



Bestimmung chemischer Bodenparameter 1

Bodenfruchtbarkeit

Darunter verstehen wir die Produktionskraft eines Bodens, ausgedrückt in dt (=Dezitonnen = 100 kg) organische Substanz/ha und Jahr. Die Fruchtbarkeit eines Bodens wird durch viele Faktoren bestimmt. Zu den wichtigsten Faktoren zählen Durchlüftung, Wasserhaushalt, pH-Wert und Gehalt an Nährsalzen, die für das Pflanzenwachstum unentbehrlich sind. Unter anderem gehören dazu Kalium-, Ammonium-, Nitrat- und Phosphatsalze.

Ammonium- Nitrat- und Nitriten sind Teile von Stickstoffverbindungen. Oft wird der Gesamtstickstoffgehalt eines Bodens angegeben. Dann muss man die Massenanteile der anderen Elemente an den Verbindungen herausrechnen. Dies geschieht hier durch Umrechnungsfaktoren.

Damit diese Salze den Pflanzenwurzeln zur Verfügung stehen, müssen sie in Wasser löslich sein. Oft sind sie fest an die Oberflächen von Mineralen gebunden. Sie können aber durch andere Ionen ersetzt und damit herausgelöst (extrahiert; extrahere (lat.) = herausziehen) werden. Deshalb extrahiert man die Nährsalze nicht nur mit destilliertem Wasser, sondern mit verschiedenen Salzlösungen.

Herstellung eines Calciumchlorid- Bodenextrakts (A) (zur Untersuchung auf pH, Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumionen)

100 g des lufttrockenen Feinbodens werden mit 100 mL Gebrauchslösung A (Calciumchloridlösung $c = 0,25 \text{ mol/L}$) versetzt und zwei Minuten lang heftig geschüttelt. Dann lässt man die Suspension 15 min. stehen und filtriert vom Rückstand durch ein Faltenfilter. Das Extrakt verwendet man zu den folgenden Bestimmungen.

pH-Wert

Der pH-Wert gibt die Konzentration der Wasserstoffionen (= Protonen ($\text{H}^+(\text{aq})$) = Oxoniumionen $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$) im Extrakt an. Er ist sehr wichtig, weil Pflanzenwurzeln Nährsalze aus den Mineralien herauslösen, in dem sie im Wurzelraum Säuren ausscheiden. Die Säuren mobilisieren die Nährsalze dann, wenn die Pflanze sie benötigt. Ist ein Boden zu sauer, so werden die Nährsalze eventuell ausgewaschen, die Böden verarmen an Nährsalzen. Fruchtbare Böden liegen im neutralen bis schwach alkalischen pH-Bereich: 6,5 – 8.

Der pH-Wert kann mit Indikatoren oder Teststäbchen im Bodenextrakt A bestimmt werden.

pH-Teststäbchen

verwenden wir bei Messwerten unter pH 4,5. Gefäß mit Ringmarkierung ca. 3 cm hoch mit Bodenextrakt A füllen, pH-Teststäbchen in das Gefäß stellen, nach 5 min Teststäbchen herausnehmen mit der Farbskala vergleichen.

pH-Flüssigindikator mit Komparator

liefert gute pH-Werte im Bereich von 4 bis 10. Farbscheibe pH 4 – 10 in Komparatorblock einlegen. Beide Messgläser mit Bodenextrakt bis zur Markierung füllen und in den Komparator stellen. Man gibt 4 Tropfen des Indikators in das rechte Glas, verschließt gut und schüttelt. Nun schaut man von oben in die beiden Gläser und dreht die Komparatorscheibe so lange, bis Farbton und Farbintensität einander entsprechen. Nach Gebrauch



Naturbeobachtung und Experiment

beide Gläser gründlich spülen. Durch den Vergleich der beiden Lösungen kann die Eigenfarbe der Lösungen besser durch das Auge kompensiert werden.

pH-Meter

In diesem Fall sollte statt der Lösung A ein Extrakt mit den Volumenverhältnissen 2 + 5 zur Anwendung kommen (z.B. 20 mL Feinboden + 50 mL Gebrauchslösung A).

Nitrat- und Nitritionen

mit Merck Quantofix® - Teststäbchen. Teststäbchen ca. 1 s in den Bodenextrakt A eintauchen. Nach 60 s Testfeld mit der Farbskala vergleichen. Bei Anwesenheit von Nitrat- oder Nitritionen färbt sich das Testfeld rotviolett.

