

Einsatzmöglichkeiten von Ammoniumsulfat mit Dicyandiamid zu Winterweizen unter dem Einfluß von Standort, Bewirtschaftung und Saatstärke

Von Markus Mokry und Anton Amberger

354

Zusammenfassung

In Feldversuchen wurde die Wirkung verschiedener Düngungssysteme mit Ammoniumsulfat + 10% DCD-N (Alzon 22) auf Ertragsaufbau und Erträge von Winterweizen in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung untersucht. Temperatur, Niederschlagsmenge und -verteilung, pflanzenverfügbare Stickstoff zu Vegetationsbeginn und N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode sowie Fruchtfolge, organische Düngung und Saatstärke beeinflussten den Korntrag nachhaltiger als die Stickstoffform. Zu Winterweizen ist „Alzon 22“ pflanzenbaulich und ökologisch am sinnvollsten in der Schoßphase nach Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) zu Vegetationsbeginn einzusetzen. Dadurch wird die für einen guten Ertrag notwendige Ahrenzahl auch unter weniger günstigen Wachstumsbedingungen (Wasserversorgung) erreicht und die Lagergefahr unter optimalen Witterungsverhältnissen verringert. „Alzon 22“ förderte die Ausbildung der Kornzahl je Ähre und wirkte als langsam fließende N-Quelle besonders in Jahren mit Frühlingsmetrockenheit in die Kornfüllungsphase nach.

Summary

Efficient use of ammonium sulfate + dicyandiamide (Alzon 22) with winter wheat as dependent on site, farm management and seed density

The aim of these field trials was to investigate the effects of various fertilizer systems containing ammonium sulfate + 10% DCD-N (Alzon 22) on yield and yield parameters of winter wheat as influenced by site and management conditions. Temperature, quantity and distribution of precipitation, plant available nitrogen at the beginning of the growing season and nitrogen supply in the sward, crop rotation, organic manuring and seed density had a stronger influence on grain yield than the form of nitrogen. An efficient way to apply „Alzon 22“ to winter wheat is during stem elongation, following a start dressing of calcium ammonium nitrate (KAS) at the beginning of the growing period. Thereby the number of ears necessary for high yields can be attained even under less favourable growing conditions and the danger of lodging at optimum weather conditions will be reduced. „Alzon 22“ enhanced the development of grain numbers per ear and, as a slow-released nitrogen source, supplied N during the stage of grain filling, especially in years with dry periods in early summer.

Eingang des Manuskripts: 02. 03. 1992

Einleitung

Die mineralische Stickstoffdüngung ist durch ständige Anpassung an den jeweiligen pflanzenbaulichen Kenntnisstand seit Mitte der 50er Jahre einer kontinuierlichen Entwicklung unterworfen, welche zu speziellen Düngungsverfahren führte. Mit jeder Intensitätsstufe stiegen Düngeraufwand und Erträge, aber auch - je nach Höhe der Ertragsziele - das Risiko der Stickstoffdüngung, da die Stickstoffgaben nicht immer zu Zeiten eines hohen Stickstoffbedarfs der Pflanzen erfolgen können und die N-Nachlieferung schwer berechenbar ist. Eine deutliche Verringerung dieses Risikos brachte hierbei die N_{min} -Bestimmung ausgang Winters. Der sog. Sollwert (N_{min} -Gehalt des Bodens und erste N-Düngung) hängt von Bodenart, Bodenzustand (pH-Wert, Struktur), Herbst- und Winterwässerung, Vorfrucht und organischer Düngung (z. B. Gülle) sowie Durchwurzelbarkeit und Wasserhaltevermögen des Bodens ab (DIEZ 1979; GUTSER und TEICHER 1980). Stickstoffverluste wie Auswaschung, Denitrifikation, NH_3 -Einsbindung und Immobilisierung über Biomasse und Tonminerale werden in Höhe und Umfang außer durch oben beschriebene Faktoren auch vom Düngungstermin und Stickstoffentzug bestimmt (AMBERGER 1979; 1981a, 1981b).

Durch den Einsatz von Ammoniumdüngern mit dem Nitrifikationshemmstoff Dicyandiamid (DCD) - DCD blockiert die Nitrifikation des Düngestickstoffs je nach Temperatur und Bodenfeuchtigkeit auf der Stufe des NH_4^+ , ca. 6-10 Wochen (VILSMEIER 1980, 1981) - wird die Ammoniumphase im Boden verlängert und werden Verlagerungs- und Denitrifikationsverluste deutlich verringert (AMBERGER und GUTSER 1978; AMBERGER und VILSMEIER 1979; AMBERGER 1981a, 1981b).

