

Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Klee grasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr

Böhm H¹

Keywords: clover-grass, crude protein content, fertilisation, sulphur, yield.

Abstract

At the Experimental Farm of the Thünen Institute of Organic Farming the effect of sulphur fertilisation in form of MgSO₄ and CaSO₄ of a red clover-grass mixture was tested in the years 2013 - 2015. At the beginning of the vegetation period clover-grass plots were fertilised in the first and second year of usage with 30 and 60 kg S ha⁻¹ and were compared to unfertilised plots. The fertilisation resulted in significantly higher fresh weight and - with one exception of the second year usage in 2013 – higher dry matter yields. The forage quality was significantly increased by sulphur fertilisation. Due to higher sulphur contents in the fertilised plots the N/S-ratios showed values below the threshold of 15 for an adequate sulphur supply. The N-withdrawals increased in the fertilised plots in the first year of usage by 14 - 25%, in the second year by 12 - 45%. S-withdrawals were also increased by fertilisation and reached 20 - 40 kg S ha⁻¹ compared to 12 - 15 kg S ha⁻¹ in the unfertilised plots. In the majority of cases neither the level nor the kind of fertilizer showed significant effects on the parameters. Therefore a sulphur fertilisation of 30 - 60 kg ha⁻¹ can be considered sufficient.

Einleitung und Zielsetzung

Die Schwefelversorgung von Kulturpflanzen mit höherem Schwefelbedarf kann aufgrund der deutlich gesunkenen atmosphärischen Einträge von Schwefeldioxid oftmals nicht mehr gedeckt werden. Neben Raps betrifft dies vor allem die Futterleguminosen und –gräser. Schwefel ist u.a. für die Synthese von Protein und S-haltiger Aminosäuren erforderlich, aber auch für die symbiotische N-Fixierung der Leguminosen. Die über Wirtschaftsdünger zugeführten Schwefelmengen sind oftmals nicht ausreichend, sodass zusätzlich eine Schwefeldüngung mit Hilfe der im Ökologischen Landbau zugelassenen Dünger erfolgen sollte. Ausgehend von den Ergebnissen einer einjährigen Voruntersuchung im Jahr 2012, die Mehrerträge, höhere Rohproteingehalte als auch höhere N- und S-Entzüge nach Schwefeldüngung in einem mehrjährig genutzten Klee gras zeigten (Böhm 2013), wurde eine 3-jährige Versuchsserie zur Wirkung von Schwefeldüngung zu Klee gras in den Jahren 2013 bis 2015 durchgeführt. Dabei sollte geklärt werden, welche Auswirkungen die Höhe der S-Düngung und die Art der S-Dünger im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr des Klee grasses haben.

Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst (sandiger Lehm, pH 6,1-6,7, 706 mm durchschnittliche Jahresniederschlags-

¹ Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847, Westerau, Deutschland, herwart.boehm@thuenen.de

menge, 8,8°C Jahresmitteltemperatur) wurden in den Jahren 2013 bis 2015 Schwefeldüngungsversuche in Klee grasbeständen, bestehend aus Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Weidelgras (*Lolium perenne* L.), jeweils im ersten und zweiten Hauptnutzungs-jahr angelegt. Die Nährstoffversorgung von Phosphor, Kalium und Magnesium lag auf den Versuchsflächen in Gehaltsklasse C. Ausgebracht wurden die sulfathaltigen Dünger Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) und Calciumsulfat ($CaSO_4$) jeweils zu Beginn der Vegetationsperiode in einer Höhe von 30 (nur $MgSO_4$) bzw. 60 $kg\ S\ ha^{-1}$ mit einem Parzellendüngerstreuer (Fa. Fiona). Die als Blockanlage mit 4 Feldwiederholungen angelegten Versuche hatten eine Parzellengröße von 3 x 20 m. Die Beerntung erfolgte mit einem Feldfütterernter (Fa. Haldrup, 1,5 m Schnittbreite) mittels Kernbeerntung auf einer Fläche von 24 m^2 . Erfasst wurde der Frischmasse(FM)- und Trockenmasse(TM)-Ertrag von 4 (2013) bzw. 3 Schnitten pro Jahr. Nach Trocknung bei 60°C wurden die Proben mit einer Cyclotec-Mühle (Fa. Foss, Sieb 1 mm) vermahlen und anschließend die Stickstoff(N)- und Schwefel(S)-Gehalte mit einem CNS-Analysator (Fa. Elementar) bestimmt. Für die statistische Verrechnung, die mit SAS 9.3 und der Prozedur Proc MIXED erfolgte, wurden die Gesamterträge pro Jahr bzw. die Mittelwerte der S- und Rohprotein(RP)-Gehalte sowie die N/S-Verhältnisse und die Gesamt-N- und S-Entzüge der 3 bzw. 4 Schnitte verrechnet, wobei die Faktoren Düngung und Jahr als fixe Effekte in das Modell eingingen.

