

Sonderdruck

Getreide Magazin



Verlag Th. Mann

3/2008



Kompost fördert S-Versorgung der Pflanzen

Prof. Dr. H. W. Scherer und PD Dr. G. Welp, Institut für Nutzpflanzen und Ressourcenschutz INRES
der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn

Kompost fördert S-Versorgung der Pflanzen

Prof. Dr. H. W. Scherer und PD Dr. G. Welp, Institut für Nutzpflanzen und Ressourcenschutz INRES der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn

Bis vor etwa 25 Jahren wurde dem Nährstoff Schwefel (S) in der landwirtschaftlichen Praxis kaum Beachtung geschenkt. Flächendeckende S-Immissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger stellten bis dahin nämlich die S-Versorgung der Kulturpflanzen sicher. Gesetzliche Bestimmungen zur Reinhaltung der Luft führten aber zu einer Verringerung des S-Eintrages aus der Luft und mit Niederschlägen.

Inzwischen erreicht der S-Eintrag aus der Atmosphäre nur noch ein Niveau von durchschnittlich 10 kg S/ha, was dem Niveau vor dem Beginn der Industrialisierung entspricht. Zusätzlich haben geänderte Düngegewohnheiten, die Umstellung auf viehlose Wirtschaft, d. h. Wegfall von Stallmist oder Gülle, aber auch der Anbau von Hohertragsorten zum Auftreten von S-Mangel bei verschiedenen Kulturpflanzen geführt.

S-Bedarf landwirtschaftlicher Kulturpflanzen

Der S-Bedarf landwirtschaftlicher Kulturpflanzen ist unterschiedlich

hoch. So weisen Kreuziferen, zu denen z. B. der Raps gehört, den höchsten S-Bedarf auf, was auf seine Glucosinolate (früher als Senföle bezeichnet) zurückzuführen ist. Diese stellen eine S-Reserve der Pflanze dar, die bei unzureichender S-Versorgung mobilisiert werden kann. Getreide und Mais, aber auch Zuckerrüben weisen einen relativ geringen S-Bedarf auf. Leguminosen nehmen eine Mittelstellung ein. Bei Körnerleguminosen spielt die S-Versorgung aus zwei Gründen eine wichtige Rolle. Zum einen wirkt sich ein optimales S-Angebot positiv auf den Eiweißgehalt der Samen aus und zum anderen benötigen die Knöllchenbakterien Schwefel für die Bindung des Luftstickstoffes. In Tabelle 1 ist der S-Entzug wichtiger

Tab. 1: Schwefel-Entzüge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen

Kultur	Ertragsziel dt/ha	S-Aufnahme (Gesamtpflanze kg/ha)
Getreide	70 – 100	25 – 45
Körnermais	80 – 120	25 – 40
Leguminosen	50 – 60	40 – 60
Raps	40 – 50	60 – 80
Zuckerrüben	90 – 120	35 – 50

landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bei entsprechendem Ertragsniveau aufgeführt.

S-Gehalte und S-Bindungsformen landwirtschaftlich genutzter Böden

Böden enthalten zwischen 200 und 1000 kg Gesamt-S pro Hektar. Er setzt sich aus anorganischen und organischen S-Bindungsformen zusammen, wobei der Anteil des anorganisch gebundenen S zwischen 2 und 40 % ausmacht, in der Regel aber weniger als 10 % beträgt.

Innerhalb der anorganischen Fraktion stellt Sulfat (SO_4^{2-}) die mengenmäßig bedeutendste S-Bindungsform dar. Sulfat kann frei in der Bodenlösung vorliegen, aber auch an Bodenteilchen gebunden vorkommen. Das Erstere spielt aufgrund seiner hohen Mobilität für die S-Versorgung der Pflanzen die wichtigste Rolle. Seine Konzentration wird in hohem Maße von den Eigenschaften der Böden und der Art der Bewirtschaftung beeinflusst. Aber auch jahreszeitliche Einflüsse wie Auswaschung oder der Entzug durch die angebauten Pflanzen führen zu gewissen Schwankungen.

