

Agrarmanagement

Knöllchenbakterien stehen auf Schwefel

Leguminosen zeichnen sich innerhalb aller landwirtschaftlichen Kulturpflanzen durch ihre Fähigkeit aus, mithilfe von sogenannten Knöllchenbakterien an ihren Wurzeln Stickstoff aus der Luft zu binden. Sie können ihre maximale Leistung der Stickstoff-Fixierung aber nur dann erbringen, wenn ihnen ausreichend Schwefel zur Verfügung steht. Allerdings reagieren Futterleguminosen auf eine zusätzliche Schwefeldüngung besser im Ertrag als Körnerleguminosen, da sie ein geringeres Fixierungspotenzial für Stickstoff haben.



Effekt der Schwefeldüngung in Luzernekleegras.

Fotos: Dr. Fischinger

achstum und Ertrag von Leguminosen sind also im günstigsten Falle weder von der Stickstoffversorgung des Bodens noch von der Zufuhr eines mineralischen Stickstoffdüngers abhängig. Insofern spielen Leguminosen vor allem in viehlosen Betrieben des ökologischen Landbaus eine große Rolle, weil bei denen die organische Düngung in Form von Stallmist, Jauche oder Gülle entfällt und mineralischer Stickstoff aus dem Sack nicht in Frage kommt. Hier ist man sogar auf höchste N-Fixierungsraten durch Leguminosen angewiesen. Sie sind schon immer das Herzstück einer ökologisch bewirtschafteten Fruchtfolge, und dies gleich in dreifacher Hinsicht: einmal als wichtige Stickstoffquelle, zum anderen als Eiweißlieferant und drittens als Gesundungsfrucht mit positivem Einfluss auf die

physikalischen Eigenschaften des Bodens (Tiefwurzler).

Doch grundsätzlich würde jeder Landwirt, auch der konventionell wirtschaftende, wohl nicht auf Leguminosen in der Fruchtfolge oder im Futterbau setzen, wenn er dabei nicht auch den Vorteil der Stickstoff-Fixierung im Hinterkopf hätte.

Je mehr Wert auf das Fixierungspotenzial von Luftstickstoff durch Leguminosen bei den Anbauplanungen gelegt wird, umso wichtiger ist deren ausreichende Versorgung mit Schwefel (S). Die Schwefeldüngung ist bei Raps und Getreide, und da vor allem bei Weizen, längst zum Standard geworden. Der Schwefelbedarf von Leguminosen wurde indes lange Zeit vernachlässigt, insbesondere im ökologischen Landbau, da seine Bedeutung leider unterschätzt wurde. Er liegt immerhin zwischen 40

und 80 kg/ha. Er ist überdies auch abhängig von der Leguminosenart, da das Fixierungspotenzial von Luftstickstoff artenspezifisch unterschiedlich hoch sein kann. Am höchsten ist dieses Potenzial bei Klee und Luzerne mit durchschnittlich 250 kg/ha und Jahr, wenn dafür optimale Bedingungen vorliegen, wozu auch eine ausreichende Schwefelversorgung gehört. Bei Grünland spricht man von einer Stickstoff-Fixierung um etwa 4 kg/ha und Jahr je Prozent Ertragsanteil durch Weißklee oder einer anderen Futterleguminose. Die Fixierungsleistung wird hier maßgeblich mitbestimmt durch die Nutzungsintensität und die Aufwandmenge an mineralischen Stickstoff, der wiederum den Leguminosenanteil sinken lässt. Kleereiche Bestände sind durchaus in der Lage, bis zu 100 kg Luftstickstoff zu binden, wenn denn auch genug Schwefel zur Verfügung steht. Der Durchschnitt von Dreischnittwiesen liegt eher bei 60 kg/ha.