Eine höhere Affinität und Einbaurate der Getreidepflanze für Ammonium (BRETELIER 1978) würde für die gleiche Ertragsleistung weniger Stickstoff erfordern, die N-Düngung von der Witterung unabhängiger machen und die Anwendung ammoniumhaltiger Dünger mit Dicyandiamid befürworten. Dies gilt besonders im Zeichen rückläufiger Einkommen der Landwirte, unbefriedigender Ausnutzung mineralischer Stickstoffdüngung sowie steigender Nitratgehalte des Grund- und Trinkwassers.

Ziel der Untersuchungen war es daher, Düngungssysteme mit Ammoniumsulfat + 10% DCD-N (Alzon 22^o) zu Winterweizen im Vergleich zu Kalkammonsalpeter (KAS) unter dem Aspekt der Wirkung der Stickstoffform in Abhängigkeit vom Düngungstermin zu prüfen und Einflüsse von Standort und Bewirtschaftung sowie der Saatstärke zu untersuchen. Dabei wird unterstellt, daß mit einem im Düngergranulat enthaltenen Nitrifikationshemmstoff die im Boden normalerweise sehr rasch ablaufende Nitrifikation über einen standorttypischen Zeitraum verlangsamt bzw. blockiert und damit eine längere Ammoniumphase geschaffen wird.

Material und Methoden

Die Versuche wurden 1981-1984 auf Standorten des tertären Hügellandes, typischen Braunerden aus Löß, teils in viehlosen (Wadendorf, Dürrnas), teils in viehstarken Betrieben (Viehhausen, Kratzerimbach) durchgeführt.

Versuchsfragen:

Einfluß der Bewirtschaftung auf verschiedenen Standorten

Wadendorf: viehlos; Vorfrucht: Hafer
Strohdüngung mit N-Ausgleich (50 kg N/ha)

N_{min} : 37 kg N/ha
0-90 cm: 13/12/12 NO_3^-N

unter dem Einfluß von Standort, Bewirtschaftung und Saatstärke

Kratzerimbach: Vorfrucht: Kaps bzw. Körnermais
30 bzw. 50 m^2/ha Schweinegülle zur Saat
 N_{min} : 78 kg N/ha
0-90 cm: 18/23/24 NO_3^-N
9/22/2 NH_4^+N

Viehhausen: Vorfrucht: Körnermais
50 m^2/ha Bullen- und Schweinegülle zur Saat
 N_{min} : 78 kg N/ha
0-90 cm: 17/29/30 NO_3^-N
10/1/- NH_4^+N

Einfluß der Saatstärke
 S_1 300 Körner/ m^2
 S_2 400 Körner/ m^2

Dürrnas: viehlos; Vorfrucht: Silomais
 N_{min} : 20 kg N/ha

Vorfrucht: Winterweizen (Caribo)

Versuchsstöden: Kenndaten der Böden (aufgetrocknet)	Wadendorf		Kratzerimbach		Dürrnas		Viehhausen	
	EC 13	EC 29	EC 13	EC 29	EC 13	EC 29	EC 13	EC 29
ges. C %	1,03	1,37	1,36	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
ges. N %	0,12	0,17	0,16	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
C/N	8,6	8,1	8,5	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
pH (CaCl ₂)	6,4	6,6	6,3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
P ₂ O ₅	8	20	8	38	38	38	38	38
K ₂ O (mg/100 g)	24	34	17	35	35	35	35	35
MgO	12	20	12	6	6	6	6	6

Versuchsdüngung: (kg N/ha):

EC 13	EC 29	EC 39	EC 55
140 KAS	30 KAS	-	50 KAS
170 Alzon 22	-	-	50 KAS
140 KAS	-	80 Alzon 22	-
220 Alzon 22	-	ohne N	-

EC 13: Sollwert = Summe N_{min} -Gehalt des Bodens und Dünger-N
EC = Ertragsstadium nach EUCARPIA
EC 13: 2-3 Blühtstadium
EC 29: Ende der Bestockung
EC 39: Ende Schossen
EC 55: Mitte-Ende Aufrechenleihen

Grunddüngung: mit Ausnahme der Güllestandorte Kratzerimbach und Viehhausen: 70 kg P₂O₅ und 90 kg K₂O je ha als PK 16/20

