



Merkblatt

Schwefeldüngung in Thüringen

Bedeutung von Schwefel in der Pflanzenernährung

Schwefel (S) ist ein essenzieller Pflanzennährstoff und muss für stabile Erträge und eine hohe Qualität der Ernteprodukte den Pflanzen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. In der Vergangenheit war die S-Ernährung der Pflanzen insbesondere aufgrund des hohen S-Eintrages aus der Luft aber auch infolge des hohen Anfalls von Wirtschaftsdüngern und der Anwendung S-haltiger Mineraldünger zumeist gesichert.

Der S-Eintrag aus diesen Quellen ist insgesamt stark rückläufig. Während sich in Nordwestdeutschland bereits seit den 80er Jahren ein S-Düngebedarf zeigte, verzögerte sich das Auftreten eines visuellen S-Mangels in den neuen Bundesländern. Ab Mitte der 90er Jahre sind auf Praxisflächen in Thüringen deutliche S-Mangelerscheinungen aufgetreten, insbesondere an Winterraps auf leichten Buntsandsteinverwitterungsstandorten sowie skelettreichen Böden.

Neben der Absicherung des S-Bedarfes der Kulturpflanzen zur Ertragsbildung treten zunehmend weitere Effekte einer ausreichenden S-Ernährung in den Vordergrund. Neuere Untersuchungen belegen unter anderem eine Förderung der Backqualität von Winterweizen sowie der Krankheitsresistenz verschiedener Arten durch bedarfsgerechte S-Düngung.

S-Dynamik im Boden

Die Pflanzen nehmen Schwefel vorwiegend als Sulfation (SO_4^{2-}) aus dem Boden auf. Sulfat ist analog zu Nitrat sehr gut wasserlöslich. Mit dem Sickerwasser wird es schnell in tiefere Bodenschichten verlagert und steht dann den Pflanzen nicht mehr zur Aufnahme zur Verfügung. Andererseits bewirkt kapillarer Wasseraufstieg aus dem Unterboden häufig eine Erhöhung des Sulfatgehaltes im Wurzelbereich der Pflanzen. Diese Wirkung ist in erster Linie auf tiefgründigen Böden (z. B. Löss und Lehm Böden) zu beobachten.

Wichtige Quellen für die S-Zufuhr zum Boden stellen die atmosphärische S-Deposition sowie die Düngung von S-haltigen Mineral-, Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern dar. In Thüringen ist der jährliche S-Eintrag aus der Atmosphäre in den letzten Jahren weiter gesunken und beträgt gegenwärtig weniger als 10 kg S/ha. Mit organischen Düngestoffen (Auswahl) werden folgende S-Mengen dem Boden zugeführt:

- Rindermist (25 % TS): 7 - 8 kg S/100 dt
- Schweinemist (25 % TS): 9 - 11 kg S/100 dt
- Rindergülle (10 % TS): 4 - 6 kg S/10 m³
- Schweinegülle (10 % TS): 6 - 7 kg S/10 m³

Den genannten Positionen der S-Zufuhr zum Boden stehen die S-Abfuhr mit der Ernte sowie S-Auswaschungsverluste gegenüber.

S-Bedarf landwirtschaftlicher Kulturen

Der S-Bedarf der einzelnen Kulturen unterscheidet sich erheblich. Winter- und Sommerraps besitzen einen hohen S-Bedarf. Starker S-Mangel kann bei diesen Kulturen zu fast totalem Ertragsausfall und demzufolge auch zum höchsten Ertragszuwachs durch S-Düngung führen. Vergleichbares Ertragsverhalten zeigen auch Crambe, Öllein und Ölrettich (Tab. 1).

Tabelle 1: S-Bedarf landwirtschaftlicher Ackerkulturen

hoher S-Bedarf	mittlerer S-Bedarf	niedriger S-Bedarf
Winter- und Sommerraps, Crambe, Ölrettich, Öllein	Winter- und Sommergerste, Winterroggen, Wintertriticale, Winterweizen, Gräser, Hafer, Futter- und Zuckerrübe	Luzerne, Rotklee, Mais, Kartoffeln

Zu der Gruppe mit mittlerem S-Bedarf lassen sich alle Getreidearten, Gräser und Beta-rüben zusammenfassen. Abgeschwächte Ertragsreaktionen sind bei Rotklee, Luzerne sowie Silomais festzustellen. Die geringsten Ertragsverluste bei S-Mangel im Boden zeigten Kartoffeln.

Ermittlung des S-Düngebedarfes

Für die Bemessung der S-Düngung haben sich neben dem S-Bedarf (S-Entzug) der Pflanzen auch Standortbedingungen wie Bodenart, Tiefgründigkeit, Steinanteil und Sickerwassermenge als bedeutsame Faktoren herausgestellt.

