

Mais bedarfsgerecht düngen

Zeitpunkt des höchsten N-Bedarfs und hoher Bodennachlieferung ist deckungsgleich

Die Düngeverordnung mit ihren Grundsätzen zur guten fachlichen Praxis gibt den rechtlichen Rahmen bei der Düngung vor. Die Düngungsmaßnahmen können dabei nur dem einen Zweck dienen, den Bedarf des Maises abzudecken. Bei Einhaltung dieser Vorgaben ist eine optimale Produktion sowohl von Futtermitteln als auch Bioenergie möglich und gleichzeitig werden dabei eventuelle Umweltbelastungen minimiert. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, wie eine bedarfsgerechte und optimale Düngung zu Mais aussieht.

Gerhard Baumgärtel, Hannover, und Tim Eiler, Oldenburg

Mais, insbesondere Silomais, hat in den letzten Jahren aufgrund erheblicher Fortschritte in der Züchtung und in der Produktionstechnik an relativer wirtschaftlicher Vorzüglichkeit gegenüber anderen Kulturpflanzen gewonnen. Durch den rasanten Zuwachs der Biogasanlagen erlangte Mais als Substratlieferant zusätzliche Anbaubedeutung. Im Zuge dieses verstärkten Maisanbaus in ohnehin schon veredelungsstarken Regionen wird wieder intensiv über das richtige Maß bei der Düngung im Maisanbau diskutiert. Grundsätzlich braucht Mais

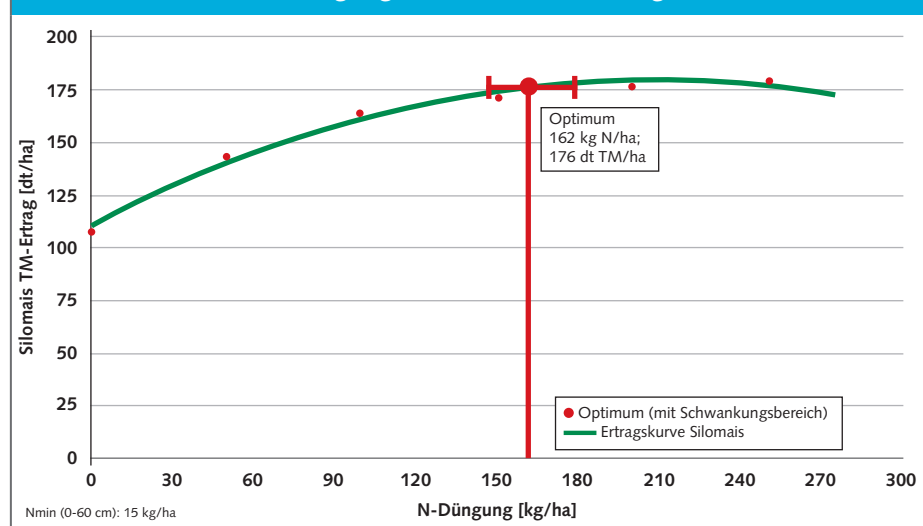
im Vergleich zu anderen Feldfrüchten wenig zusätzlichen Stickstoffdünger, weil er wie keine andere Frucht den aus dem Boden nachgelieferten Stickstoff wegen der langen Wachstumszeit sehr gut aufnehmen kann.

Viel Stickstoff aus dem Boden

Unter den Klimabedingungen Niedersachsens hat der Mais eine langsame Jugendentwicklung mit einem schwach ausgeprägten Wurzelwachstum. Ein deutli-



Abb. 1: Einfluss der N-Düngung auf den Silomaisertrag (31 Versuche)



cher Anstieg der N-Aufnahme erfolgt in der Regel ab Ende Juni mit Beginn des starken Massenwachstums. Den höchsten N-Bedarf erreicht der Mais mit Blühbeginn, zu einer Zeit mit hohen N-Mineralisierungsraten im Boden. Aufgrund der guten zeitlichen Übereinstimmung zwischen der N-Mineralisation und dem N-Bedarf der Maispflanzen deckt der Mais einen hohen Anteil seines N-Bedarfs aus dem N-Bodenvorrat. Dieser Sachverhalt erklärt die negativen N-Salden (N-Zufuhr durch N-Düngung minus N-Abfuhr mit dem Erntegut vom Feld) im Silomaisanbau bei einer optimalen N-Düngung.

