

Bd 32 (1979)

SH 35

102

243 - 248

SONDERDRUCK

aus

## LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG

Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs-  
und Forschungsanstalten

Mitherausgegeben von: H. Kick, Bonn; M. Kirchgeßner, München-Weihenstephan;  
H.-J. Oslage, Braunschweig-Völkenrode; U. Ruge, Hamburg; F. Scheffer t, Göttingen;  
E. Schlichting, Stuttgart-Hohenheim; O. Siegel, Speyer

SONDERHEFT 35

## KONGRESSBAND 1978

Vorträge  
gehalten auf dem 90. VDLUFA-Kongreß  
in Augsburg  
18. - 22. September 1978

Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung



J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

# Modell- und Gefäßversuche zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid

(Aus dem Lehrstuhl Pflanzenernährung der Technischen Universität München  
in Freising-Weihenstephan)

Von K. VILSMEIER und A. AMBERGER \*)

## Einleitung

Über die nitrifikationshemmende Wirkung von Dicyandiamid (DCD) liegen bereits mehrere Arbeiten in der älteren und neueren Literatur vor (NÖMMIK, 5; REDDY, 8; RATHSACK, 6, 7; SOMMER und ROSSIG, 8; AMBERGER und GUTSER, 1; VILSMEIER und AMBERGER, 11). Durch Dicyandiamid wird der erste Schritt der Nitrifikation ( $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2$ ) blockiert und damit Ammonium angereichert, dagegen bleibt die Reaktion ( $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ ) unbeeinflusst. Dicyandiamid selbst wird nach eigenen Untersuchungen nur sehr langsam, innerhalb von 60 bis 100 Tagen, abgebaut, abhängig vornehmlich von der vorgegebenen Menge, der Temperatur und in geringerem Maße auch von der Bodenfeuchtigkeit. Die Umwandlung erfolgt über Guaninylharnstoff, Guanidin (und wahrscheinlich Harnstoff) zu Ammonium, einer wiederum voll pflanzenverfügbaren Stickstoffform (AMBERGER und VILSMEIER, 3).

Der Zweck der folgenden Versuche war es, den Einfluß von Dicyandiamid nach unterschiedlicher Kalkstickstoffapplikation, bzw. nach Ammonsulfatdüngung direkt zum Boden gegeben, auf die Ammonifikation und Nitrifikation im Boden bzw. auf die Nitrataufnahme durch die Pflanzen zu untersuchen.

## Versuche und Methodik

### Modellversuch

**Ansatz:** 20 mg Cyanamid-N als gemahlener bzw. 16 mg Cyanamid-N als geperlter Kalkstickstoff wurden mit je 100 g Boden (suL, 19 % Ton, 1,1 % org. C, 0,12 % Ges.-N,  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  6,5) in 300 ml PVC-Flaschen gut vermischt, auf 26 % bzw. 75 % der maximalen Wasserkapazität (WK) eingestellt und bei 18 °C bebrütet. In einem weiteren Versuch wurden gemahlener bzw. geperlter Kalkstickstoff jeweils auf die Bodenoberfläche gestreut und 20 Tage lang unter luft-trockenen Bedingungen belassen. Danach wurde der Kalkstickstoff mit dem gesamten Bodenansatz vermischt, auf 26 % der maximalen Wasserkapazität eingestellt und die Umsetzung über 100 Tage hinweg verfolgt.

### Gefäßversuch

**Ansatz:** 0,8 g Ammonsulfat wurden (in Kick-Brauckmann-Gefäßen) mit 11 kg Boden (sL,  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  6,5) vermischt und entweder in das obere Drittel (3,5 kg Boden) 10, 20 bzw. 40 ppm Dicyandiamid gleichmäßig eingemischt oder als Lösung obenauf gegossen. Der Versuch lief unter Freilandbedingungen von Ende März bis Ende Juli und zwar in einer Reihe „ohne Bepflanzung“ und in einer mit Sommerweizen. Nach dem Auflaufen der Pflanzen wurden 2 mal je 0,3 g Ammonsulfat nachgedüngt.