Bitte beachten:

Packung nach der Entnahme der Teststäbchen sofort wieder fest verschließen. Testfeld nicht mit Fingern berühren.

Berechnung: Nitratgehalt in mg/L mit 0,23, Nitritgehalt mit 0,3 multiplizieren; um das Ergebnis ausgedrückt in mg/kg N zu erhalten.

Ammoniumionen

Bestimmung mit Merck Quantofix® Teststäbchen.

Durchführung: 5 ml-Messgefäß (31) mit Bodenextrakt A genau bis zur Markierung füllen (Meniskusunterkante). 10 Tropfen Ammonium-1 (29) zugeben und vorsichtig umschwenken. Teststäbchen 5 s in die vorbereitete Prüflösung eintauchen. Testfeld mit Farbskala vergleichen. Dieses färbt sich bei Anwesenheit von Ammoniumionen braun.

Bitte beachten:

Aluminiumdose nach der Entnahme sofort wieder schließen. Testfeld nicht mit den Fingern berühren.

Berechnung: Ammoniumgehalt in mg/L NH_4^+ ablesen und mit 0,78 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg N zu erhalten

Hinweis: Den Faktor erhält man durch Division der molaren Masse von N (= 14 g/mol) durch die molare Masse von NH_4^+ (=18 g/mol).



Naturbeobachtung und Experiment

Pflanzenverfügbare Stickstoffgehalt in mg/kg N

Den pflanzenverfügbaren Gesamtstickstoffgehalt in mg/kg N erhält man durch Addition der drei Werte Nitrat, Nitrit und Ammonium. Dieser Wert muss dann noch mit einem Feuchtefaktor multipliziert werden (siehe Arbeitsblatt Bodenfeuchte).

Bewertung der Elementkonzentrationen von Bodenlösungen n. Fiedler und Rösler (1988), Matthies (1993), Streit (1994), in mg/L. (fett = Trinkwassergrenzwerte)

Element	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
NO ₃ -N	0,1	1	11,3	45	2400	30000
NH ₄ -N	0,01	0,1	0,39	2,3	100	
PO ₄ -P	0,005	0,03	0,16	0,23	1,0	10
K ⁺	0,2	2	20	50		



Bestimmung chemischer Bodenparameter 2

Herstellung eines Calciumacetatlactat-Bodenextrakts (B)

Der Extrakt dient zur Bestimmung von Phosphor und Kalium. Die Lösung enthält 0,05 mol/L Calciumacetatlactat.

Der Boden sollte möglichst bei 105°C getrocknet werden, zur Not genügt auch die Lufttrocknung der Bodenprobe über 24 h bei Raumtemperatur.

In eine 400 mL PE-Pulverflasche mit Schraubverschluss (15) 10 g des getrockneten und gesiebten Bodens einwiegen. Mit Hilfe eines Messzylinders 200 mL Gebrauchslösung B zugeben, Flasche gut verschließen und 5 min lang kräftig schütteln. Feststoffe kurz absitzen lassen, dann Extrakt durch einen Faltenfilter MN616 ¼ (21) in einen 100 mL Messzylinder filtrieren. Falls die Lösung anfangs noch trüb ist, nochmals durch den gleichen Filter filtrieren. Eine leichte Gelbfärbung des Extrakts B stört nicht.

Kolorimetrische Bestimmung des Phosphorgehalts

2 Messröhrchen (19) in den Komparatorblock (20) stellen, die im Deckel des Koffers befindliche Farbscheibe Phosphat in den Komparator einlegen.

Mittels der 1 mL Kunststoffspritze (11) in beide Messröhrchen 1,6 mL Extrakt B einfüllen und mit dest. Wasser bis zur Markierung auffüllen.

6 Tropfen P-1 (33) zum rechten Messröhrchen geben, mischen. 6 Tropfen P-2 (34) zum rechten Messröhrchen geben, mischen. 6 Tropfen P-K (35) zum linken Messröhrchen geben und mischen.

Nach 10 min. Messwert ablesen: In der Durchsicht von oben die Farbe beider Gläser vergleichen und die Farbscheibe so lange drehen, bis optimale Farbübereinstimmung erreicht ist. Zwischenwerte lassen sich abschätzen.

Bitte beachten: Nach Gebrauch Messröhrchen gründlich spülen und verschließen. Für die Säuberung der Messröhrchen keine phosphathaltigen Reinigungsmittel verwenden.