Ein kleines Rechenbeispiel verdeut-



Foto: agrarfoto

licht das Ausmaß: Bei einem Frischmasseertrag (etwa 30 Prozent TS) von 600 dt/ha und einem N-Gehalt von 0,4 kg/dt errechnet sich eine Stickstoffaufnahme von etwa 260 bis 270 kg/ha. Dabei wird unterstellt, dass die Wurzelmasse etwa 10 Prozent der N-Menge im oberirdischen Aufwuchs enthält. Die notwendige N-Zufuhr durch Düngemittel in Höhe des Sollwertes (180 kg N/ha s. u.) bei einem $N_{\min}$ -Vorrat vor der Saat von 40 kg/ha und einer bereits unterstellten N-Nachlieferung durch langjährige organische N-Düngung von etwa 40 kg N/ha beträgt dann nur noch 100 kg/ha. In diesem praxisnahen Beispiel werden dann insge-

samt 120 bis 130 kg N/ha aus dem Stickstoffpool des Bodens nachgeliefert.

Wie viel muss gedüngt werden?

Zur Ermittlung des Düngerbedarfs liegen geeignete Untersuchungsmethoden vor. So ist die Anwendung und Umsetzung der $N_{\min}$ -Sollwertmethode eine über Jahre bewährte Maßnahme zur Bestimmung der Stickstoffdüngungshöhe. Hierbei wird vor der Aussaat des Maises eine Bodenbeprobung durchgeführt, um den bereits im Boden pflanzenverfügbaren mineralischen Stickstoff ($N_{\min}$) einzu-

beziehen. Aus Feldversuchen ist bekannt, dass Mais für einen ökonomisch optimalen Ertrag ein Stickstoffangebot aus dem Boden und der zugeführten Düngung von durchschnittlich 180 kg N/ha benötigt. Die Ableitung dieser Empfehlung enthält Abbildung 1. Die mittlere optimale N-Düngung beträgt in diesen Versuchen 162 kg/ha. Rechnet man den mittleren $N_{\min}$ -Wert von 15 kg N/ha dazu, so ergibt sich aufgerundet der N-Sollwert von 180 kg/ha. Hierbei variiert infolge der Witterung und Bewirtschaftung das N-Optimum um circa 20 kg N/ha. Diese standortspezifischen Eigenschaften und Bewirtschaftungsverhältnisse sind bei der Bemessung der N-Gabe zusätzlich zu berücksichtigen. Hier gibt es Korrekturfaktoren für den Sollwert. So müssen beispielsweise die N-Nachlieferung des Bodens, eine mögliche Gründüngungsvorfrucht sowie eine

Tab. 1: N-Düngungsempfehlung zu Mais der LWK Niedersachsen

Sollwert (kg N/ha): 180	Vegetationsbeginn
	$180 - N_{\min}$
A: Anpassung an Standort (kg N/ha):	
- 40	bei langjähriger organischer Düngung*
B: Weitere Anpassung an Standort, Bewirtschaftung und Witterung (kg N/ha):	
Sollwert bzw. Düngung erhöhen:	
bis + 20	bei standortbedingter schlechter N-Nachlieferung
Sollwert bzw. Düngung reduzieren:	
bis - 20	bei standortbedingter guter N-Nachlieferung
bis - 20	bei Gründüngungsvorfrucht (je nach Aufwuchsmenge und Abfrierttermin)
Die Summe der Zu- und Abschläge unter B sollten 20 kg N/ha nicht überschreiten.	
*i.d.R. bei P-Gehalten in der Krume > 13 mg P-CAL / 100 g Boden	