\*) Dr. KLAUS VILSMEIER und Prof. Dr. ANTON AMBERGER, beide: Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan, D-8050 Freising.

### Methodik

- Dicyandiamid: Kolorimetrische Bestimmung mit 1-Naphtol und Diacetyl bei 540 nm (VILSMEIER, 10).  
Ammonium: Bestimmung mit einer selektiven Elektrode.  
Nitrat: Bestimmung mit einer selektiven Elektrode sowie photometrische Kontrollmessungen mit 2,4-Dimethylphenol bei 436 nm (BALKS und REEKERS, 4).

## Ergebnisse

### Nitrifikation von Kalkstickstoff in Abhängigkeit von Applikationsform und Dicyandiamidmenge

#### Einmischen in den Boden

Im Modellversuch unter konstanten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen führt das Vermischen von gemahlenem Kalkstickstoff (Ka) mit dem Boden nur zu einer sehr geringen Dicyandiamidbildung (etwa 1% der vorgelegten Cyanamidmenge) insbesondere bei geringer Bodenfeuchtigkeit. Eine Nitrifikationshemmung ist demzufolge nicht zu erwarten. Im Zeitraum von 60 und 100 Tagen steigt die Nitratbildung weiter an (Tab. 1).

Tab. 1

Nitratbildung (mg N/Ansatz) in Abhängigkeit vom Dicyandiamidgehalt des in den Boden eingemischten Kalkstickstoffs

Formation of nitrate (mg N/soil unit) depending on the dicyandiamide content of calcium cyanamide mixed into the soil

Ansatz:

100 g Boden + 20 mg Cy-N als gemahlener bzw. 16 mg Cy-N als geperlter Kalkstickstoff, 18 °C

Dauer der Bebrütung (Tage)	Kalkstickstoff							
	gemahlen				geperlt			
	Bodenfeuchtigkeit in % der maximalen Wasserkapazität							
	26	75	26	75	26	75	26	75
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD
60	16,8	0,1	17,2	Spur	0,6	1,4	0	1,4
Kontrolle	3,6	0	4,2	0	9,4	0	8,8	0
100	—	0	24,9	0	3,7	1,0	5,4	1,2
Kontrolle	5,7	0	6,3	0	12,4	0	14,3	0

Geperlter Kalkstickstoff (PKa) in gleicher Weise mit dem Boden vermischt, läßt dagegen über 100 Tage hinweg eine sehr starke Nitrifikationshemmung erkennen, die auf das in diesem Düngemittel enthaltene Dicyandiamid (ca. 9% des Gesamt-N) zurückzuführen ist. Selbst nach 100 Tagen liegen je nach Bodenfeuchtigkeit noch 1,0 bzw. 1,2 mg Dicyandiamid-N im Boden vor. Eine Nitrifikationshemmung durch Cyanamid scheidet in diesem Falle aus, wie das Versuchsglied mit gemahlenem, praktisch DCD-freiem, Kalkstickstoff zeigt, ist dieses nämlich nach längstens 10 Tagen über Harnstoff zu Ammonium abgebaut (s. auch AMBERGER und VILSMEIER, 2; VILSMEIER und AMBERGER, 11).

#### Applikation auf die Bodenoberfläche

Die Ausbringung des gemahlene Kalkstickstoffs auf die Bodenoberfläche hat eine beträchtliche Dicyandiamidbildung zur Folge; durch eine örtlich eng begrenzte aber starke pH-Erhöhung wird die Dimerisation des Cyanamids stark begünstigt. Nach 60 Tagen sind ca. 25%, nach 100 Tagen immerhin noch 6% der vorgelegten Cy-Menge als DCD vorhanden (Tab. 2).