Analytik

Boden:

Gesamt-N: nach KJELDAHL (1951)

Gesamt-C: nasse Versäuerung mit schwefelsaurem Kaliumdichromat nach REHM (1946)

Magnesium (CaCl₂): nach SCHACHT-SCHNABEL (1956)

P₂O₅ und K₂O: nach der CAL-Methode (SCHÜLLER, 1969)

N_{min}: Extraktion mit CaCl₂ und UV-Messung bei 210 nm nach erfolgter Nitratreduktion

Pflanzen:

Gesamt-N: nach KJELDAHL (1951)

Ergebnisse
1. vegetativer Aufwuchs

Zum Erntetermin Ende der Bestockung (Tab. 1) hatte die N-Form aufgrund hoher

Sollwerte von 140 bzw. 170 kg N/ha auf die Erträge beider Versuche einen geringeren Einfluß als die Bewirtschaftung ohne bzw. mit Gülle und die Variation der Saatsstärke. Entscheidend waren vielmehr die Witterung zum Düngungstermin (Niederschlag) und der aktuelle N_{min}-Gehalt des Bodens (s. Variante „ohne N“).

2. Kornträge und Ertragsaufbau

Die Erträge der Prüfglieder mit „Alzon 22-Andüngung“ waren auf dem Standort mit Bewirtschaftung „ohne Gülle“ infolge dünnerer Bestände gesichert niedriger (Tab. 2), „mit Gülle“ in der Tendenz etwas höher als „KAS-Andüngung“.

Unabhängig von der Stickstoffform und -aufteilung waren die Kornträge der Versuche „mit Gülledüngung“ infolge gleichmäßiger und stärkerer N-Nachlieferung - wie die Varianten „ohne N“ - belegen - höher. Von den Ertragsfaktoren (Tab. 3) war

Tab. 1: Erträge (dt Tr. S./ha) - Ende der Bestockung - in Abhängigkeit von Bewirtschaftung und Saatsstärke

N-Düngung kg/ha	Ertrag		in Abhängigkeit von	
	ohne Gülle	mit Gülle	S ₁	S ₂
EC 13	Bewirtschaftung ¹⁾ ohne Gülle	Bewirtschaftung ¹⁾ mit Gülle	Saatsstärke ²⁾ S ₁	Saatsstärke ²⁾ S ₂
140 KAS	15.6	18.2	15.8	15.6
170 Alzon	14.7	17.7	13.7	15.6
220 Alzon	—	—	13.7	18.3
ohne N	13.2	16.4	15.1	16.9
GD (5%)	2.1	2.1	2.1	2.1

1): Versuch - Bewirtschaftung Mittelwerte aus drei Jahren ohne Gülle; Wadenstorf mit Gülle; Katzenbach

2): Versuch - Saatsstärke Mittelwerte aus zwei Jahren und zwei Standorten

S₁: 300 Körner/m²
S₂: 400 Körner/m²

Tab. 2: Kornträge (dt Tr. S./ha) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung

N-Düngung kg/ha	Ertrag		in Abhängigkeit von	
	ohne Gülle	mit Gülle	S ₁	S ₂
EC 13	EG 29	EC 39	EG 55	EG 65
140 KAS	30 KAS	50 KAS	70.7	85.4
170 Alzon	—	50 KAS	65.6	86.2
140 KAS	—	30 Alzon	71.2	86.2
220 Alzon	—	—	63.6	87.2
ohne N	—	—	45.1	69.1
GD (5%)	—	—	2.5	2.5

Tab. 3: Ertragsaufbau (Bestandesdichte Pl./m², TKG (g), Kornzahl/Ähre) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung

N-Düngung kg/ha	Best.D.		TKG		Kornz./Ä.	
	mit Gülle	ohne Gülle	mit Gülle	ohne Gülle	mit Gülle	ohne Gülle
EC 13	EC 29	EC 39	EC 55	EC 65	EG 29	EG 39
140 KAS	30 KAS	50 KAS	590	710	38.8	40.4
170 Alzon	—	50 KAS	555	720	43.5	39.7
140 KAS	—	80 Alzon	580	690	39.1	39.5
220 Alzon	—	—	585	750	38.4	38.6
ohne N	—	—	390	530	39.3	42.4
GD (5%)	—	—	9	9	0.3	0.3

Tab. 4: Ertragsaufbau (Bestandesdichte Ähren/m², TKG (g), Kornzahl/Ähre) in Abhängigkeit von der Saatsstärke

