

Tagungsbeitrag zu:
 Jahrestagung der DBG
 Kom. IV / V165
 Titel der Tagung: Horizonte des Bodens

Veranstalter: DBG, September 2017,
 Göttingen
 Berichte der DBG (nicht begutachtete online
 Publikation)
<http://www.dbges.de>

³All-Russian Institute of Rice, Belozerny Str. 3,
 350921, Krasnodar; Kuban State University,
 Krasnodar, Russian Federation

⁴Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
 (ZALF) Müncheberg, Eberswalder Straße 84,
 D-15374 Müncheberg, Email: feulenstein@zalf.de

⁵Mitscherlich Academy for Soil Fertility, Prof.-
 Mitscherlich-Allee 1, 14641 Paulinenaue, Germany

Dynamik des Humusgehaltes in Dauer- düngungsversuchen auf Podsolböden aus lehmigem Sand

Lukin S.^{1,5}, Sychev V. G.^{2,5}, Romanenkov
 V.A.^{2,5}, Rukhovich O.V.^{2,5}, Belichenko
 M.V.^{2,5}, Sheudzhen A.K.^{3,5}, Schindler U.
⁵, Müller L.^{4,5}, Eulenstein F.^{4,5}.

ZUSAMMENFASSUNG/ SUMMARY

In einem 46 jährigen Dauerdüngungs-
 versuch mit der Fruchtfolge: einjährige
 Lupine – Winterweizen – Kartoffel –
 Sommergerste wurde festgestellt, dass
 C_{org} - Gehalt im Boden ohne Düngung auf
 0,093% sanken, was 15% vom
 ursprünglichen Zustand entspricht. Beim
 Einsatz der mineralischen Dünger sank der
 Humusgehalt auch, aber weniger im
 Vergleich zu Varianten ohne zusätzlicher
 Düngung. Der Einsatz von organischen
 Düngemittel ermöglichte die Stabilisierung
 und Zunahme des Humusgehaltes. Die
 größte Steigerung des Humusgehaltes in
 leichten Podsolböden erfolgten durch die
 Versorgung mit organischer Substanz in
 Form von Ernterückständen und
 organischen Düngemitteln.

SCHLÜSSELWORTE/ KEYWORDS:

Humusgehalt, Dauerdüngungsversuchen,
 Podsolböden, organische und mineralische
 Düngung

¹Russian Institute for Organic Fertilization and Peat
 (VNIIOU) 601390, Vladimir Oblast, Sudogodskiy
 Rayon, Vyatkinno 492.2 Russian Federation

²Pryanishnikov All-Russian Institute of
 Agrochemistry (VNIIA) of the Federal Agency of
 Scientific Organizations (FANO) Pryanishnikova
 Str. 31a, 127550 Moscow, Russian Federation

Einleitung/ INTRODUCTION

Leichte Podsolböden sind in der Nicht-
 Schwarzerde-Zone Russlands weit
 verbreitet. Die Gesamtfläche der
 Podsolböden beträgt 8,8 Millionen Hektar,
 davon sind 5,5 Millionen Hektar in der
 Nicht-Schwarzerde-Zone, was etwa 18
 Prozent der Gesamtackerfläche entspricht.
 Das größte Teil der leichten Podsolböden
 liegen in den Nord-West-, Nord - und
 Zentral-Regionen Russlands. Diese Böden
 sind mit geringer Fruchtbarkeit zu
 charakterisieren (Romanenko et al 1996).
 In unseren Untersuchungen wurden
 agrochemische Eigenschaften von 108
 (hundertacht) Kontrollproben der
 Dauerversuche auf den Podsolböden der
 Nicht-Schwarzerde-Zone analysiert.
 Unsere Analysen zeigen, dass es direkte
 Proportionalität zwischen dem Frucht-
 barkeitsindex und der Textur besteht.
 Grundsätzlich ist die potentielle
 Ertragsleistung der podsolierten
 Sandböden halb so hoch wie bei lehmigen
 Böden (Lukin 2009).

Der Humusgehalt hat eine große
 Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit
 (Lykov et al 2004).

Bei dem Dauereinsatz der organischen
 und mineralischen Düngung erhöht sich
 der Humusgehalt, wobei sich, von
 Mengenzufuhr abhängige Gleichgewichts-
 zustände im Boden einstellen. Diese sind
 von der Jahreszufuhr an organischer
 Substanz mit den organischen Düngern
 sowie der mit Pflanzenresten abhängig.
 (Oberländer H.-E. 1977; Schewzova et al
 2000).