Tab. 2

Nitratbildung (mg N/Ansatz) in Abhängigkeit vom Dicyandiamidgehalt  
des auf die Bodenoberfläche ausgebrachten Kalkstickstoffs

Formation of nitrate (mg N/soil unit) depending on the dicyandiamide content of calcium  
cyanamide applied to the surface of the soil

Ansatz:

100 g Boden + 20 mg Cy-N als gemahlener bzw. 16 mg Cy-N als gepulverter Kalkstickstoff,  
11 % d. max. WK, 18 °C

20 d n. Oberflächenapplik. eingemischt und auf 26 % d. max. WK gebracht

Dauer der Bebrütung (Tage)	Kalkstickstoff			
	gemahlen NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD	gepulvert NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DCD
60	1,1	5,5	0,1	4,3
Kontrolle	—	0	7,0	0
100	1,9	1,2	0,4	4,3
Kontrolle	7,9	0	14,3	0

In den PKa-Ansätzen ergeben sich über den gesamten Versuchszeitraum hinweg praktisch kaum Änderungen im Nitratgehalt, d. h. die Nitrifikationshemmung durch das verbliebene DCD (nach 100 Tagen noch 25 % des Gesamt-N) ist vollständig. Unter den Bedingungen einer Applikation von Ka bzw. PKa auf die Bodenoberfläche wird demnach in beiden Fällen soviel DCD gebildet, daß die Nitrifikation über längere Zeit hinweg weitgehend blockiert ist.

#### Nitrifikation von Ammonsulfat in Abhängigkeit von Dicyandiamidmenge und Applikationsform

In einem Gefäßversuch wurde ferner die nitrifikationshemmende Wirkung von Dicyandiamid geprüft, das entweder in fester Form zum Boden gemischt oder als Lösung auf den Boden ausgebracht worden war. Wesentliche Unterschiede in der Nitrifikation konnten nur in der oberen, mit DCD behandelten, Bodenschicht (0 - 8 cm), eine Verlagerung des DCD unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht festgestellt werden.

#### Dicyandiamid zum Boden gemischt

Dicyandiamid zum Boden gemischt führt in allen drei Ansätzen (10, 20 und 40 ppm DCD) zu einer deutlichen Hemmung der Nitratbildung und demzufolge wesentlich höheren Ammoniumwerten gegenüber der Kontrolle (Tab. 3). Die geringen Unterschiede in den Nitratgehalten des Bodens in Abhängigkeit von der aufgegebenen DCD-Menge lassen erkennen, daß bereits 10 ppm für eine etwa 65 %ige Nitrifikationshemmung über 6 Wochen hinweg ausreichen und diese nach 15 Wochen immerhin noch 50 % beträgt.

#### Dicyandiamid als Lösung appliziert

Dicyandiamid nach erfolgter Stickstoffdüngung auf die Bodenoberfläche gegossen, führt im wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen (Tab. 3). Der Hemmeffekt erreicht ca. 60 % gegenüber der Kontrolle verbunden mit entsprechend höheren Ammoniumwerten.

Tab. 3  
*Ammonium- und Nitratgehalte im Boden unbepflanzter Gefäße*  
*Ammonium and nitrate content in pots without plants*  
 mg N/100 g Boden

Wochen nach DCD- Appli- kation	Kontrolle		10 ppm		20 ppm		40 ppm		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	DCD eingemischt								
6	6,8	22,6	7,4	8,3	10,0	7,0	9,8	5,1	
10	6,3	15,0	19,0	14,1	21,3	19,6	18,9	13,0	
15	6,4	28,4	20,1	—	8,8	10,9	14,7	16,9	
	DCD gegossen								
6	6,8	22,6	10,8	12,8	11,5	10,6	10,7	8,1	
10	6,3	15,0	15,1	14,0	16,4	13,5	20,7	18,1	
15	6,4	28,4	9,1	12,9	9,9	15,8	20,3	14,0	

#### Wirkung von Dicyandiamid auf den Nitratgehalt der Pflanzen

Im Gefäßversuch hat mit optimaler Wasserversorgung weder eine N-Auswaschung noch Denitrifikation stattgefunden; die Unterschiede in den Erträgen in Abhängigkeit von den DCD-Zusätzen sind demnach unwesentlich. Dagegen weisen die Nitratgehalte im schossenden Weizen (d. h. 6 Wochen nach der DCD-Anwendung) sehr große Differenzen auf (Tab. 4). Während die Kontrollpflanzen ca. 4,5 % NO<sub>3</sub>-N i. d. TM erreichen, liegen die entsprechenden Werte nach DCD-Bodenbehandlung zwischen 1,8 % und 1,1 %. Zwischen den Applikationsformen „eingemischt“ bzw. „als Lösung gegeben“ bestehen kaum Unterschiede. Zum Zeitpunkt der Blüte sind die Nitratgehalte in allen Pflanzen, unabhängig von der Behandlung, sehr niedrig.

