

<b>Möglicherweise Schwefelmangel Ursache für Chlorosen bei Winterspinat?</b>	<b>Spinat, Winter Nährstoffmangel Schwefel</b>
--	--

## Zusammenfassung

Bei einem Sortenversuch mit Winterspinat an der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Dresden-Pillnitz waren im Frühjahr 2008 starke Chlorosen zu beobachten, von denen aber die Randreihen der Beete im Allgemeinen nicht betroffen waren. Ähnliche Symptome wurden auch aus der Praxis gemeldet. Durch Boden- und Pflanzenanalysen war ein 'klassischer' Nährstoffmangel (N/P/K/Mg/Mikro) als Schadursache auszuschließen, die anschließende Untersuchung der S-Gehalte der Pflanzen deutete aber darauf hin, dass eine mangelnde Schwefelversorgung Ursache für die Chlorosen gewesen sein dürfte.

## Versuchshintergrund u. -frage

Beim Anbau von Winterspinat treten im hiesigen Anbaubereich immer wieder Symptome/Probleme auf, die auf eine Nährstoff-Unterversorgung schließen lassen. Der Spinat "reagiert nicht" auf die Frühjahrs-N-Gabe, bleibt im Wachstum zurück ("wird nicht fertig") und zeigt deutliche Chlorosen. Pflanzen im Bereich der Fahrspuren (2 Reihen bei dem üblichen Säabstand von 12 cm) entwickeln sich dagegen 'normal'. Das Erntegut weist mit  $\text{NO}_3$ -Gehalten von weit unter 1.000 mg/kg eher auf eine unzureichende N-Versorgung hin (Aussagen des hiesigen Anbauberaters 2003).

Auf Grund der beschriebenen Symptome wurde unsererseits eine unzureichende N-Versorgung (insbesondere auf Grund der 'grünen' Randpflanzen) als wahrscheinlichste Ursache für das Phänomen angenommen. Darauf hin wurden ab dem Jahr 2003/2004 N-Düngungsversuche angelegt, bei denen allerdings die oben beschriebenen Symptome auch in Varianten mit relativ geringer N-Zufuhr nicht beobachtet werden konnten. Auch in der Praxis trat das beschriebene Problem in den letzten Jahren nicht besonders auffällig in Erscheinung.

Anders 2008: Mitte März zeigten sich in einem Sortenversuch mit Winterspinat in DD-Pillnitz erste chlorotische Verfärbungen. Der Bestand war zuvor Ende Februar (fälschlicher Weise) sogar auf ein N-Angebot von knapp 190 kg N/ha aufgedüngt worden; ein N-Mangel war auf Grund des erst zögernd einsetzenden Wachstums und der damit vermutlich nur mäßigen N-Aufnahme zu diesem Zeitpunkt eher auszuschließen. Anfang April verstärkten sich die Symptome (Abb. 1) und es trat wieder das Phänomen auf, dass insbesondere Randpflanzen praktisch nicht betroffen waren (Abb. 2 und 3). Nachdem entsprechende 'Meldungen' auch aus der Praxis kamen, wurden Boden- und Pflanzenproben entnommen. Da aus der Schweiz von positiven Erfahrungen mit einer Magnesium-Düngung gegen "die häufig bei Winterspinat auftretenden Blattchlorosen" berichtet wurde (NEUWEILER 2006), wurde am 5. April als 'Notmaßnahme' eine Blattdüngung mit Magnesiumnitrat durchgeführt.

## Ergebnisse

Bei der Bodenbeprobung am 7. April wurde zwischen Bereiche mit grünen, normal entwickelten Pflanzen und solchen mit chlorotischen Pflanzen unterschieden. Dabei zeigte sich, dass im Bereich der chlorotischen Pflanzen der  $N_{\min}$ -Gehalt mit 76 kg N/ha (0-30 cm) sogar höher ausfiel als in dem 'grünen Bereich', wo mit 50 kg N/ha schon relativ wenig N vorgefunden wurde (Tab. 1).

<b>Versuche im deutschen Gartenbau</b> <b>Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Gartenbau</b> <b>Dresden-Pillnitz</b> Bearbeiter: Hermann Laber	<b>2008</b>
---	-------------

## Kulturdaten (Sortenversuch DD-Pillnitz):

15. Sept. '07: Aussaat: 220 Korn/m<sup>2</sup> (verschiedene Sorten)

18. Febr. '08: N<sub>min</sub>-Probe: 28 kg N/ha (0-30 cm)

25. Febr.: N-Düngung: 160 kg N/ha als KAS

5. April: Blattdüngung mit 20 kg Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/ha (= 2,2 kg N/ha, 1,8 kg Mg/ha)

7. April: Entnahme von Bodenproben (getrennt nach Bereichen mit grünem bzw. chlorotischen Pflanzen (Mischprobe über verschiedene Sorten))