Ergebnisse

Die statistische Verrechnung für das 1. Hauptnutzungs-jahr (HNJ) wies für die Parameter FM-Ertrag, TS-Gehalt, TM-Ertrag, RP-Gehalt, N/S-Verhältnis, N- und S-Entzug keine signifikante Wechselwirkung von Jahr und Düngung aus. Diese lag lediglich für die S-Gehalte vor.

Die ungedüngte Kontrolle hatte den signifikant geringsten FM- und TM-Ertrag (Tab. 1), wobei zwischen den beiden Düngerarten bzw. der Düngungshöhe keine signifikanten Unterschiede ausgewiesen wurden. Der TS-Gehalt war in der Kontrolle leicht, aber nicht signifikant höher als in den mit Schwefel gedüngten Varianten. Der Rohprotein-gehalt zeigte in der Kontrolle den geringsten Wert, der jedoch nur gegenüber der mit 30 $kg\ S\ ha^{-1}$ in Form von $MgSO_4$ und der mit 60 $kg\ S\ ha^{-1}$ in Form von $CaSO_4$ -gedüngten Varianten signifikant höher war (Tab. 1).

Tabelle 1: Gesamt-Frischmasseertrag, gemittelte Trockensubstanz- und Rohproteingehalte der 3 bzw. 4 Schnitte pro Jahr von Rotklee grasgemenge im ersten Hauptnutzungs-jahr in Abhängigkeit der Schwefeldüngung im Mittel der Jahre 2013 bis 2015

	FM- Ertrag [dt ha^{-1}]	TS- Gehalt [%]	TM- Ertrag [dt ha^{-1}]	RP- Gehalt [% TS]	N/S- Verhält- nis	N- Entzug [kg ha^{-1}]	S- Entzug [kg ha^{-1}]
Kontrolle (ungedüngt)	620,7 b	16,70	104,7 b	16,23 b	16,0 a	239,8 b	14,97 b
30 $kg\ S\ ha^{-1}$ ($MgSO_4$)	703,4 a	16,25	114,3 a	17,86 a	12,9 b	294,8 a	23,83 a
60 $kg\ S\ ha^{-1}$ ($MgSO_4$)	708,0 a	16,36	115,1 a	16,96 ab	11,6 c	273,9 a	24,87 a
60 $kg\ S\ ha^{-1}$ ($CaSO_4$)	713,6 a	16,19	115,2 a	17,92 a	12,3 bc	300,3 a	25,12 a

Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0,05$)

Auch die S-Gehalte (Kontrolle 0,16%) wurden durch die Düngung signifikant erhöht, wobei im Jahr 2015 die S-Gehalte in den Varianten mit 60 kg S ha⁻¹ (0,31%) noch einmal signifikant höher waren als in der Variante mit 30 kg S ha⁻¹ (0,27%). Die N/S-Verhältnisse wiesen die signifikant höchsten Werte in der ungedüngten Kontrolle auf; am engsten war das N/S-Verhältnis in der mit 60 kg S ha⁻¹ in Form von MgSO₄-gedüngten Variante. Die N- und S-Entzüge wurden, ohne Differenzierung zwischen Düngerform und –art, in allen gedüngten Varianten signifikant erhöht (Tab. 1).