N-Düngung kg/ha	Best.D.		TKG		Kornz./Ä.	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
EC 13	EC 29	EC 39	EC 55	EC 65	EG 29	EG 39
140 KAS	30 KAS	50 KAS	675	725	42.0	41.6
170 Alzon	—	50 KAS	680	750	42.2	41.1
140 KAS	—	80 Alzon	690	750	41.5	40.4
220 Alzon	—	—	720	790	40.4	40.6
ohne N	—	—	410	520	40.7	42.6
GD (5%)	—	—	35	35	0.5	0.5

die Bestandesdichte im Gegensatz zur Kornzahl je Ähre und zum TKG mit den Erträgen hoch signifikant korreliert.

Das Ziel, hohe Bestandesdichten auch bei ungünstiger Frühjahrswitterung und folglich verzögerter Wirkung des Düngers zu erreichen, ist ein Ziel, das bei der Bewirtschaftung von Winterweizen mit Ammoniumsulfat und Dicyandiamid zu erreichen ist.

Tab. 5. Kornträge (dt Tr. S./ha) in Abhängigkeit von der Saatstärke

EC 13	N-Düngung kg/ha		Ertrag	
	EC 29	EC 39	S ₁	S ₂
140 KAS	30 KAS	-	76,2	75,6
170 Alzon	-	50 KAS	83,2	82,0
140 KAS	-	80 Alzon	77,0	78,7
220 Alzon	-	-	80,0	79,6
		ohne N	43,6	51,8
GID (5%)			2,8	

stoffs über eine Erhöhung der Saatstärke zu erzielen, wurde zwar erreicht (Tab. 4), doch hatte diese - durch hohe N_{min} -Gehalte des Bodens und reichliche mineralische Anpflanzbauartige Maßnahmen eine gleichzeitige Abnahme der Ertragsfaktoren Kornzahl je Ähre und TKG und somit des Ertrages - besonders aufgrund frühen Lagers - zur Folge (Tab. 5).

Ertrag und Bestandesdicke waren in der höheren Saatstufe negativ, Ertrag und Kornzahl je Ähre dagegen in beiden Saatstufen positiv korreliert.

Diskussion

Langsam wirkende N-Dünger wie „Alzon 22“ haben den Vorteil, daß im Boden ein N-Depot aufgebaut und der Stickstoff über einen längeren Zeitraum gleichmäßig der Pflanze angeliefert wird. Der Stickstoff des „Alzon 22“-Düngers bleibt nach AMBERGER und GUTSER (1978) über 40-50 Tage in der Ammoniumform, die weder verlagerungs- noch denitrifikationsgefährdet ist, aber sorbiert und durch Einbau in Dauerhumus und Mikroben sowie durch Fixierung an Tonmineralen zeitweilig immobilisiert werden kann. In typischen Braunerden ist die Fixierung aber von geringerer Bedeutung, da die Zwi-

schenschichtplätze von Dreischicht-Tonmineralen in der Regel durch Kaliumionen mit ähnlichem Ionendurchmesser weitgehend abgesättigt sind. Unter dem wichtigen Aspekt der Pflanzenerfügbarekeit des Düngestickstoffs sind Stickstoffform, Applikationstermin, -technik und Witterungsverlauf eng miteinander verknüpft. Die Versuchsjahre mit einem im Vergleich zum langjährigsten Mittel zu kühlen und trockenen Frühjahr zeigten, daß „Alzon 22“ für die 1. N-Gabe ausgangs Winters aufgrund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften weniger gut geeignet ist. Wird dagegen mit einem nitrathaltigen N-Dünger angezündet, reicht bereits wenig Feuchtigkeit aus, das Düngerkorn aufzulösen und das im Bodenwasser gelöste Nitrat an die noch fach liegenden Pflanzenwurzeln zu transportieren. Die nitrifizationshemmende Wirkung des Dicyandiamids verringert daher zwar die N-Verluste - insbesondere auf durchlässigen Böden und zu Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung -, erhöht aber auf Standorten mit niedrigem N_{min} -Vorrat in der Krume, mit langsamer N-Nachlieferung und häufig kühler, trockener Frühjahrswitterung des Risiko der 1. N-Gabe. Bei der Betrachtung des Ertragsaufbaus zeigt sich, daß durch Optimierung der Kornzahl je Ähre der Höchsterttrag eher und mit geringerem Risiko erreicht werden kann als über eine höhere Bestandesdicke.