Tab. 4  
*Nitratgehalte von Weizen (Schossen und Blüte)*  
*Nitrate content in wheat (sprouting and flowering stage)*  
 NO<sub>3</sub>-N % in d. FM

Wochen nach DCD- Applikation	Kontrolle	10 ppm		20 ppm	
		DCD eingemischt	DCD eingemischt	DCD gegossen	DCD gegossen
6 (Schossen)	4,49	1,81	1,14	1,40	1,27
10 (Blüte)	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05

#### Diskussion

Gemahlener Kalkstickstoff enthält im Gegensatz zum gepulverten nur eine Spur Dicyandiamid. Davon ist praktisch keine Nitrifikationshemmung zu erwarten, wenn der Dünger in den Boden eingemischt wird. Dagegen weist gepulverter Kalkstickstoff, bedingt durch den Fertigungsprozeß, bis zu 10 % des Gesamt-N als DCD auf, so daß nach Vermischen des Düngers mit dem Boden die Nitrifikation deutlich gehemmt wird. Im Falle der Ausbringung auf die Bodenoberfläche kommt es in beiden Fällen, bedingt durch den Kalkgehalt und damit stark lokaler pH-Erhöhung, zu einer beträchtlichen DCD-Bildung.

Eine ähnliche Wirkung kann erzielt werden durch Applikation von DCD (in fester bzw. flüssiger Form) in Verbindung mit Ammonsulfat. Die Nitrifikation des N-Düngers ist wirksam gebremst. Als Folge einer sehr gehemmten Nitratbildung durch DCD ergeben sich auch in aufwachsenden Pflanzen stark reduzierte Nitratgehalte, die sowohl im Hinblick auf die menschliche Ernährung (Gemüse) als auch auf die Verfütterung günstig zu beurteilen sind.

Gepulter Kalkstickstoff oder ein Kombinationsprodukt von Ammonsulfat bzw. Harnstoff mit DCD z. B. Alzon (AMBERGER und GUTSER, 1) wird gegenüber einer getrennten DCD-Applikation gewisse Vorteile bieten, weil auf diese Weise ein sehr intensiver Kontakt zwischen dem Nitrifikationsinhibitor DCD und dem N-Dünger gegeben ist und eine Trennung der beiden Komponenten des Kornes erst später eintreten wird.

### Zusammenfassung

Dicyandiamid ist ein wirksamer Nitrifikationshemmstoff. Nach Einmischen von gemahltem bzw. gepulvertem Kalkstickstoff in den Boden, wirkte in Modellversuchen bei 26 % bzw. 75 % der maximalen Wasserkapazität nur das im PKa aufgrund des Herstellungsprozesses vorliegende Dicyandiamid über 100 Tage hinweg nitrifikationshemmend, eine Neubildung ist unter diesen Bedingungen nicht zu erwarten.

Das im gepulverten Kalkstickstoff bereits durch den Herstellungsprozeß enthaltene Dicyandiamid (ca. 9 % vom Gesamt-N) wirkte nitrifikationshemmend, während gemahlener (nahezu DCD-freier) Kalkstickstoff im gleichen Zeitraum nahezu völlig nitrifiziert wurde.

Auf die Bodenoberfläche ausgebrachter Kalkstickstoff, gemahlen oder gepulvert, führte zu einer starken Neubildung von Dicyandiamid, das über 100 Tage hinweg nahezu jede Nitratbildung verhinderte.

