

Aus dem Institut
für Bodenkunde und Standortslehre
der Universität Hohenheim
Fachgebiet Allgemeine Bodenkunde und Gesteinskunde
Prof. Dr. E. Schlichting †
Prof. Dr. K. Stahr

Charakterisierung und Melioration von Chlorosestandorten

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Agrarwissenschaften

vorgelegt der Fakultät III – Agrarwissenschaften I
(Pflanzenproduktion und Landschaftsökologie)

von
Diplom Agraringenieur
Gerhard Clemens
aus Ediger-Eller

1990

5 Zusammenfassung

Auf kalkhaltigen Böden treten verbreitet Fe-Mangelchlorosen auf. Als ökologische Ursachen werden die generell geringe Fe-Verfügbarkeit bei hohem pH in den genannten Böden betrachtet sowie ein hoher Gehalt an Hydrogenkarbonat, dessen chloroseinduzierende Wirkung in physiologischen Experimenten nachgewiesen wurde. Bei den bisher praktizierten Verfahren zur Melioration und Charakterisierung solcher Standorte wurde HCO_3^- unzureichend berücksichtigt. Daher wurde in Gefäß- und Feldversuchen sowie standortkundlichen Untersuchungen die Bedeutung der den HCO_3^- -Gehalt in Böden beeinflussenden Faktoren für die Chlorose überprüft, mit dem Ziel,

- Verfahren der Melioration von Chlorosestandorten zu erproben und
 - die analytische Charakterisierung solcher Standorte zu verbessern.
- Die Ergebnisse der Untersuchungen sind Grundlage folgender Aussagen.

1) Versuche zur Charakterisierung:

Auf eine Bedeutung der Durchlüftung, der CO_2 -Produktion und der Karbonatlöslichkeit für die Chlorose deuten folgende Befunde von Gefäßversuchen:

Durchlüftungsfördernde Zuschläge (Bims, Tuff) zu Böden, auf denen im Feld starke Chlorosen auftreten, erhöhten bei einer Dosis von 10 und 15 Vol.-% die Chlorophyllgehalte der Blätter, die Biomasseproduktion und tendenziell die Fe-Aufnahme von Erdnußpflanzen. Die Wirkung war umso stärker, je niedriger die Chlorophyllgehalte der Kontrolle gegenüber der mit einem Fe-Chelat (Sequestren) gedüngten Variante waren.

In Modellversuchen sanken bei verminderter Durchlüftung durch Verdichtung und Überwässerung, stärker aber durch CO_2 -liefernden Zusatz von 1 und 2,5% organischer Substanz zu Böden, auf denen im Feld mäßig starke Chlorose auftreten, die Chlorophyllgehalte der Blätter, bei Zusatz organischer Substanz zusätzlich auch die Fe-Aufnahme der Erdnußspresse. Die HCO_3^- -Gehalte und die Chlorophyllgehalte nach diesen Behandlungen waren eng korreliert, was auf HCO_3^- als Ursache für die Chlorose deutet.

Auf Bodenmaterial eines Vertisols mit relativ hohem Gehalt an DTPA- und oxalatlöslichem Eisen sanken die Chlorophyllgehalte und die Fe-Aufnahme der Pflanzen nicht mit steigenden HCO_3^- -Gehalten. Das zeigt, daß neben HCO_3^- auch das Fe-Angebot von Bedeutung ist.

Die Bedeutung der Karbonatlöslichkeit zeigt sich in dem unterschiedlich steilen Anstieg der HCO_3^- -Gehalte mit steigendem pCO_2 in der Bodenluft.

Die standortskundlichen Untersuchungen ergaben:

Das als Maß für die Reaktionsfähigkeit der Karbonate aus der Ionenkonzentration in Kohlensäureextrakten berechnete "scheinbare Löslichkeitsprodukt" der Karbonate (K_L) ist in den Böden verschieden und in den Kalkanreicherungs-horizonten höher als in den darüberliegenden Horizonten. Die Werte von K_L gehen nicht parallel mit der Regressionsgeraden von HCO_3^- - und CO_2 -Gehalten, wie sie in Gefäßversuchen ermittelt wurden. Letztere korrelierten dagegen gut mit dem Logarithmus der Aktivkalkgehalte; diese erscheinen deshalb für die Charakterisierung der Reaktionsfähigkeit der Karbonate besser geeignet.