Die im 2. HNJ durchgeführte Schwefeldüngung wies bei der statistischen Verrechnung für die Parameter FM-Ertrag, TS-Gehalt und RP-Gehalt wie im 1. HNJ keine signifikante Wechselwirkung von Jahr und Düngung aus. Während die ungedüngte Kontrolle den signifikant geringsten FM-Ertrag und RP-Gehalt aufwies, zeigte der TS-Gehalt den signifikant höchsten Wert in der Kontrolle (Tab. 2). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Düngerarten bzw. der Düngungshöhe lagen nicht vor.

Tabelle 2: Gesamt-Frischmasseertrag, gemittelte Trockensubstanz- und Rohproteingehalte der 3 bzw. 4 Schnitte pro Jahr von Rotkleegrasgemenge im zweiten Hauptnutzungsjahr in Abhängigkeit der Schwefeldüngung im Mittel der Jahre 2013 bis 2015

	FM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	TS-Gehalt [%]	RP-Gehalt [% in TS]
Kontrolle (ungedüngt)	714,88 b	15,34 a	18,49 b
30 kg S ha ⁻¹ (MgSO ₄)	856,84 a	14,51 b	21,07 a
60 kg S ha ⁻¹ (MgSO ₄)	890,17 a	14,49 b	21,25 a
60 kg S ha ⁻¹ (CaSO ₄)	886,14 a	14,42 b	21,11 a

Unterschiedliche Buchstaben in einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0,05$)

Für die Parameter TM-Ertrag, S-Gehalt, N/S-Verhältnis sowie für die N- und S-Entzüge lagen Wechselwirkungen für Jahr x Düngung vor. Im Jahr 2013 waren bei einem TM-Ertrag von durchschnittlich 107 dt ha⁻¹ keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Dagegen wiesen in den Jahren 2014 und 2015 alle Schwefeldüngungsvarianten mit 15 – 22 dt ha⁻¹ signifikant höhere TM-Erträge im Vergleich zur Kontrolle auf, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten vorlagen.

Die Düngung bewirkte in allen 3 Jahren eine deutlich signifikante Erhöhung der S-Gehalte in den Klee-gras-aufwüchsen. In den Kontrollen lagen die gemittelten S-Gehalte in den Jahren 2013 bis 2015 bei 0,159, 0,126 bzw. 0,136% in der TS. In den gedüngten Varianten lagen die S-Gehalte in 2013 um 30 - 42%, in 2014 um 99 - 130% und 2015 um 76 - 97% höher als in der Kontrolle, wobei es in Abhängigkeit der Jahre signifikante, jedoch keine gleichgerichteten Effekte durch die Düngermenge bzw. –art gab. Die Kontrollen wiesen N/S-Verhältnisse von 21,2 bis 21,8 auf und wurden durch die Düngung signifikant auf 11,4 bis 17,3 verengt.