Je nach den boden- und klimatischen
 Bedingungen ist der Gleichgewichtszu-
 stand des Humusgehaltes unterschiedlich.
 Deswegen ist die Bestimmung des
 Gleichgewichtszustandes des Humus-

gehaltenes der jeweiligen Böden für Optimierungsmaßnahmen von Bedeutung. Das Ziel der Forschungen ist die Untersuchung der Dynamik des Humusgehaltes in Dauerdüngungsversuchen, sowie die Bestimmung der stationären standortspezifischen Niveaus des Humusgehaltes und Optimierung der Zufuhr organischer Dünger für jeweilige Düngungssysteme.

METHODEN/ METHODS

Die Hauptuntersuchungen sind auf Basis der zwei Dauerversuche des Russian Institute for Organic Fertilization and Peat (Wladimirgebiet, Zentralregion Russlands) durchgeführt worden.

Der erste Versuch wurde im Jahr 1968 angelegt und wird in folgender Fruchtfolge durchgeführt: Lupinen – Winterweizen – Kartoffel - Gerste.

Zu untersuchen sind drei Düngungssysteme: organische, organisch-mineralische und mineralische Düngung. Das ganze geschieht mit zwei Niveaus, die von den Nährstoffen äquivalent sind mit 10 und 20 t Mist je Hektar pro Jahr. Die Größe der Parzellen beträgt 161 m².

Die Textur der Podsolböden besteht aus lehmigem Sand. Der Gehalt an Ton und grobem Schluff ($\leq 0,01$ Millimeter) beträgt in Ackerhorizont 18 %, in Illuvialhorizont – 29 und mehr Prozent.

In dem zweiten Versuch (im Jahr 1987 angelegt) wurde die Abhängigkeit des Humusgehaltes in dem Boden und die Erträge der Feldfrüchte untersucht. Dieser Versuch wurde auf Böden mit den Humusgehalten von 0,8; 1,5; 2,4; und 3,2 Prozent durchgeführt. Auf jedem Humusniveau ist die Effizienz unterschiedlicher Düngungssysteme untersucht worden: Mineraldünger, Mist, Stroh und Gründünger. Die Größe der Parzellen beträgt 0,25 m². Für die Bestimmung der Zeit, die für die Erreichung des Gleichgewichtsgehaltes gebraucht wird, wurde das Exponentialmodell der Kohlenstoffänderung nach Dalal R.C. and Mayer R.J., (1986a; 1986b; 1986c; 1986d) verwendet:

$C_t = C_e + (C_o - C_e) \exp(-kt)$, where C_t , C_e, C_o - Humusgehalt, k - constant of speed of loss of organic substance from soil, t - time.

EREBNISSE/ RESULTS

Die unterschiedlichen Düngungssysteme haben unterschiedliche Effekte auf die Erträge der Kulturpflanzen. Die Effizienz der organischen, organisch-mineralischen und mineralischen Düngungssysteme bei niedrigerem Düngungsniveau war ungefähr gleich, wobei mit erhöhter Nährstoffapplikation die organisch-mineralische Variante die größte Produktivität der Fruchtfolge aufwies. Die höchsten Erträge werden bei der Anwendung von Mist 10 t/ha + N100/P50/K120 erzielt (Tabelle 1).

Tab. 1: Der Einfluss der Düngersysteme auf die Produktivität der Fruchtfolge (im Durchschnittlich für 7 Rotationen)

Düngungs- variante	Ertrag von Kulturpflanzen, dt/ha				Pro- duk- tivi- tät t/ha G.U. pro Jahr
	Lu- pin (Grü- un- Mas- se)	Win- ter- wei- zen	Kar- to- ffel	Ger- ste	
ohne Düngung	222	18,0	115	13,0	23,9
Mist 10 t/ha	243	23,9	174	18,6	32,1
Mist 10 t/ha + N25P12K30	249	26,3	183	23,5	35,3
N50P25K60	250	25,7	178	26,6	35,6
Mist 20 t/ha	250	26,3	200	22,0	35,6
Mist 10 t/ha + N50P25K60	254	27,1	217	29,4	39,8
N100P50K120	255	26,1	198	29,1	38,3
Mist 10 t/ha + N100P50K120	268	27,3	219	30,4	40,8

Die Analyse der Dynamik des Humusgehaltes zeigen, dass die wesentlichsten Änderungen des Humusgehaltes in den ersten Jahren der Versuchsdurchführung erfolgten. Im

weiteren Verlauf stabilisierten sich die Humusgehalte. Die Stabilisierungsniveaus korrelieren mit der Menge des zugeführten organischen Düngers und der auf dem Feld verbleibenden Pflanzenreste. (Abbildung 1).