10. April: Entnahme von Boden- und Pflanzenproben (getrennt nach Mitte des Beetes = chlorotisch bzw. Rand = grün) (Mischprobe über verschiedene Sorten)

ab 14. April: Chlorosen schwächen sich ab

21. April: Ernte der ersten Sorte

23. April: nochmalige Entnahme von Pflanzenproben

30. April: Ernte der letzten Sorte

**Tab. 1: Ergebnisse der N<sub>min</sub>-Beprobung**

<b>N<sub>min</sub>-Bodenprobe vom 7. April</b>					
		<b>Bereiche mit grünem</b>		<b>Bereiche mit chlorotischen</b>	
		<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>
NH <sub>4</sub> -N	[kg N/ha]	24		17	
NO <sub>3</sub> -N	[kg N/ha]	26		59	
N <sub>min</sub>	[kg N/ha]	50		76	
<b>N<sub>min</sub>-Bodenprobe vom 10. April</b>					
		<b>Rand, grüne Pflanzen</b>		<b>Beetmitte, chlorotische Pfl.</b>	
		<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>
NH <sub>4</sub> -N	[kg N/ha]	7	3	3	3
NO <sub>3</sub> -N	[kg N/ha]	8	16	36	14
N <sub>min</sub>	[kg N/ha]	15	19	40	17

Bei einer erneuten, parallel zu einer Pflanzenbeprobung am 10. April durchgeführten Bodenprobe wurden die Bodenproben strikt getrennt nach Randbereich (= grüne Pflanzen) bzw. Beetmitte (= chlorotisch) der jeweils gleichen Parzelle entnommen. Auch hierbei zeigte sich in den chlorotischen Bereichen ein höherer N<sub>min</sub>-Gehalt als am Rand, obgleich im Randbereich mit einem N<sub>min</sub>-Gehalt von nur 15 kg N/ha (0-30 cm) eigentlich (ebenfalls) ein N-Mangel zu erwarten gewesen wäre.

Bei der Pflanzenanalyse zeigten sowohl die grünen Rand- als auch die chlorotischen Pflanzen in der Beetmitte ausreichende bzw. sogar relativ hohe N-Gehalte (Tab. 2). Andererseits deuten die Nitratgehalte mit weniger als 300 mg NO<sub>3</sub>/kg FS eher auf eine unzureichende N-Versorgung hin.

Bei den P-, K-, Mg- und Mikronährstoffgehalten waren keine auffälligen Unterschiede zwischen der grünen bzw. chlorotischen Probe zu verzeichnen; Lediglich der Mo-Gehalt der chlorotischen Probe war mit 18 mg/kg deutlich höher als in der grünen Probe, die mit 2,9 mg/kg auch 'etwas mehr Mo als notwendig' enthielt. (Eine Mo-Toxizität ist bei diesen Gehalten aber auszuschließen.) Mit Ausnahme der P-Gehalte, die in beiden Proben unter den Werten für eine ausreichende Versorgung lagen, zeigten sich bei allen weiteren Nährstoffen 'normale' Gehalte.

**Tab. 2: Ergebnisse der Pflanzenanalyse (gerade voll entwickelte Blätter)**

		Sortenversuch Pillnitz		ausreichender Gehalt <sup>1)</sup>
		Rand, grün	Mitte, chlorotisch	
<b>Pflanzenprobe vom 10. April</b>				
TS	[% i.d. FS]	10,5	9,7	
N <sub>Gesamt</sub>	[% i. d. TS]	4,9	5,3	3,8-5,0
NO <sub>3</sub>	[mg/kg FS]	273	292	
S <sub>Gesamt</sub>	[% i. d. TS]	0,35 <sup>2)</sup>	0,25 <sup>2)</sup>	(>0,30 <sup>3)</sup> ; 0,30-0,35 <sup>4)</sup> )
N/S-Verhältnis		14	21	(11,0) <sup>5)</sup>
P	[% i. d. TS]	0,24	0,27	0,4-0,6
K	[% i. d. TS]	6,1	5,3	3,5-5,3
Mg	[% i. d. TS]	0,59 <sup>6)</sup>	0,66 <sup>6)</sup>	0,35-0,8
B	[mg/kg TS]	(fehlerhafte Analyse)		40-80
Mo	[mg/kg TS]	2,9	18,0	0,3-1,0
Cu	[mg/kg TS]	13	12	7-15
Mn	[mg/kg TS]	44	45	40-100
Zn	[mg/kg TS]	76	83	20-70
<b>Pflanzenprobe vom 23. April</b>				
TS	[% i.d. FS]	11,8	10,5	
N <sub>Gesamt</sub>	[% i. d. TS]	5,00 <sup>7)</sup>	5,52 <sup>7)</sup>	3,8-5,0
S <sub>Gesamt</sub>	[% i. d. TS]	0,39 <sup>8)</sup>	0,19 <sup>8)</sup>	(>0,30 <sup>3)</sup> ; 0,30-0,35 <sup>4)</sup> )
N/S-Verhältnis		13	29	(11,0) <sup>5)</sup>
SO <sub>4</sub> -S	[% i. d. TS]	< 0,03 <sup>9)</sup>	< 0,03 <sup>9)</sup>	