Dem Boden zugemischtes bzw. als Lösung verabreichtes Dicyandiamid verringerte im Gefäßversuch gleichermaßen die Nitratbildung aus Ammonsulfat über 15 Wochen hinweg bis zu 50 %. Eine Konzentration von 10 ppm Dicyandiamid auf die obere Bodenzone (0 - 8 cm) bezogen hat sich als ausreichend erwiesen.

Der Nitratgehalt in schossendem Weizen war nach vorausgegangener Bodenbehandlung mit Dicyandiamid um ca. 66 % erniedrigt.

### Summary

VILSMEIER, K., und AMBERGER, A.: *Modell- und Gefäßversuche zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid (The inhibition of nitrification by dicyandiamide in model and pot experiments).*

Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 35, Kongreßband 1978

Dicyandiamide is an effective nitrification inhibitor. After mixing calcium cyanamide in model experiments into the soil only the dicyandiamide in the granulated form, resulting from the production process (ca. 9 % of total N), showed a good inhibition of nitrification over 100 days at 26 % resp. 75 % of full water capacity. The powdered calcium cyanamide (nearly without dicyandiamide) was nitrified almost completely in the same periode.

A surface application of both forms of calcium cyanamide resulted in an intensive formation of dicyandiamide, which stopped nitrification over 100 days almost completely.

Dicyandiamide mixed to the soil or applicated as solution reduced the formation of nitrate from ammonium sulfate up to 50 % over 15 weeks in a pot experiment. A

concentration of 10 ppm dicyandiamide calculated for the top layer of the soil (0 - 8 cm) was enough. The nitrate content of wheat in the sprouting stage was reduced for about 66 % after a treatment of the soil with dicyandiamide.

### Résumé

VILSMEIER, K., und AMBERGER, A.: *Modell- und Gefäßversuche zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid (Expériences modèles et en pots concernant l'effet d'inhibition de nitrification par dicyandiamide).*

Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 35, Kongreßband 1978

Dicyandiamide (DCD) est un inhibiteur effectif de nitrification. Après le mélange de la cyanamide calcique (moulue ou granulée) dans le sol dans des expériences modèles avec 26 % resp. 75 % de capacité d'eau maximale, seulement la DCD originaire du processus de fabrication causait une inhibition de nitrification pendant 100 jours. Sous ces conditions une formation de DCD est au delà de toute attente.

La DCD dans la cyanamide calcique granulée originaire du processus de fabrication (~ 9 % de N total) inhibait la nitrification. La cyanamide calcique moulue (presque sans DCD native) n'avait guère un effet.

La cyanamide calcique épandue à la surface du sol (moulue ou granulée) causait une formation forte de DCD, qui empêchait la nitrification pendant 100 jours presque complètement.

La DCD mélangée avec le sol ou appliqué sous forme de solution dans l'expérience en pots, diminuait aussi la nitrification de sulfate d'ammoniaque pendant 15 semaines jusqu'à 50 %. Une concentration de 10 ppm calculé pour la zone superficielle du sol (0 - 8 cm) s'est avéré suffisante.

La teneur en nitrate de blé en phase de pousse était diminuée de 66 % après une application antérieure avec DCD.