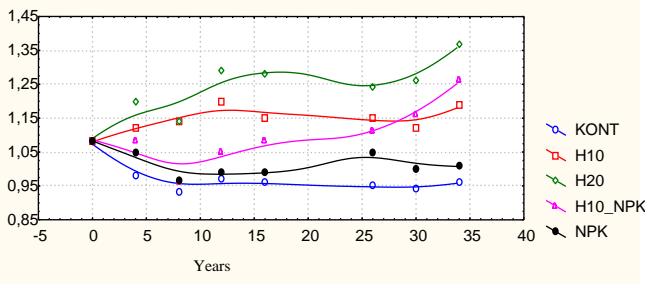


Abb. 1: Dynamik des Humusgehaltes im Boden (KONT – ohne Düngung, H10 – Mist 10 t/ha, H20 – Mist 20 t/ha, H10_NPK – Mist 10 t/ha +N50P25K60, NPK – N100P50K120)

Es wurde festgestellt, dass der C_{org} - Gehalt im Boden ohne Düngung auf 0,093% abnahm, was einer Abnahme von 15% vom ursprünglichen Gehalt entspricht. Die gleichen Änderungen treten bei der Anwendung der Phosphor-Kalium Düngung auf. Beim Einsatz der Stickstoff-Phosphor - Kalium Dünger sinkt der Humusgehalt ebenfalls. Aber deutlich geringer als im Vergleich zu Varianten ohne Düngung. Einsatz der organischen Düngemittel ermöglicht die Stabilisierung und Zunahme des Humusgehaltes. Bei der Anwendung des Stallmistes $10 \text{ t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ stieg der C_{org} - Gehalt auf 0,10% und bei $20 \text{ t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ auf 0,27%.

In der Abbildung 2 ist die jährliche Änderung der Kohlenstoffgehalte in einer Kontrollvariante dargestellt. Die größte Veränderung des Humusgehaltes erfolgt in den ersten 10 Jahren.

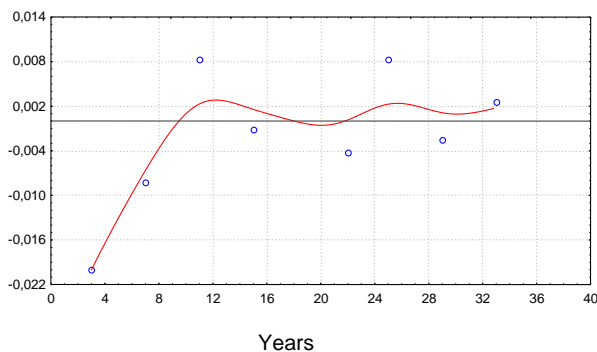


Abb. 2: Durchschnittliche jährliche Veränderung des C_{org} Gehaltes in einer Variante ohne Düngung, (Angaben in %)

Laut Exponentialmodell, ist die Stabilisierungszeit von der Art und Dosierung der Düngung abhängig. Für die Kontrollvariante ohne Düngung beträgt sie 8-10 Jahre, für Variante mit Mineraldüngung 12 Jahre, für Variante mit 10 t pro Hektar 16 Jahre und für Variante mit 20 t pro Hektar wurde die Stabilisierung auch nach 40 Jahren nicht erreicht. Das heißt, dass je mehr organischen Stoff dem Boden zugeführt wird, und je höher der Humusgehalt ist, desto länger ist die Stabilisierungszeit.

Die Ergebnisse des zweiten Versuches zeigen, dass die Änderung des Humusgehaltes auch von seinem Ausgangszustand abhängig ist. Für den ursprünglichen Humusgehalt von 3,2 Prozent betrug die Abnahme 0,6 Prozent, für 1,5 Prozent – 0,05 Prozent, und für Variante mit geringem Humusgehalt nahm er ohne Düngung sogar zu (Abbildung 3).