Leichte und flachgründige Böden, besonders Böden des mittleren und unteren Buntsandsteins, weisen infolge erheblicher S-Auswaschungsverluste über Winter im Frühjahr häufig niedrige S_{\min} -Gehalte auf. Beim Anbau von Kulturen mit hohem S-Bedarf wird deshalb generell eine S-Düngung im Rahmen der 1. N-Gabe empfohlen. Das gilt auch mit gewisser Abschwächung für flachgründige bzw. stark steinhaltige Schiefer- und Muschelkalkverwitterungsböden.

Tiefgründige Löss- und Lehmböden in Trockenlagen erfordern häufig keine S-Düngung, da auf diesen Standorten die S-Auswaschung relativ gering ist und die überwiegend hohen S-Vorräte tieferer Bodenschichten infolge kapillaren Wasseraufstiegs den Pflanzen zur Verfügung stehen. Ergebnisse von Feldversuchen belegen, dass selbst bei niedrigen S_{\min} -Gehalten im Boden zu Vegetationsbeginn eine S-Düngewirkung ausgeblieben ist, da die Pflanzen nach kapillarem Aufstieg von sulfathaltigem Wasser den S-Vorrat tieferer Bodenschichten nutzen konnten. Auch tiefgründige Keuper- und Zechsteinböden zählen zu dieser Gruppe.

Für alle anderen Standorte lässt sich eine solche Aussage nicht treffen. Deshalb sollte hier der S-Düngebedarf mit Hilfe der S_{\min} -Bodenanalyse im Frühjahr ermittelt werden. Standorte auf denen bereits S-Mangelsymptome aufgetreten waren, sind langfristig von S-Mangel bedroht und erfordern eine besondere Beachtung einer bedarfsgerechten S-Düngung.

S_{\min} -Bodenuntersuchung und S-Düngungsempfehlung

Die Untersuchung auf leicht löslichen Schwefel (S_{\min}) wird an den gleichen Bodenproben parallel zur N_{\min} -Analyse aus den Bodenschichten 0 bis 30 und 30 bis 60 cm, gegebenenfalls 60 bis 90 cm, vorgenommen. Unterbleibt die Analyse des S-Gehaltes in 60 bis 90 cm Tiefe, erfolgt bei bis zu 90 cm angegebener Durchwurzelungstiefe der Fläche eine rechnerische Einbeziehung dieser Schicht auf der Basis des S-Gehaltes in der Schicht 30 bis 60 cm (Faktoren: leichte Böden = 0,4; mittlere Böden = 0,8; schwere Böden = 0,6; Löss-schwarzerde = 1,1). Die Schätzung des S_{\min} -Gehaltes in 60 bis 90 cm Tiefe beruht auf lang-jährigen Untersuchungen zur S_{\min} -Verteilung in verschiedenen Bodenschichten.

Die Ergebnisse der S_{\min} -Bodenanalyse ermöglichen die frühzeitige Ableitung einer S-Düngungsempfehlung zu Vegetationsbeginn und das frühe Beheben von S-Mangel im Boden. Ein weiterer Vorteil ist die Einsparung eines zusätzlichen Arbeitsgangs, da die empfohlene S-Düngermenge durch Verwendung S-haltiger Stickstoff-, Kalium-, Magnesium- bzw. Mehrnährstoffdünger mit der 1. N-Gabe zu Vegetationsbeginn ausgebracht werden kann.

Nach dem S-Düngeberatungsprogramm der TLL (SBA) wird eine S-Düngung empfohlen, wenn die Summe aus S_{\min} -Gehalt des Bodens plus anrechenbare S-Zufuhr aus Vorfrucht (Strohdüngung) und organischer Düngung zur Kultur nachfolgende S_{\min} -Sollwerte unterschreiten (Tab. 2).

Tabelle 2: S_{\min} -Sollwert und erforderliche S-Düngung für ausgewählte Kulturen bei Unterschreiten des S_{\min} -Sollwertes (Stand: 10/2008)

Kulturart	S_{\min} -Sollwert ¹⁾ kg S/ha	erforderliche S-Düngung kg S/ha
Raps	60	30 bis 40
Wintergetreide	50	20 bis 30
Öllein, Sonnenblume	40	30
Sommergetreide	40	20
Kartoffel, Mais	20 bis 30	20

¹⁾ = verfügbarer S_{\min} -Gehalt im durchwurzelbaren Boden bis max. 90 cm Tiefe

Die TLL stellt in jedem Frühjahr bodenartsspezifische Richtwerte für mittlere S_{\min} -Gehalte zur Verfügung (www.tll.de/ainfo bzw. Aktueller Rat in der Fachpresse). Diese können zur Abschätzung des S-Düngebedarfes herangezogen werden.

Als S-Düngemittel im Ackerbau kommen unter anderem S-haltige N- bzw. Mehrnährstoffdünger unter Berücksichtigung der erforderlichen N-Düngung sowie bei bestehendem K- oder Mg-Düngebedarf schwefelhaltige K- oder Mg-Dünger in Betracht.