### Literatur

1. AMBERGER, A. u. GUTSER, R.: Umsatz und Wirkung von Harnstoff-Dicyandiamid- bzw. Ammonsulfat-Dicyandiamid-Produkten zu Weidelgras bzw. Reis. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. 141, 553 - 566, 1978
2. AMBERGER, A. u. VILSMEIER, K.: Umsetzungen von Kalkstickstoff in Quarzsand und in verschiedenen Böden. Z. Acker- u. Pflanzenbau 148, 1 - 12, 1979
3. AMBERGER, A. u. VILSMEIER, K.: Modellversuche zum Dicyandiamidabbau (in Vorbereitung)
4. BALKS, R. u. REEKERS, J.: Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz mit 2,4-Xylenol. Landwirtsch. Forsch. 13, 134 - 136, 1960
5. NÖMMIK, H.: On decomposition of calcium cyanamide and dicyandiamide in the soil. Acta Agric. Scand. 8, 404 - 440, 1958
6. RATHSACK, K.: Das Wesen der langanhaltenden Wirkung des Kalkstickstoffs. Vortrag Jahreshauptversammlung d. Forschungsgemeinschaft d. Kalkstickstoffherzeuger, Frankfurt 1967
7. RATHSACK, K.: Die nitrifizierende Wirkung des Dicyandiamids. Landwirtsch. Forsch. 31, 4, 1978
8. REDDY, G. R.: Effect of mixing varying quantities of dicyandiamide with ammonium fertilizer on nitrification of ammonia in soils. Canad. J. Soil Sci. 44, 254 - 259, 1964
9. SOMMER, K. u. ROSSIG, K.: Einfluß der Art der Nitrifikationshemmung auf den Ertrag bei verschiedenartiger N-Düngung und Vorschlag für eine Klassifizierung. Landwirtsch. Forsch. 31, 291 - 299, 1978
10. VILSMEIER, K.: Kolorimetrische Bestimmung von Dicyandiamid in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. (im Druck, 1979)
11. VILSMEIER, K. u. AMBERGER, A.: Modellversuche zum Umsatz von gemahlenem Kalkstickstoff und Perlkalkstickstoff in Abhängigkeit von Bodenfeuchtigkeit und Applikationsform. Z. Acker- u. Pflanzenbau 147, 68 - 77, 1978

SONDERHEFTE ZUR „LANDWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG“

1. Sonderheft:  
**Forschungen für die Praxis und mit der Praxis**  
1951. Vergriffen
2. Sonderheft:  
**Wege und Ziele der Qualitätsforschung und Güteförderung bei landwirtschaftlichen und gärtnerischen Erzeugnissen**  
1952. Vergriffen
3. Sonderheft:  
**Justus v. Liebig im Lichte der Forschung des 20. Jahrhunderts**  
1953. 30 Seiten mit einer Kunstdrucktafel. Kartoniert DM 3,60
4. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung**  
1953. Vergriffen
5. Sonderheft:  
**Forschungen im Dienste der Tierernährung**  
1954. 75 Seiten mit zahlreichen Tab. und graphischen Darstellungen. Kartoniert DM 8,—
6. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung II**  
1955. 156 Seiten mit 57 Abb. und 55 Tab. Kartoniert DM 18,80
7. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung III**  
1956. 161 Seiten mit 32 Abb. und 70 Tab. Kartoniert DM 19,80
8. Sonderheft:  
**Pflanzenqualität — Nahrungsgrundlage**  
1956. Vergriffen
9. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung IV**  
1957. 157 Seiten mit 34 Abb. und 96 Tab. Kartoniert DM 22,20
10. Sonderheft:  
**Bodenfruchtbarkeit II**  
1957. IV und 123 Seiten mit 56 Abb. und 28 Tab. Kartoniert DM 19,80
11. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung V**  
1958. VIII und 127 Seiten mit 56 Abb. und 38 Tab. Kartoniert DM 22,20
12. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer Forschung VI**  
1959. VIII und 152 Seiten mit 60 Abb. und 28 Tab. Kartoniert DM 27,—
13. Sonderheft:  
**Magnesium — Boden — Pflanze**  
1959. VIII und 100 Seiten mit 43 Abb. und 66 Tab. Kartoniert DM 24,80
14. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung VII**  
1960. VIII und 141 Seiten mit 51 Tab. und 55 Abb. Kartoniert DM 26,40
15. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung VIII**  
1961. VIII und 159 Seiten mit 62 Abb. und 38 Tab. Kartoniert DM 27,50
16. Sonderheft:  
**Die Spurenelementversorgung von Pflanze, Tier und Mensch**  
1962. VIII und 147 Seiten mit 37 Abb. und 56 Tab. Kartoniert DM 26,20
17. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung X**  
1963. VIII und 211 Seiten mit 91 Abb. und 72 Tab. Kartoniert DM 30,75
18. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XI**  
1964. VIII und 208 Seiten mit 52 Abb. und 43 Tab. Kartoniert DM 30,25