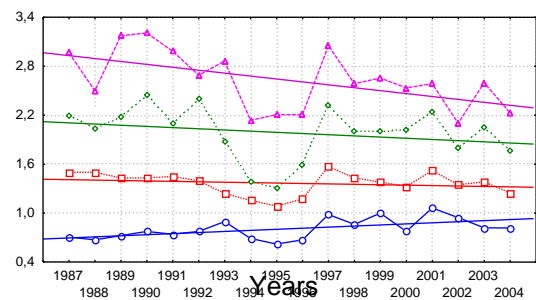


Abb.3 Die Dynamik des Humusgehaltes (%) im Experiment 2

Unter Berücksichtigung der Daten anderen Versuchen wurde ein Modell zur Abbildung der Humusgehaltsdynamik entwickelt. Als Variablen wurde folgende Parameter verwendet: Ausgangskohlenstoffgehalt, Menge des Stickstoffdüngers, Menge von organischen Düngern, Tongehalt des Bodens, Strohmenge, Anteil der Hackfrüchte in der Fruchtfolge und Anteil der mehrjährigen Grasanbaus. Auf Basis dieses Modells wurden die Mengen an organischer Düngung berechnet, die die optimale Humusbilanz in unterschiedlichen Fruchtfolgen gewährleisten. Es zeigte sich, dass die Humusbilanz sehr wesentlich von der Textur des Bodens und Struktur der Fruchtfolge abhängig ist (Tabelle 2).

Tab. 2: Die optimale Gaben von Stallmist in Fruchtfolgen auf leichten Podsolböden, t/ha pro Jahr

Fruchtfolge	Böden		
	Sand	leicht lehmige Sand	schwer lehmige Sand
Getreide-Brache	18-20	15-18	12-14
Getreide- einjährige Gräser	10-12	8-10	6-9
Getreide- Hackfrüchte	18-20	15-18	13-16
Getreide- mehrjährige Gräser- Hackfrüchte	6-8	4-6	3-5
Getreide- mehrjährige Gräser (25 % mehrjährige Gräser)	4-6	2-4	0-3
Getreide- mehrjährige Gräser (50 % mehrjährige Gräser)	0	0	0

SCHLUSSFOLGERUNGEN/ CONCLUSION

- Die Dynamik des Humusgehaltes ist wesentlich von Textur der Böden, dem Ausgangszustand des Humusgehaltes, der Art der Fruchtfolge und Menge der organischen und mineralischen Düngung und sowie dem Verbleib von Pflanzresten auf der Fläche abhängig.
- Der Einsatz der organischen Düngemitteln ermöglicht die Stabilisierung und Zunahme des Humusgehaltes. Bei der Anwendung des Stallmists $10 \text{ t ha}^{-1}\text{ya}^{-1}$ stieg der C_{org} - Gehalt auf 0,10% und bei $20 \text{ t ha}^{-1}\text{ya}^{-1}$ auf 0,27%.
- Die größte Veränderungen des Humusgehaltes in leichten Podsolböden erfolgt durch die Gestaltung der Fruchtfolge. Weiter stabilisiert sich der Humusgehalt in Böden auf den neuen Niveaus, in Abhängigkeit von der Versorgung mit organischen Stoffen durch Ernterückstände und organische Dünger.

LITERATUR

- Romanenko G.A., Komov N.V., Tyutyunikov A.I. Zemelnye resursy Rossii i effektivnost ich ispolzovaniya, M.: RASHN, 1996. – 307.
- Lukin S.M. Agroekologicheskoe obosnovanie system primeneniya udobrenij v sevooborotach na dernovo-pozolistykh pestschanykh i supestschanykh potschvach // Dissertatiya, M. 2009 - 405 s.
- Lykov A.M., Eskov A.I., Novikov M.N. Organicheskoe weschestvo pachotnykh potschw Nechernozemya. M. 2004. -630 s.
- Oberländer H.-E. Humus und organische Düngung im intensiven Ackerbau // Förderungsdienst, 1977, Bd. 25, № 11. S. 327-330.
- Schevzova L.K. et al. Issledovaniya balansa i transformatii humusa dernovo-podzolistykh potschw na osnove matematicheskogo modelirovaniya informatsionnoj bazy dlitelnykh opytov // Agrochemiya, 2000, № 9.
- Dalal R.C., Mayer R.I. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. Austr. J. Soil Res., 1986 a, vol. 24, 265-279.
- Dalal R.C., Mayer R.I. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. Austr. J. Soil Res., 1986 b, vol. 24, 281-292.
- Dalal R.C., Mayer R.I. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. III Distribution and kinetics of soil organic carbon in particle-size fractions. Austr. J. Soil Res., 1986 c, vol. 24, 293-300.
- Dalal R.C., Mayer R.I. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. IV Loss of organic carbon from different density functions. Austr. J. Soil Res., 1986 d, vol. 24, 301-309.