

Wirkung von Kali- und Gesteinsmehldüngung in Abhängigkeit von *Digitalis purpurea*-Behandlungen auf Pflanze und Boden bei langjährig bio-dynamischer Bewirtschaftung

Spieß, H.¹, Matthes, C.², Horst, H.³ und Schaaf, H.³

Keywords: potash, stone-meal, *Digitalis*, soil nutrient content, ecological crop rotation

Abstract

Under long-term ecological cultivation, quality defects in market produce due to insufficient potassium contents occurred in the past. In order to recover from potassium deficiency, a 13-year field trial under biodynamic practice was undertaken on potassium fixing soils, with stone-meals in comparison to potassium-magnesia. The application of digitalis extract was part of the bi-factorial experiment. In the twelve-fold crop rotation only potatoes and legumes received 400 kg potassium per ha. On potatoes, potassium-magnesia improved the ratio of marketable fruit and the quality (less blue bruise). The yield of lucerne and clover increased by 21% and 17% respectively – with improved effect as preceding crop. Wheat showed an increased resistance to nematodes. The available potassium content in the soil was not permanently altered. In contrast, the stone-meals affected plant growth and soil nutrient contents only marginally. Digitalis increased the yield of clover, lucerne and partly cereals. It improved nutrient uptake by 5–7% and quality.

Einleitung und Zielsetzung

Im Ökologischen Landbau soll die Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen über die organischen Hofdünger, die Fruchtfolge – insbesondere den Leguminosenanbau – und über eine aktive Nährstoffmobilisierung erfolgen. Eine Zufuhr von Grundnährstoffen von außen wird nur empfohlen, wenn die Bodenuntersuchung die Gehaltsklasse für Bodennährstoffe 'A' (sehr niedrig) ausweist. Bei Kali werden in der Öko-Beratung acht mg K₂O/100g Boden (GK 'B') als ausreichend angesehen. Dies berücksichtigt jedoch nicht standortspezifische Faktoren wie Bodengenese, Bodenart (Ton Gehalt), Kalifizierung, Ionenantagonismus (K:Mg) oder die unterschiedlichen Nährstoffansprüche der Kulturpflanzen. Dass punktuell eine mangelhafte Nährstoffversorgung mit der Folge ungenügender Produktqualität und Erträge im Öko-Landbau besteht, haben verschiedene Untersuchungen gezeigt (Spieß et al. 1999). Fragen zum Nährstoffmanagement bei Kalium waren 1997 der Anlass, auf K-Mangel-Böden eines langjährig bio-dynamisch bewirtschafteten Betriebes einen Versuch zur Gesundungsdüngung anzulegen. Ziel war zum einen die Düngungswirkung von Gesteinsmehlen entsprechenden Gaben von 'Kalimagnesia' gegenüber zu stellen. Zum anderen wurde untersucht, welche Effekte bei den Kulturen durch Behandlungen mit dem in den Anfängen des Bio-Dynamischen Landbaus eingesetzten Fingerhut-Extrakt (*Digitalis purpurea*) zu erzielen sind. Der Versuch wurde über eine 12-feldrige Fruchtfolge plus einem zusätzlichen Jahr durchgeführt.

¹ Forschungsring e.V., Zwst. Dottenfelderhof, Holzhausenweg 7, 61118 Bad Vilbel, Germany, spiess@ibdf.de, www.forschungsring.de, www.dottenfelderhof-forschung.de

² Landbauschule Dottenfelderhof e.V., Dottenfelderhof, 61118 Bad Vilbel, Germany, matthes@ibdf.de, www.dottenfelderhof.de

³ Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Am Versuchsfeld 13, 34128 Kassel, Germany, hartmut.horst@lhl.hessen.de, harald.schaaf@lhl.hessen.de, www.lhl.hessen.de