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN 1



SONDERHEFTE ZUR „LANDWIRTSCHAFTLICHEN FORSCHUNG“

19. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XII**  
1965. VIII und 252 Seiten mit 87 Abb. und 75 Tab. Kartonierte DM 41,80
20. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XIII**  
1966. VIII und 152 Seiten mit 20 Abb. und 33 Tab. Kartonierte DM 28,80
21. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XIV**  
1967. VIII und 137 Seiten mit 81 Abb. und 35 Tab. Kartonierte DM 31,80
22. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XV**  
1968. VIII und 198 Seiten mit 91 Abb. und 44 Tab. Kartonierte DM 43,20
23. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XVI - XVII**  
1969. Teil I. VIII und 228 Seiten mit 81 Abb. und 81 Tab. Kartonierte DM 52,80  
Teil II. VIII und 191 Seiten mit 70 Abb. und 63 Tab. Kartonierte DM 48,80
24. Sonderheft:  
**Internationales Symposium: Hundert Jahre Saatgutprüfung**  
1970. VIII und 207 Seiten mit 47 Abb. und 49 Tab. Kartonierte DM 50,60
25. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XVIII - XIX**  
1970. Teil I. VIII und 172 Seiten mit 78 Abb. und 56 Tab. Kartonierte DM 47,20  
Teil II. VIII und 178 Seiten mit 73 Abb. und 71 Tab. Kartonierte DM 46,60
26. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XX - XXI**  
1971. Teil I. VIII und 333 Seiten mit 158 Abb. und 96 Tab. Kartonierte DM 87,60  
Teil II. VI und 220 Seiten mit 87 Abb. und 64 Tab. Kartonierte DM 64,80
27. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXII - XXIII**  
1972. Teil I. VI und 281 Seiten mit 95 Abb. und 136 Tab. Kartonierte DM 86,50  
Teil II. VI und 237 Seiten mit 102 Abb. und 107 Tab. Kartonierte DM 77,40
28. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXIV - XXV**  
1973. Teil I. X und 390 Seiten mit 127 Abb. und 173 Tab. Kartonierte DM 122,—  
Teil II. VIII und 279 Seiten mit 94 Abb. und 138 Tab. Kartonierte DM 87,40
29. Sonderheft:  
**Justus von Liebig und unsere Zeit**  
1973. 48 Seiten mit 2 Abb. Kartonierte DM 9,80
30. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXVI - XXVII**  
1974. Teil I. VIII und 262 Seiten mit 89 Abb. und 77 Tab. Kartonierte DM 98,—  
Teil II. VI und 218 Seiten mit 110 Abb. und 96 Tab. Kartonierte DM 82,60
31. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXVIII - XXIX**  
1975. Teil I. VIII und 320 Seiten mit 160 Abb. und 112 Tab. Kartonierte DM 118,—  
Teil II. VIII und 292 Seiten mit 82 Abb. und 91 Tab. Kartonierte DM 106,80
32. Sonderheft:  
**Stand und Leistung agrikulturchemischer und agrarbiologischer Forschung XXX - XXXI**  
1976. Teil I. VIII und 294 Seiten mit 78 Abb. und 106 Tab. Kartonierte DM 108,—  
Teil II. VI und 281 Seiten mit 63 Abb. und 82 Tab. Kartonierte DM 102,80
33. Sonderheft:  
**Kongreßband 1976 Oldenburg**  
1977. Teil I. VI und 298 Seiten mit 107 Abb. und 108 Tab. Kartonierte DM 118,—  
Teil II. IV und 348 Seiten mit 106 Abb. und 122 Tab. Kartonierte DM 128,50
34. Sonderheft:  
**Kongreßband 1977 Aachen**  
1978. Teil I. VIII und 279 Seiten mit 69 Abb. und 115 Tab. Kartonierte DM 104,—  
Teil II. VII und 246 Seiten mit 106 Abb. und 78 Tab. Kartonierte DM 98,—

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN 1