Die S-Zufuhr über Wirtschafts- oder Sekundärrohstoffdünger im Frühjahr ist häufig nicht geeignet, kurzfristig die S-Versorgung der Böden zu verbessern, da der organisch gebundene Schwefel dieser Düngemittel zunächst nicht pflanzenverfügbar ist und erst nach Mineralisierung von den Pflanzen aufgenommen werden können. Von diesen Düngemitteln geht eher eine überwiegend mittelfristige S-Düngewirkung aus.

S-Mangelsymptome

Bei Winterraps treten S-Mangelsymptome vorwiegend an jüngeren und mittleren Blättern auf und können sich auch auf weitere Blätter ausdehnen. Zunächst vergilben Blatt- rand und -spreite, während die Blattadern noch grün bleiben. Es kommt zur löffelartigen starren Wölbung der Blätter nach oben (Starrtracht) und zur teilweisen anthocya- nen Verfärbung. S-Mangelpflanzen fallen im Bestand durch eine verzögerte Blüte, klei- ne hellgelbe bis weiße Blüten sowie zur Reife durch einen verminderten Samenansatz in der Schote und zum Teil auch rotviolette Verfärbung der Schotenwände auf. Im Ge- gensatz zu S-Mangel bewirkt N-Mangel das Vergilben der älteren Blätter. Bei starkem N-Mangel erscheint auch eine rötliche bis rotviolette Blattfarbe.

S-Mangelernährung führt bei Getreide und Mais zum Vergilben der Pflanzen, begin- nend an den jüngeren Blättern. Die betroffenen Pflanzen sind im Wachstum gehemmt. Zumeist weisen sie eine starre aufrechte Blatthaltung und eine verzögerte Ähren-, Ris- pen- und Blütenbildung auf. Bei Getreide ist die Bestockung reduziert. Blattvergilbun- gen infolge N-Mangel beginnen im Gegensatz zu S-Mangel an den älteren Blättern.

Generell ist beim Auftreten sichtbarer S-Mangelscheinungen eine kurzfristige Appli- kation der S-Düngung anzuraten. Mit zunehmender Bestandesentwicklung nimmt die Möglichkeit ab, die Ertragsausfälle infolge S-Mangel durch S-Düngung zu vermindern. Die beste Wirkung der S-Düngung ist bei Winterraps durch Blattapplikation im Knos- penstadium zu erwarten, bei Getreide bis Beginn Schossen. Ab Mitte Schossen nimmt die Ertragswirkung einer S-Blattdüngung ab.

Pflanzenanalyse zur Ermittlung des S-Bedarfes

Unterbleibt eine zeitige Bodendüngung kann man durch Blattdüngung den S-Ernäh- rungszustand der Pflanzen noch verbessern. Bei sehr starkem S-Mangel kommt jedoch die S-Zufuhr über die Blattdüngung unter Umständen zu spät, um Ertragsminderun- gen infolge unzureichender S-Ernährung zu verhindern.

Zur Erkennen eines S-Düngebedarfes während des vegetativen Wachstums steht die Pflanzenanalyse zur Verfügung. Untersucht werden zum Beispiel bei Raps gerade voll- entwickelte Blätter im Knospenstadium (bis Blühbeginn) sowie bei Getreide die gesam- te oberirdische Pflanze zu Schossbeginn. Die Untersuchung weiterer Kulturen ist mög- lich. Zur Einschätzung des S-Ernährungszustandes ist in jedem Fall die zusätzliche Bestimmung des N-Gehaltes der Pflanzen erforderlich. Eine Unterversorgung mit Schwefel liegt vor, wenn der S-Gehalt in der Trockenmasse bei Rapsblättern 0,45 % und bei Getreide 0,30 % unterschreitet. Beleg für eine ungenügende S-Versorgung von Winterraps, Getreide und anderen Kulturen ist auch ein N:S-Verhältnis $> 15:1$ (Normal- wert etwa 8 bis 10:1). Ein gewisser Nachteil der Pflanzenanalyse besteht im Erkennen ei- ner S-Düngebedürftigkeit in einem späten Vegetationsstadium. Die Zeitspanne für die Applikation einer S-Düngung ist im Hinblick auf die Umsetzbarkeit bzw. das noch recht- zeitige Beheben des S-Mangels in der Pflanze kurz. Zur Blattdüngung sind Bittersalz (8- bis 10 %-ige Lösung) oder spezielle S-haltige Präparate geeignet. Diese können zweck- mäßigerweise als Tankmischung mit Pflanzenschutzmitteln ausgebracht werden.

Adresse: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Pflanzenproduktion und Agrarökologie
Naumburger Straße 98, 07743 Jena
Ansprechpartner: Dr. Wilfried Zorn
Telefon: 03641 683-417, Telefax: 03641 683-311
e-Mail: wilfried.zorn@tll.thueringen.de

Jena, im November 2008