Die Gehalte der Böden an leicht mineralisierbarer organischer Substanz korrelieren mit dem $\log C_1$ und waren bei den sandig - schluffigen Böden deutlich niedriger als bei den tonigen. Die Luftleitfähigkeit war bei letzteren trotz geringen Porenvolumens und Grobporenanteils höher als bei ersteren. Hohe CO_2 -Produktion bei schlechter Durchlüftung schließen sich bei den untersuchten Standorten weitgehend aus; die Karbonatlöslichkeit ist somit entscheidend für die HCO_3^- -Gehalte. Dies zeigt auch die enge Korrelation von Sequestrenbedarf von Erdnüssen, einem Maß für Chlorosestärke auf den untersuchten Standorten, mit der Differenz aus \log Aktivkalk und oxalatlöslichem Fe.

2) Meliorierbarkeit von Chlorosestandorten

Eine Durchlüftungsverbesserung allein (Zusatz von 10 Vol.-% Bims) wirkte nur auf einem Standort (haplic Calcisol aus Löß; mit mäßiger Chloroseanfälligkeit bei nur 7,5% Aktivkalk und niedriger Luftleitfähigkeit) und nur in einem von zwei Versuchsjahren. Auf zwei weiteren Standorten (haplic Calcisol aus Mergel und eutric Leptosol aus weichem Kalkstein mit starker bis sehr starker Chloroseanfälligkeit bei Aktivkalkgehalten von 16 bzw. 34%) war die Durchlüftung trotz geringem Grobporenanteil in gequollenem Zustand nicht limitiert oder wurde durch Bims nicht verbessert.

Auf allen Standorten wirkte der Zusatz von 6 Gew.-% Basaltmehl, der Zusatz von 10 Vol.-% Tuff (Kombination aus Fe-Zufuhr und Durchlüftungsverbesserung) wirkte nur auf dem haplic Calcisol aus Löß ebensogut wie Basalt, auf den anderen Standorten jedoch weniger gut.

Nach Bestätigung der Bedeutung des HCO_3^- und der diesen beeinflussenden Faktoren, insbesondere der Karbonatlöslichkeit, in Böden mit geringen Mengen an verfügbarem und/oder mobilisierbarem Fe für das Auftreten der Chlorose, ist aus den Ergebnissen allgemein abzuleiten:

Mit sinkender Karbonatlöslichkeit steigt die Bedeutung der den CO_2 -Gehalt determinierenden Faktoren bis zu dem Bereich, in dem Chlorosen nur dann auftreten, wenn der CO_2 -Partialdruck hoch ist, z.B. bei hoher CO_2 -Produktion und schlechter Durchlüftung. Auf solchen Standorten sind Maßnahmen zur Verminderung des pCO_2 wirksam. In Böden mit hoher Karbonatlöslichkeit dagegen ist der HCO_3^- -Gehalt in der Bodenlösung auch bei niedrigem pCO_2 für eine Chloroseinduktion ausreichend. Eine CO_2 -Erhöhung bzw. Verminderung wirkt in diesen lediglich verstärkend bzw. vermindern auf die Chlorose. Eine zuverlässige Melioration ist möglich durch Erhöhen des Fe-Angebots mit geeigneten Mitteln.

Characterization and Melioration of Chlorosis-inducing Soils

Summary

On calcareous soils Fe deficiency chlorosis in plants is widespread. Ecological causes are seen in the generally low Fe availability at high pH and the high content of bicarbonate, the chlorosis-inducing effect of which was shown in physiological experiments. Until now HCO_3^- content was hardly considered when meliorating and characterizing such soils. Therefore the importance of factors affecting the HCO_3^- concentration in soil solution on chlorosis was examined in pot and field experiments in Israel, with the aims of

- testing procedures of melioration, and
- improving the analytical characterization of chlorose-inducing soils.