langjährige organische Düngung entsprechend angerechnet werden. Die Empfehlung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Die Rechenbeispiele in Tabelle 2 zeigen, dass bei einem derartig korrigierten Sollwert in Betrieben mit hohem Gülle- bzw. Gärresteanfall, abgesehen vom Stickstoff aus der Unterfußdüngung, i. d. R. keine weitere Ergänzungsdüngung mit mineralischem Stickstoff notwendig ist. Der noch verbleibende N-Düngerbedarf ist in den meisten Fällen gering und kann durch die in den Betrieben anfallende Gülle bzw. den anfallenden Gärrest abgedeckt werden. Im Beispiel 1 (Sandboden mit Vieh-



Im Zweitfruchtanbau kann die N-Düngung zu Silomais reduziert werden Foto: Werkfoto

haltung und langjähriger organischer Düngung) sind dies noch 90 kg N/ha, im Beispiel 2 (tiefgründiger Lehm Boden ohne Viehhaltung und langjährige organische Düngung) nur noch 80 kg N/ha. Bei mittleren N-Gehalten der organischen Dünger entspräche dies bei einer unterstellten Ausnutzung des Gesamtstickstoffs von 70 Prozent Gülle- bzw. Gärrestmengen von etwa 20 bis 25 cbm.

Von einigen Beratern wird, nachdem zur Saat eine ausreichende N-Menge gedüngt wurde, Ende Mai bzw. Anfang Juni eine N_{min} -Untersuchung durchgeführt. Dadurch soll Stickstoff, der bereits bis zu diesem Zeitpunkt mineralisiert ist, erfasst und damit die Düngerbedarfsbestimmung genauer gemacht werden. Die-

se Vorgehensweise ist allerdings mit hohen Risiken verbunden, da die Messung des N_{min} -Gehaltes auf frisch gedüngten Böden nur bei höchster Sorgfalt fehlerfrei durchgeführt werden kann.

Mais als Zweitfrucht

Im Rahmen der Biogasproduktion wird in einigen Regionen der Silomais vermehrt als Zweitfrucht nach Getreide-GPS angebaut. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen eines Feldversuchs auf einem schwach humosen Standort, der langjährig organisch gedüngt wurde, die N-Optima von Silomais im Ein- und Zweitfruchtanbau bestimmt.

Lag das N-Optimum beim Silomais im Einfruchtanbau im Bereich von 180 kg N/ha, reichten im Zweitfruchtanbau (Vorfrucht Roggen-GPS) aufgrund der N-Nachlieferung der Vorfrucht und eines geringeren N-Bedarfs der Maispflanzen aufgrund einer kürzeren Wachstumsperiode circa 140 kg N/ha zur Erzielung des optimalen Silomaisertrages aus, sodass nach diesen Ergebnissen im Zweitfruchtanbau die optimale N-Düngung zu Silomais um circa 40 kg N/ha zu reduzieren ist (Abb. 2).

Einfluss der N-Düngung auf die Silomaisqualität

Zur Beurteilung der N-Wirkung auf die Futterqualität wurde im Rahmen von Feldversuchen der Einfluss gestaffelter N-Gaben auf den TS-Gehalt, den Rohproteingehalt und die Energiedichte ermittelt. Im Rahmen der durchgeführten Versuche hatte die verabreichte N-Düngung lediglich einen gerichteten Einfluss auf den Rohproteingehalt. So wurden die Rohproteingehalte durch steigende N-Gaben erhöht. Ein Einfluss steigender N-Gaben auf den TS-Gehalt und die Energiedichte war hingegen nicht zu erkennen. Weitergehende Versuche belegen jedoch, dass der Rohproteingehalt nicht nur durch die N-Düngung, sondern in einem hohen Maß durch die Jahreswitterung, den Standort und die Silomaisorte beeinflusst wird.

Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Gärresten

Auf den meisten Maisflächen wird die gesamte N-Gabe in Form der Unterfußdüngung (Mono- oder Diammonphosphat) sowie mit Gülle bzw. Gärrest vor bzw. zu der Saat ausgebracht. Auf sehr durchlässigen Böden ist jedoch eine Aufteilung zu empfehlen.

Die eingesetzten organischen Dünger besitzen nicht die Stickstoffwirkung von Mineraldüngern; sie haben ein sogenanntes geringeres Mineraldüngeräquivalent. Ein Wert von 70 Prozent z. B. für Gülle bedeutet, dass 1 kg Stickstoff aus Gülle zu 70 Prozent wie Mineraldünger wirkt.

Die eingesetzten organischen Dünger sollten deshalb vor Ausbringung auf ihre Nährstoffgehalte hin untersucht und ihre für die Pflanzen verfügbaren Nährstoffanteile bei der Düngplanung berücksichtigt werden, um eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung zu gewährleisten.

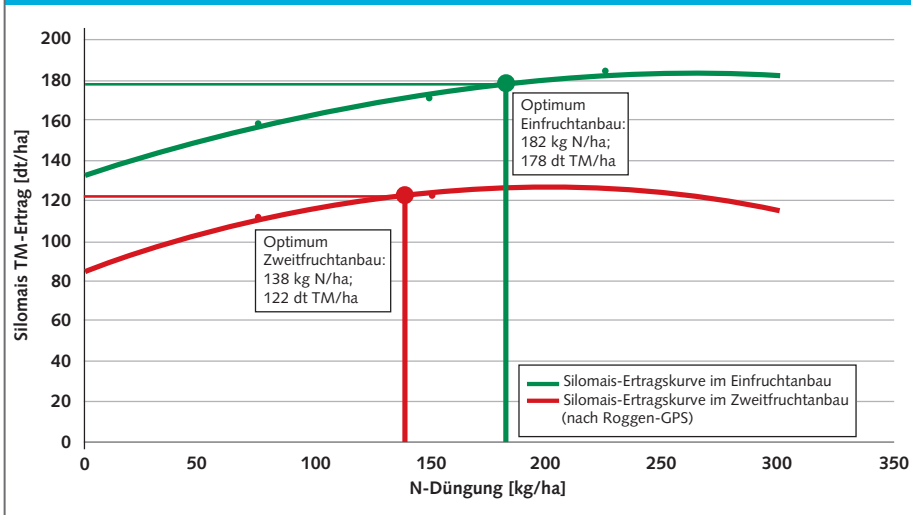
Tab. 2: Beispiele für die N-Düngerbedarfsermittlung bei Mais auf der Basis der N_{min} -Methode (Empfehlungen LWK Niedersachsen)

Beispiel 1: Sandboden mit langjähriger organischer Düngung und Viehhaltung

Beispiel 2: Lehm Boden, viehlos, ohne langjährige organische Düngung und Biogasproduktion

	N-Sollwert 180 kg/ha		
	Beispiel 1	Beispiel 2	
abzüglich			
N_{min} im Boden im Frühjahr (0–60 cm)	30	50	Eigene Untersuchungen oder Ergebnisse von Testflächen
	Rest	150	130
abzüglich			
N-Nachlieferung aus Zwischenfrucht	0	20	Je nach Aufwuchshöhe und N-Düngung abschätzen
	Rest	150	110
abzüglich			
Korrektur für langjährig organische Düngung	40	0	
	Rest	110	110
abzüglich			
Stickstoff aus der geplanten Unterfußdüngung	20	30	
	Rest	90	80

Abb. 2: Einfluss der N-Düngung auf den Silomaissertrag im Ein- und Zweitfruchtanbau (jeweils 2 Versuche)



Neben den $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalten wird die N-Wirkung der organischen Nährstoffträger durch die Umsetzung des organisch gebundenen Stickstoffs und durch die gasförmigen N-Verluste während der Ausbringung beeinflusst. Insbesondere

die Umsetzung des organisch gebundenen Stickstoffs ist abhängig von der Witterung, vom Standort und der Bewirtschaftung.