Methoden

Der Versuchsstandort Dottenfelderhof/Bad Vilbel wird seit 1968 biologisch-dynamisch bewirtschaftet. Der Standort ist durch Frühjahrstrockenheit gekennzeichnet (Σ 680 mm NS, \emptyset 9,4° C). Der Bodentyp des Versuchsackers ist eine erodierte Parabraunerde. Die Versorgungsstufen des humusarmen Bodens (1% C) liegen bei Kali in A, Phosphor in B, Magnesium in D. Der Kalium-Gesamtgehalt des Bodens beträgt 2,4% (Flusssäure). Mit zunehmender Tiefe steigen der Tongehalt von 10% auf 21% und somit auch die K-Fixierung an. Folgende Werte wurden zu Versuchsbeginn gemessen (mg je 100g Boden): pH: 6,7; K_2O : 4; P_2O_5 : 12; Mg: 6; K_{fix} : 28. Der Versuch wurde im Frühjahr 1997 als zweifaktorielle Spaltanlage (Latein. Quadrat) mit vier Wiederholungen angelegt. **Faktor I - Düngung:** 1. Kontrolle, 2. Kalimagnesia (30% K_2O /10% MgO /18% S), 3. Orthoklas (12% K_2O), 4. Basaltmehl (2,5% K_2O /13% MgO /10% CaO); **Faktor II - Behandlung:** Ohne/mit *Digitalis*. Größe der Parzellen: 48 bzw. 24 m². Die K-Düngung wurde nur zu Kartoffeln und zu Luzerne- bzw. Klee gras in Höhe von 400 kg K/ha ausgebracht. Bei letzteren wurde aufgrund der Untersaat zu Hafer gedüngt. Die Behandlungen mit Fingerhut als Tinktur (10%) wurden direkt zur Düngung (200 l/ha 6,5%) bzw. zusammen mit den bio-dynamischen Spritzpräparaten (150-200 l/ha, 0,1%) vorgenommen. Die Versuchsdurchführung war in die Fruchtfolge und Düngungsmaßnahmen des Hofes integriert. Als Hackfrucht wurden Kartoffeln gebaut. Diese erhielten Stallmistgaben in Höhe von 350 bzw. 300 dt/ha. Klee wurde drei- anstatt zweijährig angebaut. Die untersuchten Früchte sind Tab. 1 zu entnehmen.

Ergebnisse

Im Hinblick auf den **Faktor Düngung** wies im Vergleich aller Kulturen nur Kalimagnesia (KMg) durchgehend signifikante Wirkungen auf. Die Erträge in Tab. 1 zeigen bei den K-entzugsintensiven Kartoffeln und mehrjährigen Leguminosen erwartungsgemäß die stärksten Effekte. Die Abweichungen von der Kontrolle erreichten je nach Frisch- oder Trockenmasse zwischen +8 und +36%. Bei Kartoffeln erhöhte sich signifikant der Anteil marktfähiger Knollen (+17% TM) bei geringerer Verfärbung und Blaufleckigkeit. Die Erträge von Luzerne- und Klee gras waren um 21 bzw. 17% Trockenmasse, die der Frischmasse aufgrund des saftreicheren Futters jeweils um 28% erhöht. Auf die verbesserte Kaliumversorgung reagierte das Getreide im Ertrag nicht signifikant. 2002 sind die Mehrerträge von 11% Korn und 19% Stroh vor allem auf den erhöhten Vorfruchtwert der Luzerne zurückzuführen. Dies gilt 2009 ebenso für Tagetes mit 46% Mehrertrag nach Klee gras. Die KMg-Düngung steigerte mit Ausnahme von Na die Nährstoffaufnahme, so z. B. beim Stickstoff mit hoher agronomischer Relevanz um +18% (Tab. 1). Die Gesteinsmehlgaben blieben ohne Einfluss auf den Ertrag. Demgegenüber erhöhten die **Behandlungen** mit *Digitalis* die Erträge des Futters, des Roggenstrohs und des Hafers (2005) signifikant zwischen 2,3 und 5,9%. Zudem wurden gesicherte Effekte auf die Nährstoffaufnahme aller Hauptelemente bei allen Früchten gemessen (Tab. 1 und 2). In Bezug auf die **Bodennährstoffgehalte** veränderte nur Kalimagnesia das pflanzenverfügbare K_2O (Abb. 1). Danach führten die Gaben (1997, 1999, 2003, 2005) zu signifikanten Anstiegen bis 14 mg K_2O . Diese sanken nach dem Anbau des Feldfutters wieder auf das Ausgangsniveau. Die Gesamtgabe von 1.600 kg K/ha verringerte nur bei KMg-Düngung die Kalifixierung. Beim pflanzenverfügbaren Magnesium sanken in den Parzellen der Kontrolle und von Orthoklas die Werte von 6-7,5 auf 4,3-4,5 mg/100 g Boden. Die Düngung mit KMg sowie Basalt erhöhten nur vorübergehend die Mg-Gehalte. Ein Einfluss von *Digitalis* auf den Boden konnte in der einmaligen Abschlussuntersuchung nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 1: Trockenmasseerträge von 1997 bis 2009 in Abhängigkeit von Düngung und Digitalis-Behandlung. Gesamtnährstoffentzüge von N, K und Mg [Angaben in dt/ha]. Dottenfelderhof