Mehrertrag dank Schwefel

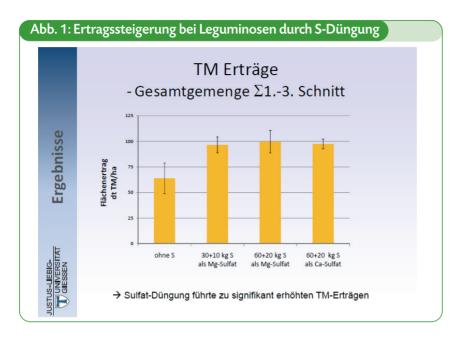
Im Rahmen einer Masterarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen konnte in einem Feldversuch der positive Einfluß einer Schwefeldüngung auf die Ertragsbildung des Leguminosenanteils in einem Luzerne-Kleegrasgemisch nachgewiesen werden. So führte die Düngung von 40 kg S/ha in Form von Magnesiumsulfat (Kieserit) im Vergleich zur Kontrolle ohne Schwefel zu einem Mehrertrag von 75 % (Abbildung 1). Einen Teil dazu beigetragen hat vielleicht auch das darin mitgelieferte Magnesium. In diesem Versuch hatte die ge-S-Düngung sogar positive Auswirkungen auf die gesamte Fruchtfolge, insbesondere auf die Folgefrucht Weizen. Dies deckt sich voll und ganz mit früheren Erkenntnissen, wonach die Fixierungsleistung von Leguminosenarten sowie die Umwandlung jeglichen verfügbaren Stickstoffs in Pflanzeneiweiß wesentlich von einer ausreichenden Schwefelversorgung abhängen. Der bodenbürtige Schwefel reicht hierfür in der Regel nicht aus. Ein Schwefelrückfluss über Gülle oder Stallmist findet ohnehin nur in viehhaltenden Be-

25

trieben statt, wobei von der Gesamt-

-

Agrarmanagement



menge lediglich 5 bis 10 % im jeweiligen Vegetationsjahr zur Verfügung stehen. Gegebenenfalls müssen also S-haltige Mineraldünger zum Einsatz kommen, von denen es genug gibt, auch für den ökologischen Anbau (Tabelle 1). Über eine Blattdüngung lässt sich die benötigte Bedarfsmenge an Schwefel kaum darstellen, selbst nicht bei mehrmalig vollem Programm. Sie kann bestenfalls die S-Bodendüngung sinnvoll ergänzen oder als Feuerwehrmaßnahme bei akutem Schwefelmangel dienen.

Zurück zu dem obigen Feldversuch: Eine doppelt so hohe S-Zufuhr (80 kg S/ha) brachte weder als Magnesiumsulfat noch als Calciumsulfat einen weiteren Ertragszuwachs. Die Zufuhr von elementarem Schwefel ebenfalls in dieser Höhe bewirkte hingegen lediglich einen

Ertragsanstieg von knapp 20 %. Dies ist darin begründet, dass Pflanzen den Schwefel nur in Sulfatform aufnehmen können. Elementarer Schwefel muss erst durch Mikrobentätigkeit (Thiobacter) im Boden in Sulfat umgewandelt werden. Dieser Prozess nimmt viel Zeit in Anspruch, vor allem im Frühjahr, weil er unterhalb einer Bodentemperatur von 8 bis 10 ° Celsius nicht abläuft. Ferner wirkt elementarer Schwefel auf Bodenlebewesen erst einmal als Biozid, bevor ihn schwefeloxidierende Bakterien umwandeln können.

Was passiert denn an/in den Wurzelknöllchen?

Begleitende Gefäßversuche an der Uni Gießen führten sodann zu dem Ergebnis, dass die festgestellten Wachstumsdepressionen unter S-Mangelbedingungen tatsächlich auf eine Beeinträchtigung der N-Fixierung zurückzuführen sind. Wie ebenfalls anhand von Gefäßversuchen mit Ackerbohnen und Erbsen gezeigt werden konnte, wird sowohl das Gewicht als auch die Anzahl der Wurzelknöllchen von der Schwefelversorgung deutlich positiv beeinflusst (bis zu einer Verdoppelung).

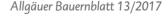
Allerdings gibt nicht allein die Anzahl der Knöllchen Auskunft über das Maß der N-Fixierung, sondern vielmehr deren Aktivität. Aktive Knöllchen sind visuell erkennbar an einer rosa bis roten Färbung, die durch eine wichtige Verbindung im Knöllchengewebe entsteht, dem sogenannten Leghämoglobin. Diese Substanz ist letztendlich in einem sehr komplexen Stoffwechselvorgang für die Fixierung von Luftstickstoff verantwortlich. Liegt Schwefelmangel in der Pflanze vor, geht der Gehalt an Leghämoglobin zurück und die Fixierungsleistung sinkt. Unter solchen Voraussetzungen hilft auch das Impfen mit Knöllchenbakterien nicht viel.