Werden Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft oder Gärreste zu Mais einge-

setzt, so sollten diese Dünger hinsichtlich einer optimalen N-Ausnutzung zeitnah zur Maisbestellung, d. h. Ende März/Anfang April, ausgebracht werden. Zur Vermeidung bzw. Verminderung von NH_3 -Verlusten sollten diese mit verlustarmer Technik appliziert und im Anschluss an die Ausbringung unverzüglich in den Boden eingearbeitet werden.

Tab. 3: Wirkung des Stickstoffs (% vom Gesamt-N) in org. Düngern

organischer Dünger	Getreide	Mais
Gärreste	60 %	70 %
Rindergülle	60 %	70 %
Schweinegülle	70 %	80 %
Putenmist	25 %	50 %
Hähnchenmist	30 %	60 %
Hühner trockenkot	60 %	80 %

Im Vergleich zu Getreide und Raps nutzt der Silomais den in Wirtschaftsdüngern und Gärresten organisch gebundenen Stickstoff sehr gut aus, was gleichfalls auf eine gute zeitliche Über-

einstimmung der N-Freisetzung des organisch gebundenen Stickstoffs und des N-Bedarfs der Maispflanzen zurückzuführen ist. So liegen die in Feldversuchen unter optimalen Anwendungsbedingungen ermittelten N-Anrechenbarkeiten von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten um circa 10 bis 30 Prozent über den N-Mineraldüngeräquivalenten zu Getreide (Tab. 3).

Reststickstoff im Boden nach der Maisernte

Eine Bodenuntersuchung auf $N_{\min}$ nach der Ernte kann Aufschluss über den Erfolg der durchgeführten Düngung geben und ermöglicht so langfristig eine besser angepasste Düngung. Untersuchungen im Rahmen des Wasserschutzes belegen, dass bei einer optimalen N-Düngung auf einer Vielzahl von Standorten die Rest-

$N_{\min}$ -Gehalte in einem moderaten Bereich liegen. So ist es durchaus möglich, Mais mit Rest- $N_{\min}$ -Gehalten von 50 kg $N_{\min}$ /ha anzubauen. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass neben der N-Düngung auch der Standort und die Jahreswitterung einen entscheidenden Einfluss auf die Reststickstoffmengen haben. Nach unseren Untersuchungen ist oftmals auf Standorten mit einer hohen N-Nachlieferung ein deutli-

■ KOMMENTAR ■■■

Mais – viel besser als sein Ruf

Hans-Georg Frede, Gießen

Mais ist auf dem Vormarsch. Insbesondere der Silomais hat in jüngster Vergangenheit an relativer Vorzüglichkeit gegenüber anderen Kulturen gewonnen. Dazu hat nicht zuletzt der große Bedarf aus Biogasanlagen beigetragen. Dieser Vormarsch erfolgte und erfolgt trotz des schlechten Rufes, den der Mais in Bezug auf seine Umweltfreundlichkeit hat: Keine Kulturpflanze ist mehr mit negativen Attributen wie Erosion, Nährstoff-



Prof. Hans-Georg Frede, Gießen

austrag, hohem Wasserverbrauch, Belastung mit Pflanzenschutzmitteln belegt als der Mais. Diese negative Einschätzung ist so, wie sie immer wieder vorgetragen wird, nicht gerechtfertigt. Wenn man z. B. in Bezug auf die Stickstoffausnutzung den verwerteten und damit den von der Fläche exportierten Nährstoffanteil ins Verhältnis setzt zu dem auf der Fläche verbleibenden Anteil, dann ergibt sich für den Silomais ein verwerteter Anteil von circa 90 Prozent, dem ein auf der Fläche verbleibender Anteil von nur 10 Prozent gegenübersteht. Beim Körnermais liegt das Verhältnis bei circa 75:25, beim Raps dagegen bei etwa 50:50. Die bedarfsgerecht eingesetzten Nährstoffe werden damit also mit der Maisernte zum allergrößten Teil von der Fläche abgefahren. Es gibt kaum eine Kultur, die ein günstigeres Verhältnis von Nährstoffzufuhr und -abfuhr aufweist als der Mais. Auch beim Wasserverbrauch sind die pauschal vorgebrachten Vorwürfe nicht gerechtfertigt. Unberücksichtigt bleibt oft,

