



Schwefelmangel im Feldversuch: Auf den ersten Blick schwer von N-Mangel zu unterscheiden.

Schlüssel zur optimalen Stickstoffnutzung

Schwefel hat vielfältige Funktionen im Eiweißstoffwechsel

Eine verbesserte Luftreinigung in den letzten Jahren hat dazu geführt, dass der Schwefel-(S-)Eintrag aus der Atmosphäre stark abgenommen hat und somit die Schwefelgehalte im Boden sinken, während die Nährstoffentzüge durch die

steigende landwirtschaftliche Produktion zunehmen. Somit hat die Notwendigkeit der S-Gabe in der Praxis zugenommen, da Schwefelmangel Einfluss auf Ertrag und Qualität landwirtschaftlicher Produkte und zur verringerten Ausnut-

zung anderer gedüngter Nährstoffe (im Speziellen Stickstoff) führen kann. Des Weiteren sind die Ansprüche an die Produktqualität (z. B. Eiweiß- und Ölgehalte) kontinuierlich gestiegen und durch veränderte Züchtungsziele hat eine Reihe von Sorten einen höheren S-Bedarf (z. B. Raps und Leguminosen). Auch haben sich die Düngemittelzusammensetzungen bzw. ihre Anwendung in den letzten Jahren verändert. Teilweise kommen Düngemittel mit einem hohen Stickstoff- oder Kaliumgehalt zum Einsatz, bei denen kein Schwefel enthalten ist und somit kommt es zu einer verringerten Schwefeldüngung.

Pflanzenphysiologie: Schwefel ist essenziell für die Proteinbildung

Verschiedene wissenschaftliche Studien belegen, dass eine bedarfsgerechte Schwefelversorgung ein Schlüsselfaktor zur Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz ist. Wie bei Kaliummangel ist auch bei Schwefelmangel die Proteinbiosynthese stark gehemmt. Zum Beispiel haben schwefelhaltige Aminosäuren wie Methionin oder Cystein eine tragende Rolle bei der Bildung von Proteinen. In Schwefelmangelpflanzen ist eine starke Akkumulation von Nitrat, Aminosäuren und Aminensäuren vor-

zufinden weil die Umwandlung dieser Bausteine zu Proteinen reduziert ist.

Es ist in der Forschung gut belegt, dass diese löslichen stickstoffhaltigen Bausteine im Pflanzengewebe ein negatives Feedback geben und folglich die Aufnahme weiteren Stickstoffs über die Wurzeln gehemmt wird.

*Prof. Dr. Ismail Cakmak,
Sabanci-Universität Istanbul, Türkei*

Wofür brauchen Pflanzen Schwefel?

Schwefel ist mit einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, der für vielfältige Funktionen besonders im Eiweiß-, Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel von



Abb. 1: Typische Schwefel-Mangelsymptome sind: oben: Weizen – geringe Wuchsfreudigkeit, Gelbfärbung, Starrheit der Pflanzen (mit Stickstoffmangel leicht verwechselbar!); Mitte: Raps – marmorierte Blattflächen zwischen den Blattadern, löffelartige Verformung der Blätter; unten: Mais – junge Blätter werden hellgrün bis gelb, geringer Kornansatz am Kolben.

Pflanzen benötigt wird. Neben Ertragszuwachs sind vor allem Qualitätsparameter durch eine S-Ernährung beeinflussbar. Bei der Produktion von Getreide, besonders bei Qualitätsweizen, sollte die Schwefelversorgung beachtet werden, da Schwefel neben dem Einfluss auf den Ertragszuwachs auch Auswirkungen auf den Proteingehalt und die Proteinzusammensetzung, den Sedimentationswert und somit das Klebereiweiß hat. Die Qualität des Klebers beeinflusst die Gärungs- und Backeigenschaften von Mehl in verarbeiteten Teigen. Die darin enthaltenen Eiweißfraktionen bestehen dabei hauptsächlich aus S-haltigen Aminosäuren (Cystein und Methionin), die das Klebereiweiß beeinflussen und somit die Verarbeitbarkeit des Mehls bzw. die Konsistenz des daraus gebackenen Endproduktes verändern. Auch sind hohe Proteingehalte für Futtergetreide ein wichtiges Qualitätskriterium.