1) ausreichender Mineralstoffgehalt nach BERGMANN 1993;

2) laut Labor sind die S-Gehalte auf Grund der geringen Probenmenge mit "Vorbehalt zu betrachten" (n. DIN 51724 Teil 1); 3) für Zuckerrüben (VDLUFA 2000); 4) für Zuckerrüben (SCHNUG und HANEKLAUS 2006);

5) kritischer Wert für Zuckerrüben (keine Angaben für Spinat) nach SAALBACH (zit. i. BERGMANN 1993) und THOMAS et al. 2000, höheres Verhältnis als Indiz für S-Mangel;

6) die Mg-Gehalte könnten durch die 5 Tage zuvor durchgeführte Mg-Blattdüngung evtl. leicht 'verfälscht' worden sein (die ausgebrachte Mg-Menge von 1,8 kg/ha entspricht bei vollständigem Verbleib auf/im Blatt bei 3.000 kg TS/ha einem Mg-Gehalt von 0,06 % und dürfte damit aber vernachlässigbar sein);

7) Methode nach DUMAS; 8) Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA); 9) wasserlösliches SO<sub>4</sub>

Nachdem die 'klassische' Pflanzenanalyse keine Hinweise auf einen möglichen Nährstoffmangel lieferte, wurde noch eine Untersuchung der Proben auf Schwefel veranlasst. Da für Spinat keine Werte für einen ausreichenden S-Gehalt vorliegen, wurde auf Richtwerte für die nahe verwandte Zuckerrübe zurückgegriffen. Danach wies die chlorotische Probe einen etwas zu geringen S-Gehalt aus. Das N/S-Verhältnis, das "einen sicheren Anhaltspunkt betreffs S-Mangel vermittelt und bei S-Mangel stark zugunsten von N verschoben ist" (BERGMANN 1993) wies mit 21, verglichen mit dem 'kritischen Wert' von 11 für Zuckerrüben, auf einen massiven S-Mangel hin.

Am 23. April wurde nochmals eine Pflanzenprobe genommen. Allerdings waren die Symptome zu diesem Zeitpunkt nicht mehr so deutlich ausgeprägt wie Anfang April (der Unterschied zwischen der chlorotischen Beetmitte und dem grünen Rand schwächte sich bis Ende April weiter deutlich ab).

Auch diese zweite Pflanzenprobe bestätigte den Verdacht, dass ein S-Mangel als Ursache für die Chlorosen anzusehen ist: Mit 0,19 % S i. d. TS und einem N/S-Verhältnis von 29 deutete sich ein starker S-Mangel an, während die 'grüne' Probe mit 0,39 % (N/S = 13) auf eine knapp ausreichende S-Versorgung der Randreihen hinwies.

Nach Vorliegen dieser Analyseergebnisse erscheinen die Ergebnisse von NEUWEILER (2006) 'in einem neuem Licht': Der Autor berichtete von 96 % höheren Erträgen und "vollständigem Ausbleiben von Symptomen von Mg-Mangel" bei einer  $MgSO_4$ -Düngung (max. 30 kg Mg/ha = 50 kg MgO als Kieserit); Dieses aber nur bei einer Düngung im Frühjahr!

Möglicherweise beruhte die Wirkung aber (auch) auf dem S-Anteil des Düngers (bei 30 kg Mg/ha ca. 40 kg S/ha). Diese würde auch das völlige Ausbleiben der Wirkung bei der Herbstapplikation erklären, da  $SO_4$  leicht über Winter ausgewaschen werden kann (was bei Mg bei einem Boden mit 11 % Ton nicht in dem Maße zu erwarten ist).

Diese  $SO_4$ -Auswaschung über Winter könnte auch dafür verantwortlich sein, dass entsprechende Mangelsymptome in der Vergangenheit zumeist nur bei Winterspinat beobachtet wurden. Zudem wird Winterspinat mit seiner üblichen Ernte im April häufig nicht beregnet, so dass ihm auch nicht mit dem zumeist  $SO_4$ -haltigem Grund- bzw. Beregnungswasser Schwefel zugeführt wird (z. B. 17 kg S/ha bei einer Beregnungsmenge von 50 mm und einem  $SO_4$ -Gehalt des Beregnungswassers von 100 mg/l [ $SO_4$ -Gehalt am Standort Pillnitz ca. 200 mg  $SO_4$ /l]).