Jahr	1997	1998		1999		2000/01	2002		2003
Düngung/ Digitalis-Beh.	Kartoffeln Marktw.	Winterweizen Korn	Stroh	Hafer Korn	Stroh	Luzerne- gras	Winterweizen Korn	Stroh	Kartoffeln Marktw.
Kontrolle	46,7 b*	44,7	40,9	42,8	29,9	240 b	37,1	45,3	28,3 ab
KaliMg	54,5 a	45,3	45,0	44,5	28,6	291 a	41,2	54,0 **	33,5 a
Orthoklas	49,5 ab	46,7	43,2	45,0	28,0	257 b	35,2	44,6	24,1 b
Basaltmehl	49,0 ab	46,3	39,4	43,4	27,6	256 b	36,2	46,1	27,6 ab
ohne Digitalis	49,9	45,7	42,1	44,3	28,9	261 B	32,5	40,9	28,4
mit Digitalis	50,5	45,2	40,7	44,1	27,8	274 A	33,7	40,6	28,7
Jahr	2004		2005		2006-08	2009	1997-2009		
Düngung/ Digitalis-Beh.	Winterroggen Korn	Stroh	Hafer Korn	Stroh	Klee- gras	Tagetes	Nährstoff-Entzug		
Kontrolle	33,0	35,6	56,7	35,6	351 b	29,1 b	22,6 b	14,6 b	2,69 c
KaliMg	36,2	38,9	57,8	38,9	412 a	42,4 a	26,6 a	22,9 a	3,20 a
Orthoklas	33,8	35,8	57,7	35,8	335 b	28,3 b	22,8 b	14,5 b	2,69 c
Basaltmehl	33,0	34,4	57,2	34,4	347 b	30,3 b	23,0 b	15,0 b	2,92 b
ohne Digitalis	34,0	67,4 B	57,3 B	36,2 B	361 B	32,5	23,7 B	16,7 B	2,88 B
mit Digitalis	35,6	71,3 A	58,7 A	38,1 A	375 A	32,6	24,8 A	17,5 A	3,02 A

*) Tukey α 0,05 signifikant bei unterschiedlichen Buchstaben **) Dunnett α 0,05 signifikant gegenüber Kontrolle**Tabelle 2: Einfluss von Digitalis-Behandlungen auf die Summe der Nährstoffentzüge der von 1997 bis 2009 angebauten Früchte. Dottenfelderhof**

Nährstoffentzug	N dt/ha	P dt/ha	K dt/ha	Mg dt/ha	Na dt/ha	Ca dt/ha	S dt/ha
Kontrolle	23,73 b*	3,38 b	16,74 b	2,88 b	0,95 b	11,39 b	1,75 b
mit Digitalis	24,79 a	3,50 a	17,46 a	3,02 a	1,02 a	11,98 a	1,81 a

*) Tukey α 0,05 signifikant bei unterschiedlichen Buchstaben.