Schwefel wird von höheren Pflanzen als Sulfat-Ion (SO_4) aufgenommen. Besonders Öl- und Eiweißpflanzen wie Raps und Getreide haben einen höheren S-Bedarf und benötigen leicht verfügbaren sulfatischen Schwefel. Dieser wird in schwefelhaltige sekundäre Pflanzenstoffe, z. B. Lauch- und Senföle wie Glucosinolate, eingebaut, welche Geschmack und Geruch von Ernteprodukten und somit ihre Qualität wesentlich beeinflussen können.

Der Schwefelanteil in organischen Düngern liegt weitestgehend in gebundener Form vor und wird erst nach der Mineralisierung zu Sulfat-Schwefel verfügbar. Güllegaben im Frühjahr zu Vegetationsbeginn stellen kaum S zur Verfügung, da die Mineralisierung aufgrund der kühlen Bodentemperaturen nicht ausreichend umgesetzt werden kann. Anteilig gesehen, liegt der pflanzenverfügbare SO_4 -Anteil bei unter 20 % des gesamten Schwefelbedarfs. Als Ausnahme kann dabei die Biogasgülle gesehen werden, da Schwefel im Fermentationsprozess gasförmig als Schwefelwasserstoff zusammen mit dem Biogas entweichen kann. Deshalb ist es notwendig, die organische Düngengebe durch mineralische sulfathaltige Düngemittel zu ergänzen.

Wenn Schwefelmangel erkennbar wird

Ein Schwefelmangel ist nicht immer eindeutig zu erkennen und wird vermehrt mit Stickstoffmangel verwechselt. In Mangelsituationen wird allerdings das mobile N aus den älteren Blättern in die

jungen Blätter und z. B. im Getreide in die Ährenansätze verlagert. Demgegenüber ist die Verlagerung des Schwefels in die jüngeren Blätter kaum zu beobachten, da der größere Teil von S dort verbleibt, woanfangs eingebaut wurde. Es ist im Vergleich zu N wesentlich immobil. Daraufhin bleiben die jüngeren Blätter deutlich heller (Abb. 1). Zur Sicherstellung der S-Versorgung während der gesamten Kulturperiode ist eine S-Gabe kontinuierlich auch zu späteren Zeitpunkten notwendig. Bei Getreide ist die Düngegabe zur Ährenbildung empfehlenswert, um gute Protein-Gehalte und Qualitäten zu erhalten. Sind Mangelsymptome nicht eindeutig zuzuordnen, hilft die Pflanzenanalyse. Diese kann größeren Schaden vermeiden, da man so die Chance bekommt, z. B. mithilfe einer Blattdüngung, zu reagieren. Wenn die Aufnahme aus dem Boden fehlt oder nicht ausreichend ist, kann diese über Blatt ergänzt werden, denn Schwefel als Sulfat (z. B. Magnesiumsulfat in EPSO Top) können die Pflanzen auch problemlos über die Blätter aufnehmen.

Schwefel steigert die Stickstoffeffizienz

Wie im ersten Teil des Artikels beschrieben, ist Schwefel ein entscheidender Bestandteil wichtiger Enzyme, Aminosäuren usw. und damit an der Proteinbiosynthese beteiligt. Liegt nun ein Schwefelmangel vor, so erhöht sich die Menge der löslichen Stickstoffverbindungen, zu denen auch das Nitrat zählt. Des Weiteren ist Schwefel bei der Reduktion des Nitrates entscheidend. Denn die Enzyme Nitrat- und Nitritreduktase werden benötigt, um das in die Pflanze aufgenommene Nitrat umzuwandeln und somit an die Stellen zu leiten, an denen es benötigt wird. Fehlt die Nitrat-Umwandlung in der Pflanze, kommt es zum sogenannten Nitratstau, der bereits bei latentem Schwefelmangel auftritt. Der Pflanze ist diese Nitratansammlung nicht anzusehen, führt aber zur höheren Anfälligkeit gegenüber Pathogenen sowie zu einer höheren Frostempfindlichkeit.