The results lead to the following conclusions:

1) Experiments for charakterization

In pot experiments the following findings indicate the significance of aeration, CO_2 production and carbonate solubility in chlorosis inducing soils.

On soils which under field conditions induce severe chlorosis Chlorophyll content and biomass production of peanut plants increased after aeration was improved by addition of 10 and 15 vol.-% porous rock material (pumice or tuff-lapilli). The effect was the more pronounced, the lower the chlorophyll content of plants on the untreated soil was compared to those on the chelate (Sequestren-138) treated ones.

Vice versa on soils which under field conditions induce moderate chlorosis the chlorophyll content decreased after aeration was deminished by compaction of the upper soil layers or overirrigation. Chlorophyll content was reduced more and also the Fe uptake of the plants after increasing CO_2 production in these soils by addition of 1 and 2.5% organic matter. Chlorophyll content of the leaves and HCO_3^- content in the soils after this treatments were strongly correlated, indicating HCO_3^- as an chlorosis-causing factor.

On soil material of a calcic Vertisol with high DTPA- and oxalate soluble Fe content neither chlorophyll nor Fe uptake of peanut plants were reduced with increasing HCO_3^- content, pointing out that beside HCO_3^- concentration Fe supply in these soils is important for chlorosis development.

Different slopes of the relations ' HCO_3^- content in soils' versus ' CO_2 partial pressure in soil air' indicate at least a small portion of soil carbonates to be differently soluble.

Results of ecological investigations showed that:

The apparent solubility products of the soil carbonates (K_L), calculated from the ion activity in carbonic acid extracts were different in the tested soils and higher in calcic horizons than in the upper horizons. The values of K_L were not correlated with the slope of the regression line of HCO_3^- and CO_2 , calculated from data found in pot experiments. The latter showed a close relation to the logarithm of the "active lime" content, which is obviously more suitable as a measure for the carbonate reactivity than K_L .

Soil content of easy decomposable organic matter correlated with the logarithm of total carbon and was significantly lower in sandy-silty soil than in fine textural ones. In the latter air permeability was higher than in the coarse-textured soils despite low porosity and low content of coarse pores. As high CO_2 production at low aeration can be excluded in the examined soils the HCO_3^- content in these soils is determined mainly by the carbonate solubility. This can also be concluded from the good correlation of the Sequestren demand of peanuts on these soils, calculated from the peroxidase activity in young leaves as a measure for chlorosis, and the difference between logarithm of "active lime" and oxalate soluble Fe of the soils.

2) Melioration

Improving aeration by addition of 10 vol.-% pumice alone was effective only in one of two years and only on a loessial soil (haplic Calcisol) with moderate chlorosis, low "active lime" content and low air permeability. On two other soils (haplic Calcisol from marl, eutric Leptosol from soft lime) with high active lime content, aeration was not limited or could not be improved by pumice addition, although content of coarse pores was low under saturated conditions.

On all tested soils addition of 6 wt.-% basalt meal in order to improve Fe supply prevented chlorosis development; addition of 10 vol.-% tuff lappilli in order to improve aeration and Fe supply was just as effective as basalt meal on the loessial soil and less on both other soils. Both Fe-rich rock materials took effect until a second year growth.

In soils with low supply of available and/or mobilisable iron, HCO_3^- content and factors affecting its concentration in soil solution, especially the carbonate solubility, could be confirmed as chlorosis inducing factors. Therefore it is concluded:

The influence of factors determining the CO_2 partial pressure increases with decreasing carbonate solubility till a level, where chlorosis develops only if the pCO_2 is high. On such soils improving aeration is effective. In soils with high carbonate solubility, HCO_3^- content in soil solution at low pCO_2 is still high enough to induce chlorosis. Decreasing pCO_2 only lessens chlorosis, but does not avoid it. Reliable melioration of these soils is possible by improving iron supply with suitable materials.