Berechnung des Ergebnisses: Phosphorgehalt in mg/100 g P ablesen und mit 10 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg P zu erhalten.

Bestimmung des Kaliumgehalts durch Trübungsmessung

Die Bestimmung des Kaliumgehalts erfolgt nephelometrisch, d.h. die durch das Kalium hervorgerufene Trübung wird beurteilt.

Ein sauberes Proberöhrchen (16) mit Bodenextrakt B bis zur Ringmarkierung auffüllen (16,8 mL). 15 Tropfen Kalium-1 (37) in das Proberöhrchen geben, verschließen, mischen. Einen gestrichenen Messlöffel Kalium-2 (38) in das Proberöhrchen geben, verschließen und ca. 30 s nicht zu heftig schütteln (Nach dem Schüttelvorgang sollen am Boden des Proberöhrchens keine Reagenzienreste mehr sichtbar sein).

Aus dem Proberöhrchen so lange Flüssigkeit in das Kalium-Messröhrchen (25) gießen, bis das schwarze Kreuz am Boden des Kalium-Messröhrchens gerade unsichtbar wird. (Draufsicht von oben). Auf der Skala des Messröhrchens wird der Kaliumgehalt abgelesen (Meniskusunterkante).

Berechnung des Ergebnisses: Kaliumgehalt in mg/L ablesen und mit 20 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg K zu erhalten.



Naturbeobachtung und Experiment

Berechnung und Korrektur der Ergebnisse

Die Nährstoffgehalte der Böden lassen sich nur vergleichen und bewerten, wenn sie auf den gleichen Ausgangszustand des Bodens hinsichtlich des Wassergehalts bezogen werden.

Der Bodenextrakt A wird nicht aus getrockneten Böden hergestellt, da die Gefahr besteht, dass sich bei der Trocknung einige Werte stark verändern. Bei Analysen, die aus feuchten Bodenproben ermittelt wurden (außer pH-Wert) ist es erforderlich, die Bodenfeuchte bei den Messergebnissen zu berücksichtigen. Das erfolgt durch Multiplikation der Messwerte mit einem Feuchtefaktor entsprechend den folgenden Tabellen.

Der Faktor hängt von der in Versuch 1 ermittelten Bodenfeuchte ab.

Berechnung: Messwert in mg/kg • Feuchtefaktor = korrigiertes Ergebnis

CaCl₂-Extrakte

Bodenextrakt A	Mischungsverhältnis 1:1												
Bodenfeuchte %	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Faktor	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,27	1,33	1,38	1,44	1,50	1,56	1,63	1,7

Calciumacetatlactat-Extrakte

Bodenextrakt B	Mischungsverhältnis 1:1												
Bodenfeuchte %	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Faktor	1,02	1,04	1,06	1,09	1,12	1,14	1,17	1,1,20	1,23	1,26	1,30	1,33	1,37

Beispiel:

Bodenfeuchte, ermittelt: 16 %

Messwert: 34,5 mg/kg N

Faktor laut Tabelle A 1,38

Ergebnis: 34,5 mg/kg N • 1,38 = 47,6 mg N/kg Boden (= M in der unteren Rechnung)

Umrechnung auf die Fläche

Falls der Nährstoffgehalt auf der untersuchten Fläche ermittelt werden soll, so kann dieser Wert aus dem Massenverhältnis in mg/kg (mit oder ohne Korrektur der Bodenfeuchte) berechnet werden. Dazu muss die Fläche bekannt sein und eine sinnvolle Schichtdicke des Bodens (z.B. Mächtigkeit (Dicke) des durchwurzeltten Raums).

** Finde eine Formel zur Ermittlung des (feuchtekorrigierten) Ergebnisses.

M = korrigierter Messwert

d = Schichtdicke

f = Fläche

D = Dichte des Bodens in kg/L

CF = Korrekturfaktor

R = korrigiertes Ergebnis

$M \cdot d \cdot f \cdot D \cdot CF = R$

Beispiel von oben mit [d = 0,1 m; f = 100*100 m = 1 ha; D(Boden)= 1,5 kg/L, Korrekturfaktor 0,001 [kg*L/m]:

Nährstoffgehalt pro ha bei 0,1 m Schichtdicke

= 47,6 [mg/kg N] * 0,1 [m] 100 [m] * 100[m] * 1,5 kg/L * [0,001kgL/m]=71,4 kg