deswegen in erster Linie darauf an regelmäßig organische Dünger anzuwenden, da ein optimaler Humusspiegel unter den üblichen landwirtschaftlichen Verhältnissen nur schwer zu erzielen ist und viel Zeit und Kosten beansprucht.

Zusammenfassung

Aus vieljährigen Versuchen in den Niederlanden ergibt sich, daß das Einarbeiten von Stroh und anderen organischen Düngern auf verschiedenen Böden eine bedeutende Verbesserung der Bodenproduktivität bewirkt. Diese steigt bei richtiger Anwendung dieser Dünger im Mittel um 5 bis 12% pro Jahr über das Niveau, das mit einer optimalen Mineraldüngung zu erreichen ist. Da der Humusanstieg nur sehr langsam vonstatten geht, ist die leicht zersetzliche organische Substanz in erster Linie für diese bedeutende Produktivitätsverbesserung verantwortlich.

Das Einackern großer Strohmenngen während der 12 Versuchsjahre hat die Produktivität eines Sandbodens nicht beeinträchtigt. Die Befürchtung des Puffigwerdens dieses Bodens war unbegründet.

Das sofortige Einschälen von Stroh bei der Ernte ohne oder mit einer Stickstoff-Ausgleichsdüngung im Frühjahr, gibt bessere Resultate als das Einackern einer Strohecke im Dezember oder im Frühjahr.

Schrifttum

1. GERRITSEN, F. C., J. A. GROOTENHUIS en G. KOLENBRANDER: De compostering van stro met en zonder compost-activators (with a summary: Composting straw with and without activators). Versl. landbouwkund. Onderz. 62, 1, 1956
2. GERRITSEN, F. C., A. MANTEN en F. M. MULLER: Kunstmatige broeimest uit stro (with a summary: Artificial hot-bed manure from straw). Meded. Direct. Tuinbouw 12, 1949, 140—149
3. GERRITSEN, F. C., A. MANTEN a. F. M. MULLER: Investigations concerning the preparation and application of substitutes for the present practice of using stable manure and cereal straw in the biological heating of hot-beds. Plant a. Soil 1, 3, 1949, 240—263