Die N- und S-Entzüge wurden in allen 3 Jahren ebenfalls signifikant durch die Düngung erhöht. In 2013 waren die N-Entzüge um 12 - 19% höher, in 2014 und 2015 sogar um 35 - 45%. Die S-Entzüge in den Kontrollen lagen bei 12 - 14 kg S ha⁻¹, in den gedüngten Varianten dagegen wurden zwischen 20 bis 40 kg S ha⁻¹ mit den Klee-gras-aufwüchsen entzogen, wobei in den Jahren 2014 und 2015 die S-Entzüge in den mit 60 kg S gedüngten MgSO₄-Varianten signifikant höher waren als in den beiden anderen S-Düngungsvarianten.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen sowohl für das 1. HNJ als auch für das 2. HNJ signifikante FM-Ertragssteigerungen der mit Schwefel gedüngten Varianten, wobei keine Unterschiede zwischen den Düngerarten bzw. der -höhe vorliegen. Dagegen wurden niedrigere TS-Gehalte nach Schwefeldüngung nur im 2. HNJ beobachtet. Die TM-Erträge waren mit Ausnahme des Jahres 2013 im 2. HNJ in den gedüngten Varianten signifikant höher als in den ungedüngten Kontrollen. Damit zeigen die Ergebnisse vergleichbare Wirkungen der Schwefeldüngung wie von Böhm (2013) und Becker et al. (2014) berichtet. Neben den zumeist höheren Ertragsleistungen sind vor allem die verbesserte Futterqualität (höhere Rohproteingehalte) als auch die höheren N-Entzüge und die damit einhergehende höhere N-Fixierleistung hervorzuheben. Die in den Kontrollen stets auf sehr niedrigem Niveau liegenden S-Gehalte konnten durch die Düngung auf 0,2 bis 0,3% deutlich erhöht werden. Selten erreicht wurden jedoch S-Gehalte von >0,3%, der für Grünland als Richtwert angegeben wird (VDLUFA 2000). N/S-Verhältnisse von >15 weisen nach Bergmann (1993) auf S-Mangel hin. Die durch die Düngung erhöhten S-Gehalte führten zu deutlich engeren N/S-Verhältnissen mit Werten, die zumeist im Bereich von 11 – 13 lagen, während sie in den Kontrollen stets >15 waren. Bei N/S-Verhältnissen von 12 wird von einer guten Schwefelversorgung ausgegangen. Die S-Entzüge in Höhe von 20 - 40 kg S ha⁻¹ zeigen, dass eine Schwefeldüngung in Höhe von 30 – 60 kg S ha⁻¹ ausreichend ist.

Schlussfolgerungen

Eine S-Düngung zu Klee gras führt zu höheren Ertragsleistungen und Rohproteingehalten in den Aufwüchsen. Die höheren Rohproteingehalte im Klee gras leisten einen Beitrag zur Verbesserung der Futterqualität, sodass proteinreiche Kraffutterkomponenten eingespart werden können. Ebenso werden die N-Entzüge, d.h. die N-Flächenerträge deutlich gesteigert, was gleichzeitig auf eine höhere N-Fixierleistung hinweist. Der so gesteigerte N-Input in den Betriebskreislauf kann zu insgesamt höheren Fruchtfolgeerträgen führen. Eine Schwefeldüngung zu Klee gras ist somit nicht nur ein Beitrag zur Ertrags- und Qualitätserhöhung sondern gleichzeitig auch ein Beitrag zur Effizienzsteigerung. Aufgrund der S-Entzüge im Bereich von 20 – 40 kg ha⁻¹ ist eine Schwefeldüngung in Höhe von 30 – 60 kg S ha⁻¹ in der Regel als ausreichend anzusehen. In der Praxis erleichtert die Anlage von Düngungsfenstern die Überprüfung der Wirkung bzw. der Höhe der S-Düngung.

Literatur

- Böhm H (2013) Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee grasbestandes. In: Neuhoff D, et al. (eds) Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven ökologischer Landwirtschaft. Beitr. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn: 216-219.
- Becker K, Riffel A, Fischinger SA & Leithold G (2014) Benefit of Sulfate fertilisation in Alfalfa - and clover-grass mixtures in organic farming. In: Rahmann G, Aksoy U (eds.) Proc. 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', Organic World Congress 2014: 535-538.
- Bergmann W (1993) Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav-Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- VDLUFA (2000) VDLUFA-Standpunkt: Schwefelversorgung von Kulturpflanzen - Bedarfsprognose und Düngung. VDLUFA Eigenverlag, Darmstadt.