Nicht zu unterschätzen ist die SO_4 -Nachlieferung aus organischen Bindungsformen nach Zufuhr organischer Dünger wie Kompost.

Der organisch gebundene Schwefel, der häufig etwa 90 % des Gesamt-S ausmacht, stellt die große S-Reserve der Böden dar. Diesem muss wegen seiner Bedeutung für die S-Nachlieferung während der Vegetationsperiode besondere Beachtung beigemessen werden. Organische Bindungsformen müssen aber erst in die Sulfat-Form überführt werden, bevor der in ihnen enthaltene Schwefel von den Pflanzen genutzt werden kann. Bei diesem als Mineralisierung bezeichneten Vorgang, der ähnlich wie die Stickstoff-Mineralisierung abläuft, werden große S-haltige Verbindungen zunächst in kleinere Untereinheiten zerlegt, aus denen schließlich anorganisch gebundener Sulfat-S gebildet wird. Für diese Mineralisierung sind in erster Linie im Boden tätige Mikroorganismen verantwortlich, die zum Teil Enzyme ausscheiden oder die organische Substanz des Bodens für ihre Energiegewinnung nutzen und dabei Schwefel freisetzen. Die mikrobielle Biomasse selbst repräsentiert eine sehr labile

Schwefelmangel (links) in Gerste



Tab. 2: Einfluss langjährig differenzierter organischer Düngung auf die S-Bindungsformen im Boden

Variante	Gesamt-Schwefel	Organisch gebundener S	Anorganisch gebundener S
	mg/kg Boden		
M	193	166	27
K1	223	197	26
K2	298	266	31
S1	178	158	20
S2	200	180	20

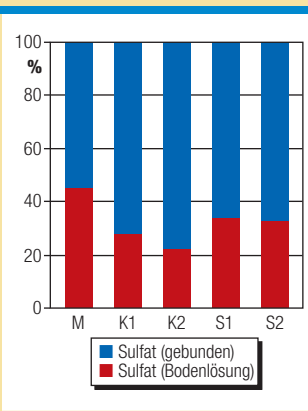
organische S-Fraktion. Sie macht zwar nur zwischen 1 und 4 % des organisch gebundenen Bodenschwefels aus, ist aber wesentlich am Umsatz organischer S-haltiger Verbindungen und somit an der S-Nachlieferung beteiligt. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass der Umfang der Mineralisierung organischer S-Verbindungen von Faktoren abhängt, die die Aktivität der Mikroorganismen beeinflussen, wie z. B. Temperatur, Bodenfeuchte und pH-Wert, sie aber auch durch die Zufuhr kohlenstoffreicher Verbindungen, wie sie z. B. im Kompost vorliegen, gefördert wird.

Schwefel-Fraktionen im Boden nach langjähriger Kompostzufuhr

In einem seit 1960 am INRES – Pflanzenernährung der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonnlaufenden Dauerfeldversuch mit einer dreigliedrigen Felderfolge (Hackfrucht, Getreide, Getreide) wurde kürzlich der Einfluss langjährig in Form und Höhe differenzierter organischer Düngung (Kompost in praxisüblicher [K1] und vierfach höherer Gabe [K2] sowie Stallmist [S1] in praxisüblicher und doppelter Gabe [S2]) im Vergleich zu einer reinen Mineraldüngung [M] auf S-Bindungsformen und S-Nachlieferung untersucht. Die organische Düngung erfolgte jeweils vor der Hackfrucht. Langjährige Kompostdüngung hat im Vergleich zu ausschließlicher Mineraldüngung zu einem deutlichen Anstieg des Gesamt-S-Gehaltes des Bodens geführt (Tabelle 2). Aber auch im Vergleich zu Stallmistdüngung schneidet Kompost besser ab. Dieser Anstieg ist in erster Linie auf die Anreicherung organischer S-Verbindungen zurückzuführen und weniger auf anorganische S-Verbindungen.