dass Mais als C4-Pflanze weniger Wasser je erzeugter Einheit Trockensubstanz verbraucht als C3-Pflanzen. Und bei dem Argument, dass die Vegetationszeit beim Mais bis in den Herbst hinein reicht, ist entgegenzuhalten, dass die Vegetation auch deutlich später beginnt als bei Getreidekulturen. In der Summe bedeutet dieses, dass der Mais nicht mehr Wasser verbraucht als Getreidekulturen.

Ein Problem beim Mais ist sicherlich, dass er oftmals nicht bedarfsgerecht gedüngt wird. Es ist zwar aus Feldversuchen bekannt, dass für einen ökonomisch optimalen Ertrag lediglich circa 180 kg N pro ha benötigt werden und dass auch für den Trockensubstanzgehalt und die Energiedichte keine höhere N-Düngung nötig ist. Dennoch liegt die N-Düngung in der Praxis häufig höher. Einer der Gründe ist sicherlich der, dass der in Form von Gülle zugeführte Stickstoff nicht exakt in die Düngeplanung einbezogen wird. Das liegt zum einen an schwankenden Nährstoffgehalten in der Gülle, die sich aber durch entsprechende Nährstoffuntersuchungen besser einschätzen lassen. Gasförmige N-Verluste stellen eine weitere Quelle der Unsicherheit dar, die allerdings in einer circa 70-prozentigen Ausnutzung des in der Gülle enthaltenen Gesamtstickstoffs Berücksichtigung finden. Um die im Boden durch Mineralisation bereits vorhandenen N-Mengen besser berücksichtigen zu können, bleibt nichts anderes übrig, als sie möglichst zeitnah über

entsprechende $N_{\min}$ -Analysen untersuchen zu lassen. „Zeitnah“ heißt in diesem Fall, dass die Analyse erst ab Mitte Mai erfolgen sollte und die Ergebnisse in die Berechnung des Gesamt-N-Bedarfs einfließen sollten.

Trotz aller Fortschritte in der Düngungstechnik besteht aber nach wie vor Forschungsbedarf zur besseren Anpassung der Düngung an den Bedarf. Diese Notwendigkeit ergibt sich in besonderer Weise aus dem Umstand, dass die Nährstoffverfügbarkeit im Boden stark vom Witterungsgeschehen beeinflusst wird und der Einfluss des Wetters schwer kalkulierbar ist. Die Übertragung der durchaus positiven Ergebnisse der N-Sensortechnik aus dem Getreide- in den Maisanbau ist vielleicht ein methodischer Ansatz, aber technische Probleme vor allem in der Jugendentwicklung der Maispflanze lassen doch den Schluss zu, dass diese Technik für Mais noch nicht praxisreif ist. Ein platzierteres Nährstoffangebot durch die Unterfußdüngung bietet eine weitere Verbesserungsmöglichkeit, unter anderem in Verbindung mit Nitrifikationshemmern. Aber auch hier ist die Praxisreife durch längerfristig anzusetzende Untersuchungen zu prüfen.

Trotz der offenen Fragen ist doch festzustellen, dass der Mais um ein vielfaches besser ist als sein Ruf. Angesichts der Bedeutung des Maisanbaus tun wir gut daran, dieses immer wieder öffentlich zu betonen.