Eine optimale Ausnutzung des Stickstoffs ist nur realisierbar, wenn alle Nährstoffe, im Speziellen aber Schwefel, optimal aufgenommen werden. In naher Zukunft wird die angepasste Düngeverordnung (DüV) mit strengeren Regularien im Besonderen für Stickstoff und Phosphor in Kraft treten. Damit sollte jeder Landwirt sein Düngemanagement über-

Tabelle: Schwefel- und Stickstoffkonzentration in Baumwollblättern bei verschiedenen Schwefelmengen in Nährlösung Quelle: Marschner, 2012

		Konzentration (g kg ⁻¹ Trockenmasse (TM))				
		Schwefel (S)		Stickstoff		
S-Angebot (mg SO ₄ ²⁻ l ⁻¹)	Blatt-TM (g TM Pflanze ⁻¹)	Sulfat	Organisch	Nitrat	Löslich organisch	Protein
0,1	1,1	0,03	1,1	13,9	22,3	9,6
1,0	2,4	0,03	1,2	13,7	22,1	12,8
10,0	3,4	0,09	1,7	0,6	11,9	25,6
50,0	4,7	1,0	2,6	0,0	5,1	32,5
200,0	4,7	3,6	2,5	1,0	4,5	3,2

denken bzw. anpassen. Um die Änderungen der DüV erfüllen zu können und zugleich hohe Erträge und Qualitäten zu sichern, muss eine bessere Nährstoffausnutzung erwirkt werden.

Die Wechselwirkung von Stickstoff und Schwefel wird durch ein optimales N-S-Verhältnis beschrieben. Diese Beziehung zueinander kann durch Daten der Pflanzenanalyse überprüft werden. Dieses sollte in der Regel zwischen 10:1 und 15:1 liegen, um den gedüngten Stickstoff optimal auszunutzen und somit die Stickstoffdüngungen ggf. zu reduzieren.

Richtig Schwefel düngen

Der Bedarf an Schwefel unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Kulturarten und steht auch in Abhängigkeit des erwarteten Ertrages (z. B. 40–60 kg S/ha bei einem erwarteten Rapsertag mit Stroh von 40–50 dt/ha – und 30–40 kg S/ha bei einem erwarteten Weizenertag mit Stroh von 80–100 dt/ha). Grundsätzlich erhöht sich der Bedarf mit dem Streckungswachstum. Die Mineralisation von S verläuft deutlich langsamer im Vergleich zur N-Mineralisation. Somit ist eine frühe und kontinuierliche Schwefelgabe wichtig und sollte in der Grunddüngung zu Vegetationsbeginn mitgegeben werden. Auch im Herbst ist eine Schwefeldüngung nicht zu vernachlässigen, da die Winterungen dort zu Beginn erste Biomasse entwickeln. Dabei sollten besonders Raps und früh gesäte Wintergetreide mit Schwefel versorgt werden, um eine Erkrankung der Bestände sowie einen Nitratstau in der kühlen Jahreszeit zu verhindern.

In vielen Düngemitteln wird Schwefel als wasserlösliches Sulfat angeboten. S bindet dabei an verschiedenste Kationen, wie z. B. Kalium als Kaliumsulfat [K₂SO₄] in Korn-Kali, Magnesium als Magnesiumsulfat [MgSO₄] in ESTA Kieserit oder EPSO Top, Stickstoff als Ammonsulfat

[(NH₄)SO₄] usw. Damit werden Kombinationen von Nährstoffen ausgebracht, die bei der Düngedarfsermittlung mitangerechnet werden sollten.

Fazit

Um trotz Restriktionen beim N- und P-Einsatz im Ackerbau erfolgreich zu bleiben, ist eine Anpassung des Düngemanagements wichtig. Schwefel ist an vielen qualitativen Faktoren beteiligt und unterstützt vor allem die Verwertung und Weiterleitung von Stickstoff in der Pflanze. Um akuten Mangel zu identifizieren, ist eine Pflanzenanalyse sinnvoll, um gegebenenfalls eine Blattdüngung durchzuführen und so Ertragsausfälle zu vermeiden. Es werden verschiedene schwefelhaltige Düngemittel angeboten, dabei bleibt aber zu beachten, dass Sulfat-Schwefel wasserlöslich ist und somit von den Pflanzen sowohl aus dem Boden wie auch im Blatt unter verschiedenen (Stress-)Bedingungen sofort aufgenommen werden kann.

Dr. Heike Thiel, K+S KALI GmbH

IMPRESSUM

GetreideMagazin EXTRA zu
GetreideMagazin 1/2016
Herausgeber und Verlag:

DLG ■ **AgroFood**
medien gmbh

Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt
Telefon: 069 247 88 488
Telefax: 069 247 88 8488
E-Mail: info@dlg-agrofoodmedien.de

Fotos: K+S KALI GmbH