Dies ist jedoch nur eine der Schaltstellen, wenngleich vielleicht die wichtigste, an der Schwefel direkt oder indirekt an der Ertragsleistung und Qualität von Leguminosen über seinen Einfluss auf diverse Stoffwechselprozesse in der Pflanze und damit auch an der N-Fixierungsleistung beteiligt ist, wie zum Beispiel an der

- Bildung von Adenosintriphosphat (ATP) im Energiehaushalt der Pflanze
- Verlagerung von Kohlenhydraten (Saccharose) aus dem Spross in die Knöllchen
- Symbiose zwischen Wirtspflanze (Leguminosenart) und den Knöllchenbakterien

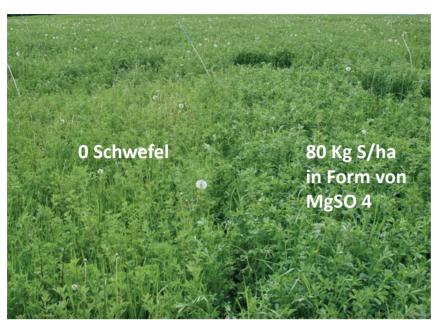
für eine Schwefeldüngung			
Düngemitteltyp)*	% S	% sonstige Nährstoffe	lm Öko- Landbaı
Schnell wirkend, nicht bodenversauernd Kleserit Kaliumsulfat (=KaliSOP) Kalimagnesia (=Patentkali) Bittersalz (=EPSO) Korn-Kali 40/6 Magnesia-Kainit	20/25 18 17 12-14 5 4	22 bzw. 27 MgO 50 K ₂ O 30 K ₂ O, 10 MgO 13-16 MgO 40 K ₂ O, 6 MgO, 3 Na 11 K ₂ O, 5 MgO, 20 Na	zugelasser zugelasser zugelasser zugelasser zugelasser
Schnell wirksam, zunehmend kalkzehrend Mehrnährstoffdünger NPK und PK Ammonium-Harmstoff-üsungen mit Schwefel Ammoniumsulfat, Schwefels. Ammoniak (SSA) Ammonsulfatsalpeter (ASS, Entec) Harnstoff mit Schwefel (Ureas) Ammoniumsulfat-Harnstoff (Piamon) Ammoniumsulfat-Harnstoff (Piamon)	2-12 3-8 6-7 24 13 8 12 26	unterschiedliche Mengen 24 – 28 N 24 N 21 N 26 N 46 N 33 N 12 N	
Langsam wirken, kaum bodenversauernd Superphosphat Calciumsulfat (Gips)	12 18	18 P2O5 22 Ca (ph-neutral)	zugelasser
Langsam wirkend, stark bodenversauernd Elementarer Schwefel	80-90	fungizide Wirkung	zugelasser

Tab. 2: Schwefeleinwirkt verschiedenen D		
Sulfathaltige Mineraldünger NH ₄ -, K-, Mg-, Ca-Sulfate	Schnell und sicher	
Jauche	Ziemlich schnell	
Elementarer (Netz-) Schwefel	Verzögert und unsicher	
Klärschlamm	Verzögert und unsicher	
Gülle, Stallmist, Kompost	Sehr langsam und unsicher	
Zwischenfrüchte	Keine Wirkung	





Agrarmanagement



Effekt der Schwefeldüngung in Luzernekleegras.

- Verlagerung des fixierten Luftstickstoffs in die oberirdischen Pflanzenteile
- Bildung von Eiweiß und deren biologischer Wertigkeit über S-haltige

Aminosäuren

 Bildung von Ferredoxin, welches die S-haltige Aminosäure Cystein enthält und die N-Fixierungsleistung direkt fördert. Es gibt aber neben der Schwefelversorgung auch noch andere, hier nicht andiskutierte, Einflussfaktoren auf die Funktionstüchtigkeit von Knöllchenbakterien. Zugleich ist bis heute die Frage ungeklärt, ob zwischen der oft beobachteten Leguminosenmüdigkeit und der Schwefelversorgung ein unmittelbarer Zusammenhang besteht.

Fazit

Leguminosenbestände können offenbar häufig ihr Leistungspotenzial nicht ausschöpfen, weil die Schwefelversorgung nicht ausreichend ist. Dieser Nährstoff hat nämlich großen Anteil an einer hohen Fixierungsleistung von Luftstickstoff in den Wurzelknöllchen. Im Öko-Landbau hat dies Auswirkungen auf die gesamte Fruchtfolge. Leguminosen, vor allem die mehrschnittigen Futterleguminosen, weisen daher einen hohen Schwefelbedarf auf.

Dr. Karl-Heinz Neuner LAD Baden-Württemberg





DER TURBO FÜR GUTES WACHSTUM

ESTA® Kieserit

25 % MgO · 20 % S

Mehr unter www.kali-gmbh.com K+S KALI GmbH · Pflanzennährstoffe Ein Unternehmen der K+S Gruppe