Prof. Dr. Hans-Georg Frede, Professur für Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität, 35392 Gießen, Telefon 0641 99 37380, Fax 0641 99 19843 Hans-Georg.Frede@umwelt.uni-giessen.de

cher Anstieg der Rest- $N_{\min}$ -Gehalte bzw. eine Zunahme der Variabilität der $N_{\min}$ -Werte mit steigender N-Düngung zu verzeichnen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auf diesen Standorten ein erhöhter Reststickstoffgehalt im Boden nicht grundsätzlich als ein Indiz für eine über dem N-Optimum liegende N-Düngung gewertet werden kann.

Grunddüngung mit Phosphor, Kalium und Magnesium

Die Empfehlungen sind abhängig von den Nährstoffgehalten im Boden. Entsprechen die Nährstoffgehalte der anzustrebenden Klasse C, empfehlen wir für Mais Düngermengen von etwa 100 kg P_2O_5 , 200 kg K_2O und 40 kg MgO . Die Rücklieferung dieser Nährstoffe aus den Ernterückständen der Vorfrucht ist abzuziehen.

Die geringe Nährstoffausnutzung im Jugendstadium und der große Reihenabstand sind Ursache für den Einsatz einer Unterfußdüngung mit NP-Dünger bei nicht ausreichenden P-Gehalten der Böden. Wenn keine Probleme bei der P-Bilanz im Betrieb bestehen, kann auf das bewährte Diammonphosphat (DAP) zurückgegriffen werden. Jedoch stößt bei höheren P-Gehalten im Boden eine Ausbringung von kleineren Mengen als 100 kg schnell an technische Grenzen. In Versuchen und auch in der Praxis haben sich Mischungen von DAP und Kalkammonsalpeter im Verhältnis von 1:1 bewährt, so z. B. eine Mischung pro dt aus 22,5 kg N und 23 kg P_2O_5 . In Betrieben mit intensiver Veredelung fallen sowohl in schweine- als auch geflügelhaltenden Betrieben große Mengen an phosphorreicher Gülle an, deren Verwendung beim



Organische Dünger sollten vor der Ausbringung auf ihre Nährstoffgehalte untersucht werden

Foto: landpixel

Einsatz von mineralischen P-Unterfußdüngern begrenzt werden würde. In diesen Betrieben stellt sich die Frage, ob durch eine Unterfußdüngung mit Gülle die gleichen Effekte wie beim Einsatz von Mineraldüngern erzielt werden können. Aufschluss dazu gibt der Beitrag von Jacobs und Remmersmann in diesem Heft.

Zusammenfassung

Der optimale Silomaisertrag wurde bei einem N-Angebot von 180 kg N/ha erzielt. Die verabreichte N-Düngung hatte keinen Einfluss auf die Silomaisabreife und die Energiedichte. Lediglich die Rohproteingehalte wurden durch steigende N-Gaben erhöht. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Rohproteingehalte von Silomais in einem hohen Maß durch die Jahreswitterung, den Standort und die Silomaisart beeinflusst werden. Wird Silomais als Zweitfrucht angebaut, so ist nach ersten Versuchsergebnissen die optimale N-Düngung zu Silomais um circa 40 kg N/ha zu reduzieren. Hinsichtlich

des optimalen Einsatzes von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten zu Silomais ist zu berücksichtigen, dass der Silomais den organisch gebundenen Stickstoff besser ausnutzt, sodass unter optimalen Anwendungsbedingungen die N-Anrechenbarkeiten von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten zu Mais um circa 10 bis 30 Prozent über den N-Mineraldüngeräquivalenten zu Getreide liegen. <<

■ KONTAKT ■ ■ ■

Dr. Gerhard Baumgärtel

Leiter Fachbereich Pflanzenbau, Saatgut,
LWK NS, 30173 Hannover
Telefon: 0511 3665 4295
Telefax: 0511 994295
gerhard.baumgaertel@lwk-niedersachsen.de

Tim Eiler

LWK NS, 26121 Oldenburg
Telefon: 0441 801735
tim.eiler@lwk-niedersachsen.de