Diskussion

Bei Gesamtgehalten im Boden von 2,4% Kalium wird im Öko-Landbau davon ausgegangen, dass genügend Reserven für die K-Versorgung der Pflanzen über einen Nährstoffaufschluss aus dem Boden zur Verfügung stehen. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch, dass unter den geschilderten Praxisbedingungen einer ökologischen Bewirtschaftung bei schlechter Kalium-Verfügbarkeit das Wachstum vor allem von Hackfrüchten und Feldfutter eingeschränkt ist. Durch eine richtlinienkonforme Gesundungsdüngung mit Kaliummagnesia ließen sich evidente Verbesserungen in der Ertrags- und Qualitätsbildung sowie Pflanzengesundheit mit erhöhter Widerstandskraft gegenüber Nematodenbefall (*Pratylenchus* ssp.) erreichen. Vor allem wurden enorme Steigerungen des Leguminosenwachstums einschließlich der N-Aufnahme (+80kg N/ha/a zur Kontrolle) festgestellt. In der Folge war der Vorfruchtwert stark verbessert. Ein positiver Einfluss auf die Humusbilanz und letztlich auf die Bodenfruchtbarkeit ist zu vermuten (Rutt et al. 2006). Neben der Kalium-Wirkung des Düngers ist diejenige des Sulfats zu berücksichtigen, wogegen Magnesium in dem hoch versorgten Boden eine geringere Rolle spielt. Dass durch Fingerhut-Behandlungen die genannten Wirkungen noch zu steigern und Qualitätserhöhungen zu erreichen sind (Kartoffeln +13% Vitamin C), sollte Anlass zu weiteren Untersuchungen geben. Vor der hohen Giftigkeit der Pflanze ist zu warnen. Die Düngung von Gesteinsmehlen führte zu

keinem vergleichbaren Ergebnis. Im Boden weisen nach 13 Jahren und Düngung von 1.600 kg K/ha die allein durch Kalimagnesia vorübergehend veränderten K_2O -Gehalte keine Anhebung auf, weil die gesteigerten K-Entzüge das verfügbare Kalium im Boden erschöpften. Die Wirtschaftlichkeit der Kalimagnesia-Gaben war mit Mehrerlösen bei Kartoffeln mit 840 €/ha, bei Luzernegras mit 500 €/ha und bei der Nachfrucht Weizen mit 360 €/ha gegeben. Gesteinsmehl-Düngung verursachte generell Mehrkosten.

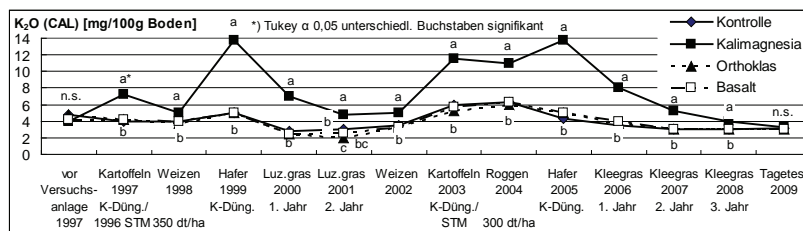


Abbildung 1: Verlauf der K_2O -Gehalte (CAL) im Boden. Dottenf.hof 1997-2009

Schlussfolgerungen

Eine K-Gesundungsdüngung zur Aufrechterhaltung der Ertragsfähigkeit, Qualitätssicherung und Gesundheit bei Hackfrucht und Feldfutter sowie zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit ist bei Kali-fixierenden, tonreichen Böden nicht nur in der Versorgungsstufe 'A', sondern kann auch in 'B' (6-11 mg K_2O), teils im Übergang zu 'C' (12-20 mg K_2O) notwendig sein, wenn mehrjähriges Klee- oder Luzernefutter angebaut werden. Dies lässt sich aus dem Verlauf der K-Gehalte im Boden im Zusammenhang mit den hohen K-Entzügen (400-900 kg/ha) sowie der Nachfruchtwirkung von Klee- und Luzernegras auf den Qualitätsweizenanbau schlussfolgern. Unter Beachtung der Minimierung von Nährstoffverlusten sollte die Wahl des Düngers unter Beachtung eines ökologischen Nährstoffmanagements erfolgen. Für den Öko-Landbau, besonders den bio-dynamischen, empfiehlt sich, *Digitalis*-Extrakt auf Boden und Pflanze anzuwenden, da dies zu Wachstumssteigerung und Qualitätsförderung der Kulturpflanzen führt.

Danksagung

Dank an die Projektförderer: Rudolf Steiner Fonds für wissenschaftliche Forschung, Nürnberg, Software AG-Stiftung, Darmstadt, Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Bochum.

Literatur

- Gruber H. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 21: 123-125.
- Rutt K., Gransee A., Christen O. (2006): Long-term effects of potassium on parameters of the soil water balance. Advances in Geocology 38: 181-188.
- Spieß H., Heyn J., Schaaf H., Fioretto A. (1999): Einfluß steigender Kalimagnesia-Gaben auf Qualität und Ertrag von Möhren im Ökologischen Landbau. Beitr. 5. Wiss.tag. Ökol. Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 270-274.