OPPTZ (1980) und ANDERL (1982) scheint für die Ausbildung einer optimalen Korndicke in Regionen mit heißen Sommern und kürzerer Kornfüllungsphase - häufig in Bayern verglichen mit dem kühleren ausgeglicheneren Klima Schleswig-Holsteins - eine Erhöhung der Kornzahl je Ähre wichtiger zu sein als eine Zunahme der Bestandesdicke. WAGNER (1971) fand ebenfalls, daß die seit Mitte der sechziger Jahre erreichten Ertragszunahmen eher steigenden Ährenträgen als Ährenhöhen zuzuschreiben sind.

Nicht zuletzt gewinnt nach KOBOLD (1974) die Kornzahl je Ähre an Bedeutung, wenn aufgrund von Standortbedingungen (Witterung, N-Nachlieferung, N_{min} -Gehalt) und Bewirtschaftung ausreichende Ährenzahlen schwer zu verwirklichen sind.

Der optimale Einsatzzeitpunkt für „Alzon 22“ zu Winterweizen dürfte daher die Schoßgröße sein, da diese Gabe einerseits die Kornzahl je Ähre fördert und andererseits - bei erhöhtem N-Angebot im Sinne einer vorgezogenen Spädüngung - bis in die Kornfüllungsphase nachwirkt und somit gleichzeitig das Risiko der Mindereistung einer termingerechten Spädüngung infolge Frühlingsmildeerträge verringern kann. Mit steigender Ährenzahl nimmt nach SIDWELL u. a. (1976) sowie ANDERL (1982) die negative Beeinflussung zwischen Bestandesdicke und Kornzahl je Ähre sowie zwischen Bestandesdicke und TKG zu. ÜBELHÖR u. a. (1981) erklären dies mit einem geringeren Lichteinfall und folglich nachlassender Assimilationsleistung des Bestandes sowie mit größerem Krankheitsdruck und höherer Lagergefahr. Das Ziel, Bestandesdicke auch bei ungünstiger Frühjahrswitterung und verzögerter Wirkung des Düngestickstoffs über die Saatstärke zu erhöhen, wurde in beiden Versuchsjahren erreicht. Eine höhere Saatstärke bringt jedoch nur dann Vorteile, wenn die Aussaat nach spät räumenden Früchten wie Zuckerrüben oder Körnermais unter schlechten Bodenverhältnissen erfolgt und das Frühjahr kühl und trocken ist. Sie ist dagegen ungeeignet, wenn recht-

zeitig unter optimalen Bodenverhältnissen gesät werden kann und ein Frühjahr mit guten Wachstumsbedingungen folgt. Die Bestandesdicke läßt sich einfacher und sicherer über die Form und Höhe der Stickstoffdüngung zu Vegetationsbeginn und Ende der Bestockung steuern.

Für den praktischen Einsatz von „Alzon 22“ ist zu beachten, daß die Gabe zum Ende Schossen im Sinne einer vorgezogenen Spädüngung nicht zu früh erfolgt, damit der Stickstoff hauptsächlich zur Kornfüllung wirksam wird.

Schlussfolgerungen

Folgende Düngensysteme könnten in der Praxis zur Anwendung kommen:

1. „Alzon 22“ zum Schossen nach KAS-„Andüngung“:

ES 13	ES 39
KAS	Alzon 22

in Gebieten mit Frühjahrstrockerheit und verzögertem Vegetationsbeginn sowie häufigen Spätfrost, zu dünnen Beständen (< 300 Keimpflanzen je m²), bei niedrigen N_{min} -Gehalten oder ungünstiger Verteilung im Bodenprofil nach Getreide und fehlender Gülledüngung.

2. „Alzon 22 - Andüngung“ mit KAS-Spätgabe:

ES 13	ES 55
Alzon 22	KAS

in Gebieten mit guter Anfangsentwicklung und reichlichen Niederschlägen, zu gut entwickelten Beständen (> 300 Keimpflanzen je m²), bei höheren N_{min} -Gehalten sowie

günstiger Verteilung im Bodenprofil nach Zuckerrüben-, Körnertraps-, Kartoffel- oder Maisvorfrucht.

3. „Alkon 22“ allein:

ES 13

Alkon 22 (in einer Gabe)

in Gebieten mit guter Anfangsentwicklung und reichlichen Niederschlägen, zu gut entwickelten Beständen (> 300 Keimpflanzen je m²) bei höheren N_{min}-Gehalten sowie günstiger Verteilung, auf schweren, nicht auswaschungsempfindlichen Böden und bei wenig intensiver Bewirtschaftung (Betriebe mit arbeitsintensiven Sonderkulturen).