Auch die S-Freisetzung aus der Mineralisation der organischen Bodensubstanz (der häufig aber nur eine untergeordnete Bedeutung zugemessen wird) und der kapillare Aufstieg von  $SO_4$ -halten Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten kommt bei Winterspinat nur 'wenig zum Tragen'.

Gegen einen S-Mangel als Ursache für die beobachteten Schäden sprechen:

- Niedrigere Trockensubstanzgehalte der chlorotischen Pflanzen (n. BERGMANN 1993 Trockensubstanzgehalt bei S-Mangel durch Kohlenhydratanreicherung eher erhöht)
- $NO_3$ -Gehalte gering (n. BERGMANN 1993 kann es bei S-Mangel durch Störung der Nitratreduktase-Aktivität zu einer Nitratanreicherung kommen)
- Blattadern blieben grün (n. BERGMANN 1993 zeigt sich bei Rüben [und ähnlich bei Spinat] eine totale Vergilbung der jüngsten schmalen Blätter, was nicht mit Fe-Mangel verwechselt werden darf, bei dem die Adern grün bleiben. FISCHER et al. 2004 berichten bei Fe-Mangel allerdings von "Aufhellungen, keine Chlorosen")

Insgesamt sprechen die 'Indizien' aber deutlich dafür, dass ein S-Mangel die Ursache für die aufgetretenen Chlorosen war.

Leider war es nicht möglich, eine 'ordnungsgemäße' Pflanzenprobe auch bei den in der Praxis aufgetretenen chlorotischen Wachstumsstörungen zu erhalten. Dieses soll bei einem ggf. erneuten Auftreten der Schäden im Frühjahr 2009 nachgeholt werden. Für die Saison 2008/2009 sind zudem S-Düngungsversuche mit Winterspinat am Standort Dresden-Pillnitz geplant.

## Fazit

Als vorläufige Empfehlung ist aus den Ergebnissen abzuleiten, dass zu Winterspinat vorsorglich im Febr./März mit der praxisüblichen N-Düngung (nicht im Herbst, da auswaschungsgefährdet) eine S-Düngung erfolgen sollte (S-Bedarf von Spinat bei 40 dt TS-Aufwuchs/ha rund 14 kg S/ha). Dazu sollte die N-Düngung teilweise als Schwefelsaures Ammoniak (24 % S) bzw. Ammonsulfatsalpeter (14 % S) erfolgen ( $NH_4$ -Anteil nicht stabilisiert, da Spinat bei  $NH_4$ -Ernährung mit Mindererträgen reagiert), so dass bei einer N-Düngung von 30 (SSA) bzw. 50 kg N/ha (ASS) rund 30 kg S/ha ausgebracht würden. Noch einfacher ist es, die (gesamte) N-Düngung in Form der seit geraumer Zeit angebotenen S-haltigen Ammoniumnitrat-Dünger ('Ammoniumnitrat mit Schwefel', 6 bzw. 7 % S) auszubringen.

Alternativ kann eine S-Düngung in Höhe von ca. 30 kg S/ha auch mit Kieserit (ca. 21 % S) oder Kalium(magnesium)sulfat (17 bzw. 18 % S) erfolgen.



**Abb. 1: Spinatpflanze mit typischen Chlorosen, Blattadern noch grün** (Sortenversuch mit Winterspinat, Pillnitz 2007/2008; Foto: 9. April 2008)



**Abb. 2: Spinatparzelle mit Chlorosen bevorzugt in der Beetmitte** (Sortenversuch mit Winterspinat, Pillnitz 2007/2008; Foto: 9. April 2008)



**Abb. 3: Spinatbestand mit Chlorosen bevorzugt in der Beetmitte** (Sortenversuch mit Winterspinat, Pillnitz 2007/2008; Foto: 9. April 2008)

### Literatur:

BERGMANN, W. 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart, 3. Aufl.

FISCHER, P., K. ANNESER und S. SELING 2004: Ernährungsstörungen an Spinat.

Gemüse **40** (11), S. 18-21 [kein S-Mangel]

NEUWEILER, R. 2006: Winterspinat stellt hohe Ansprüche. Gemüse **42** (4), S. 22-24

SCHNUG, E. und S. HANEKLAUS 2006: Pflanzenanalyse und Düngerbedarfsermittlung. Vortrag "Informationstag zur Nährstoffanalytik". Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig ([www.pb.fal.de](http://www.pb.fal.de))

THOMAS, S., P. BILSBORROW, T. HOCKING und J. BENNETT 2000: Sulfur deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris*). Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 218, S. 97-100

VDLUFA 2000: Schwefelversorgung von Kulturpflanzen – Bedarfsprognose und Düngung. VDLUFA [Hrsg.] Standpunkt, Darmstadt