Dies ist als sehr positiv zu bewerten, da Schwefel in Form von Sulfat im Boden sehr mobil und besonders bei den in Deutschland vorherrschenden pH-Werten landwirtschaftlich genutzter Böden (in der Regel >pH 5) somit auch stark auswaschungsgefährdet ist. So kann

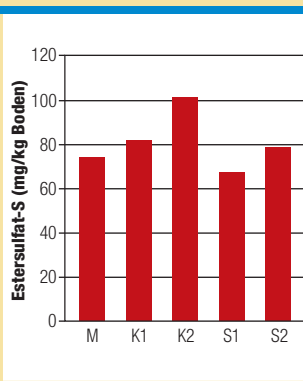
Abb. 1: Prozentuale Verteilung der anorganischen S-Fraktion



sich die Menge an ausgewaschenem Schwefel pro ha und Jahr bis auf über 70 kg/ha belaufen und deutlich über dem S-Entzug der Pflanzen liegen.

Abbildung 1 zeigt den Einfluss organischer Düngung auf die prozentuale Verteilung des Sulfates. Es konnte nachgewiesen werden, dass der Anteil des in der Bodenlösung vorliegenden Sulfates bei Mineraldüngung und Stallmistzufuhr höher ist als in den mit Kompost gedüngten Varianten, was auf die Ca-Zufuhr mittels Kompost zurückzuführen ist. Diese Beobachtung ist eher als vorteilhaft anzusehen, da hierdurch die Auswaschung des Sulfates vermindert wird, das gebundene Sulfat in gegebenem Fall aber freigesetzt werden und zur S-Versorgung der Pflanzen beitragen kann.

Abb. 2: Einfluss langjährig differenzierter organischer Düngung auf die Gehalte an Estersulfat



Organische S-Verbindungen im Boden

Für die S-Nachlieferung während der Vegetationsperiode spielen in erster Linie die in Form der Estersulfate vorliegenden organischen S-Verbindungen eine wichtige Rolle. Diese werden besonders durch Kompostzufuhr angereichert (Abb. 2). Hinzu kommt, dass die Mineralisierung dieser Verbindungen in engem Zusammenhang mit der mikrobiellen Aktivität der Böden steht. Mikroorganismen scheiden nämlich ein Enzym aus, welches Sulfat aus den Estersulfaten abspaltet.

Wie Abbildung 3 zeigt, wird die Aktivität dieses Enzyms von der Düngung beeinflusst. Sie ist in dem mit Kompost gedüngten Boden am

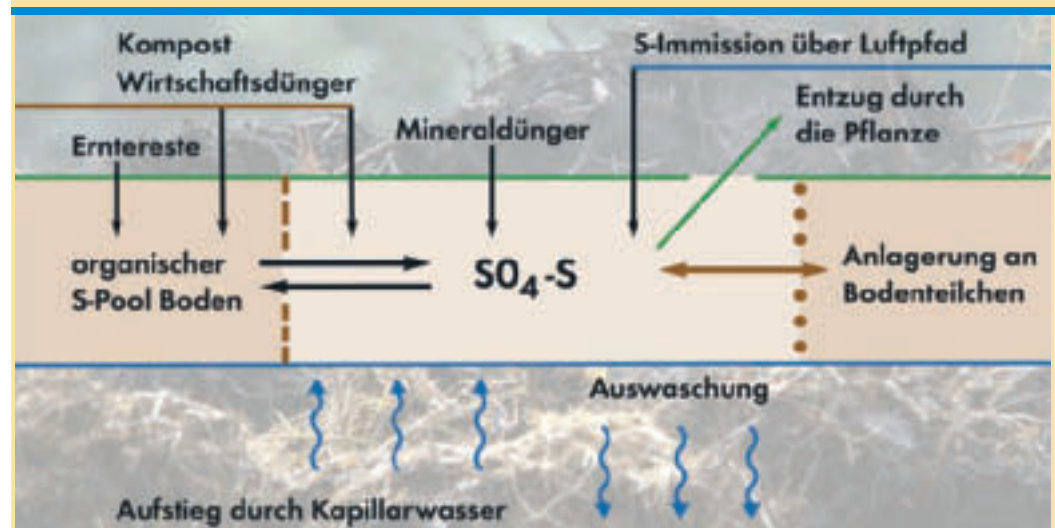
höchsten, gefolgt von der Variante mit Stallmist-Düngung. Die niedrigste Aktivität liegt in der Mineraldüngervariante vor. Interessanterweise hat auch die angebaute Pflanze einen Einfluss auf die Enzymaktivität. Untersuchungen mit verschiedenen Pflanzenarten zeigen nämlich, dass die Aktivität im Wurzelraum von Kruziferen wie Senf und Raps, die sich durch einen hohen S-Bedarf auszeichnen, sehr viel höher ist als bei Gramineen wie Weizen oder Gras.