ANDERL, A. (1982): Der Einfluß von Standort, Sorte und Pflanzenbehandlung auf Ertrag und Ertragsstruktur bei Winterweizen untersucht an der Datenbasis von IS-PFLANZ. Dissertation, TU-Münchener Weihenstephan

BREITELER, H. (1978): Aufnahme und Assimilation von anorganischem Stickstoff bei Kulturpflanzen. Landw. Forsch. 34H, 1-17

DIEZ, Th. (1979): Erfahrungen mit der N_{min}-Methode in Bayern. Veröff. Landw.-Chem. Bundesanst. Linz/Donau, 13, 9-19

GUTSER, R. und TEICHER, K. (1980): Bedeutung verschiedener standortlicher und pflanzenbaulicher Faktoren für die Düngungsempfehlung zu Winterweizen auf Basis von N_{min}-Untersuchungen. Landw. Forsch. 33, 95-107

KJELDGAHL, J. (1951): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch) 3, 18-20

KOBOLD, F. (1974): Zur Ertragsbildung von Winterweizen und Sommergerste in unterschiedlichen Höhenlagen. Arch. Acker- u. Pflanzen- u. Bodenk. 18, Berlin, 407-414

OPPTZ, K. (1980): Winterweizenanbau - System Bayern. top-agrar 10, 40-43

RIEHM, H. (1946): Bestimmung der Sorptionskapazität des Bodens bei Massensuntersuchungen nach H. Riehm und ihre Bedeutung insbesondere für die Auswertung der Lactarwerte. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 37, 82

SCHACHTSCHABEL, P. (1956): Der Magnessium-Versorgungsgrad nordwestdeutscher Böden und seine Beziehungen zum Auftreten von Mangelsymptomen an Kartoffeln. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 74, 202-219

— (1981a): Einsatz und Ausnutzung von N-Düngemitteln. Bayr. landw. Jahrbuch 58, Sonderheft 1, 80-90

— (1981b): Dicyandiamid („Didin“) als Nitrifikationshemmstoff. Bayr. landw. Jahrbuch 58, 845-853

— und GUTSER, R. (1978): Umsatz und Wirkung von Harnstoff-Dicyandiamid - sowie Ammoniumsulfat-Dicyandiamid-Produkten zu Weidegras und Reis. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 141, 553-556

— und WILSMEIER, K. (1979): Dicyandiamidabbau in Quarzsand und Böden. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 142, 778-785

Literatur

AMBERGER, A. (1983): Pflanzenernährung - Ökologische und physiologische Grundlagen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2. Auflage).

— (1981a): Einsatz und Ausnutzung von N-Düngemitteln. Bayr. landw. Jahrbuch 58, Sonderheft 1, 80-90

— (1981b): Dicyandiamid („Didin“) als Nitrifikationshemmstoff. Bayr. landw. Jahrbuch 58, 845-853

— und GUTSER, R. (1978): Umsatz und Wirkung von Harnstoff-Dicyandiamid - sowie Ammoniumsulfat-Dicyandiamid-Produkten zu Weidegras und Reis. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 141, 553-556

— und WILSMEIER, K. (1979): Dicyandiamidabbau in Quarzsand und Böden. Z. Pflanzenähr. Bodenk. 142, 778-785

SCHÜLLER, H. (1969): Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren P im Boden. Z. Pflanzenähr. Düng. Bodenk. 123, 48-68

SIDWELL, R.J., SMITH, E.L. und MCNEW, R.W. (1976): Inheritance and interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in a hard red winter wheat cross. Crop. Science 16, 650-665

ÜBELHÖR, W., MANGSTL, A. und REINER, L. (1981): Die Ertragsstruktur bei Häfer, dargestellt anhand der Datenbasis IS-PFLANZ. Z. Acker- u. Pflanzenbau 150, 313-329

WILSMEIER, K. (1980): Dicyandiamidabbau im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur. Z. Pflanzenern. u. Bodenk. 143, 113-118

— (1981): Modellversuche zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid (Didin). Bayer. Landw. Jahrbuch 58, 854-857

WAGNER, M. (1971): Die Ertragsstruktur von Winterweizen im Verlauf von zwei Jahrzehnten unter wechselnden Verhältnissen. Z. Acker- u. Pflanzenbau 134, 335-346