Wie wirkt sich die Kompostzufuhr auf die S-Versorgung der Pflanzen aus?

Für den Landwirt ist entscheidend, dass der mittels Kompost zugeführte Schwefel auch düngewirksam wird und somit zur S-Versorgung der Pflanzen beiträgt. Ergebnisse hierzu hat ein Gefäßversuch mit Schnittsalat geliefert, bei dem Bodenproben aus dem langjährigen Dauerdüngungsversuch herangezogen wurden. Untersucht wurden dabei sowohl die S-Entzüge des oberirdischen Aufwuchses als auch der Wurzeln.

In Abbildung 4 ist der Gesamt-S-Entzug dargestellt. In den beiden Kompostvarianten wurden die höchsten S-Entzüge ermittelt, während die beiden Stallmistvarianten selbst hinter der Mineraldüngungsvariante lagen. Der höhere S-Entzug

Schwefel-Dynamik im Boden



der Kompostvarianten im Vergleich zu den Stallmistvarianten ist dabei nicht nur auf den höheren Gehalt an Sulfat, das den Pflanzen unmittelbar zur Verfügung steht, zurückzuführen, sondern auch auf die S-Nachlieferung aus den organischen S-Verbindungen, die durch die langjährige Kompostzufuhr im Boden angereichert wurden.

Schwefel-Immobilisierung

Neben der Freisetzung von Schwefel aus der organischen Substanz kann es auch zur S-Festlegung durch Mikroorganismen kommen. Sie nehmen Sulfat auf und



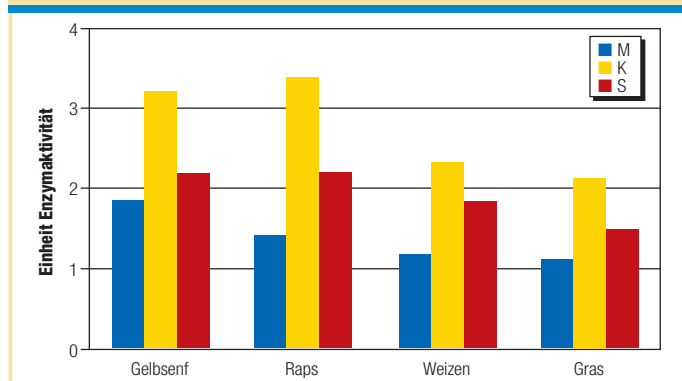
Wintergerste mit Schwefelmangel (links) und mit guter S-Versorgung (rechts)
(Quelle: Getreide – Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter, Verlag Th. Mann)

zu einer ausschließlichen mineralischen S-Düngung bei der ersteren von einer höheren Bereitstellung von pflanzenverfügbarem SO_4^{2-} ausgegangen werden kann.

Fazit

Zusammenfassend belegen diese Ergebnisse des Langzeitdauer-versuches, dass der in Form von Kompost zugeführte Schwefel – die Menge beläuft sich auf rund 50 kg S/ha bei einer Kompostgabe von 30 t – düngewirksam wird, d. h. zur S-Versorgung der Pflanzen beiträgt und somit für den Landwirt von ökonomischer Bedeutung ist. Hervorgehoben werden soll aber auch, dass

Abb. 3: Einfluss langjährig differenzierter organischer Düngung auf die Enzymaktivität im Wurzelraum verschiedener Pflanzen



bauen es in organische Substanzen ein. Bei dieser biologischen Festlegung spricht man von Immobilisierung.

Dabei hängt die Immobilisierungsrate in hohem Maße von der Mikroorganismendichte sowie der Zusammensetzung der zugeführten organischen Substanz ab. Ein weites Kohlenstoff : Schwefel (C : S)-Verhältnis fördert die S-Immobilisierung. Zur Immobilisierung von SO_4^{2-} kommt es bei einem C : S-Verhältnis von größer 400 : 1, Werte zwischen 200 und 400 : 1 können sowohl zur Festlegung als auch zur Mineralisation führen.

S-Zufuhr mittels organischer Düngemittel

Neben der S-Zufuhr in Form von Mineraldüngern, wie z. B. Schwefel-

saures Ammoniak, Superphosphat oder Kaliumsulfat spielt gleichermaßen auch die S-Zufuhr in Form von Wirtschaftsdüngern und Sekundärrohstoffdüngern eine wichtige Rolle für die S-Versorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen.

Mit letzteren kann zumindest aufgrund ihrer S-Gehalte (Tabelle 3) ein Teil des S-Bedarfs gedeckt werden.

Tab. 3: Mittlerer S-Gehalt von Wirtschaftsdüngern und Bioabfallkompost

Organischer Dünger	TS in %	S-Gehalt	kg S in 10 m ³ bzw. 100 dt
Rindergülle	10	0,40 – 0,60 kg m ³	4 – 6
Schweinegülle	10	0,60 – 0,70 kg m ³	6 – 7
Hühnergülle	10	0,40 – 0,60 kg m ³	4 – 6
Bioabfallkompost	60	0,14 – 0,16 kg/dt	14 – 16

(Quelle: Merkblatt „Schwefelgehalte in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und organischen Düngestoffen“, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft)

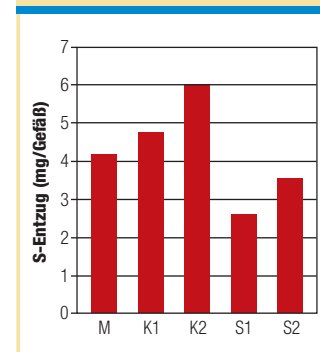
Bodenuntersuchung zur Ermittlung des mineralischen Schwefels (S_{min})

Während die N_{min} -Untersuchung zur Ermittlung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im zeitigen Frühjahr in der Praxis sehr weit verbreitet ist, ist die Bewertung der S_{min} -Gehalte zurzeit noch recht unsicher.

Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die hohe Mobilität des SO_4^{2-} das Festlegen einer Beprobungstiefe erschwert und zum anderen SO_4^{2-} mittels kapillaren Aufstiegs des Bodenwasser wieder in den Wurzelraum zurück verlagert werden kann. Um eventuellen Unsicherheiten bei der S-Versorgung der Pflanzen vorzubeugen, kommt deshalb der S-Nachlieferung aus dem Vorrat der organischen S-Verbindungen eine besondere Bedeutung zu.

Diese können z. B. durch langjährige Kompost-Düngung angereichert werden, sodass im Vergleich

Abb. 4: Einfluss langjährig differenzierter organischer Düngung auf den S-Entzug von Schnittsalat



die S-Versorgung der Kulturpflanzen von ökologischer Bedeutung ist. Stickstoff (N) kann nämlich nur bei einer ausreichenden S-Versorgung optimal ausgenutzt werden. So führt jedes kg S, welches das Pflanzenwachstum begrenzt, zu einem N-Verlust von 4–15 kg. Darüber hinaus führen zusätzliche N-Gaben bei bereits aufgetretenem S-Mangel zu einer Verstärkung des S-Mangels und folglich auch zu einer Reduzierung des Ertrags.

KONTAKT
Prof. Dr. Heinrich W. Scherer
 Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES) der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
 Telefon: 0228 732853
 Telefax: 0228 732489
 E-Mail: h.scherer@uni-bonn.de