
Standpunkt

Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau

Zuständige Fachgruppe:

I Pflanzenernährung, Produktqualität und Ressourcenschutz

Bearbeiter:

Dr. J. Breuer, Stuttgart

Dr. V. König, Jena

Dr. D. Merkel, Hameln

Prof. Dr. H.-W. Olf, Osnabrück

Dr. B. Steingrobe, Göttingen

Dr. E. Stimpfl, Auer/Pfatten (Südtirol)

Prof. Dr. A. H. Wissemeier, Limburgerhof

Dr. W. Zorn, Jena

Speyer, den 28. Februar 2006

Impressum

Standpunkt des VDLUFA, 28. Februar 2006

Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und
Forschungsanstalten (VDLUFA)
Obere Langgasse 40, 67346 Speyer
Tel.: 06232-136 121; Fax: 06232-136 122
E-Mail: info@vdlufa.de
Internet: <http://www.VDLUFA.de>

Präsident: Prof. Dr. F. Wiesler

Stellungnahmen: Dr. G. Baumgärtel, Hannover; Prof. Dr. H. Goldbach, Bonn;
U. Hege, Freising; Dr. F. Herbst, Halle; Dr. J. Heyn, Kassel;
Prof. Dr. W. Horst, Hannover; Dr. J. Kralovec, Brno; Dr. L.
Nätscher, Freising; Dr. K. Orlovius, Kassel; Dr. K. Seibert ,
Speyer; Dr. K. Severin, Hannover

Gesamtherstellung: VDLUFA, Selbstverlag
Endredaktion: Dr. H.-G. Brod

Die Standpunkte des VDLUFA sind urheberrechtlich geschützt

Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau

1. Veranlassung

Die Pflanzenanalyse ist eine Methode zur Ermittlung des Ernährungszustands bzw. der Düngebedürftigkeit von Kulturpflanzen. Sie nimmt in der gegenwärtigen Düngungspraxis häufig eine untergeordnete Stellung ein. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass sie ergänzend zur Bodenuntersuchung die Treffsicherheit der Düngebedarfsermittlung wesentlich verbessern kann.

Die Aufgabe der Bodenuntersuchung besteht vor allem darin, die Vorräte des Bodens an pflanzenverfügbaren Nährstoffen mit geeigneten Extraktionsmethoden abzuschätzen. Bei der Beurteilung der Messwerte ist der Einfluss solcher Faktoren wie pH-Wert des Bodens, Bodenstruktur/-feuchte/-temperatur usw. zu berücksichtigen. Da die Quantifizierung der Wirkung aller Einflussfaktoren schwierig ist, lassen sich anhand der Bodenuntersuchungsergebnisse in der Regel keine sicheren Aussagen zum aktuellen Ernährungszustand von Pflanzenbeständen treffen. Die Bedeutung der Bodenuntersuchung liegt vielmehr in der Bereitstellung von Aussagen zum Nährstoffgehaltsniveau der Böden für die Ableitung des mittelfristigen Düngebedarfs sowie zur Bewertung des Düngungsmanagements und dient damit vornehmlich der Prognose.

Die klassische Pflanzenanalyse (chemische Analyse im Labor) wird zur Ermittlung der Nährstoffgehalte im pflanzlichen Gewebe und zur Diagnose des aktuellen Ernährungszustands von Pflanzen durchgeführt. Auf dieser Basis kann der momentane Düngebedarf abgeschätzt werden. Allerdings ist auch dabei eine Vielzahl von Einflussfaktoren (Pflanzenalter/-sorte, Witterung u. s. w.) zu berücksichtigen. Deshalb sind die Aussagen zur Düngebedürftigkeit zeitlich begrenzt und deren Prognose ist speziell für wenig mobile Nährstoffe (z. B. Ca) nicht sicher. In der Düngungspraxis von Landwirtschaft, Obst- und Gartenbau hat sich die Nutzung der Pflanzenanalyse unterschiedlich entwickelt. Im Anbau von Dauerkulturen (z. B. Obstbau) wird die Pflanzenanalyse seit Jahrzehnten als Standardverfahren in der Düngeberatung genutzt. Dagegen beschränkt sie sich im landwirtschaftlichen Bereich überwiegend auf die Aufklärung von nährstoffbedingten Wachstumsstörungen.

Nach einer Umfrage der Projektgruppe „Pflanzenanalyse“ bei 32 Mitgliedsinstitutionen des VDLUFA im Jahr 2001 zur Anwendung der Pflanzenanalyse führen nur 3 Laboratorien Pflanzenuntersuchungen zur Abschätzung einer Korrekturdüngung oder zur Aufklärung von nährstoffbedingten Wachstumsstörungen durch. Das deutet darauf hin, dass die Pflanzenanalyse zur Ermittlung des Ernährungszustandes nur in geringem Umfang angewendet wird.

Die **Zielstellung des Standpunkts** besteht darin, die Möglichkeiten und Grenzen der Pflanzenanalyse im Überblick aufzuzeigen und ihren Stellenwert in der modernen Düngungsberatung herauszustellen. Es ist nicht möglich und zweckmäßig, in der kompakten Abfassung dieses Standpunkts die Anleitung zur praktischen Anwendung der klassischen Pflanzenanalyse und deren Richtwerte zur Beurteilung der Analyseergebnisse zu vermitteln. Dazu hat die Autorengruppe im Rahmen der VDLUFA-Projektgruppe Pflanzenanalyse den Wissensstand in folgender Broschüre zusammengefasst:

BREUER, J., V. KÖNIG, D. MERKEL, H.-W. OLFS, B. STEINGROBE, E. STIMPFL, A.-H. WISSEMEIER und W. ZORN (2003): Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen – Anwendung in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau. - Agrimedia GmbH, Bergen, ISBN 3-86037-206-8, 113 S.

2. Historischer Rückblick

In den 30er und 40er Jahren des 20. Jahrhunderts erlangte die Pflanzen- oder Blattanalyse einen neuen Auftrieb, nachdem ihre Bedeutung für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs bereits im 19. Jahrhundert von TH. DE SAUSSURE und J. V. LIEBIG erkannt worden war. Vor allem die eingehenden Studien von Lundegardh zeigten, dass die Blattanalyse im Rahmen einer so genannten "Triple-Analyse" (Krume, Unterboden, Pflanze) ein wichtiger Bestandteil war, um neben der chemischen Bodenanalyse die physiologischen Gesichtspunkte und Gesetzmäßigkeiten der Nährstoffaufnahme und des Pflanzenwachstums in Abhängigkeit von Umweltfaktoren als Beurteilungskriterium der Nährstoffversorgung der Pflanzen zu erkennen. In der Folgezeit kam die Pflanzenanalyse bevorzugt bei Dauerkulturen (Obst, Hopfen, Kaffee, Tee und anderen Plantagenkulturen) zum Einsatz. Ab den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts gewann die Pflanzenanalyse als notwendige Ergänzung zur Bodenuntersuchung auch bei einjährigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zunehmend an Bedeutung.

Grundlegende Arbeiten zur Anwendung der Pflanzenanalyse in der landwirtschaftlichen Praxis wurden vor allem seit den 60er Jahren auf alle relevanten Makro- und Mikronährstoffe (Komplexe Pflanzenanalyse) von Bergmann, Neubert, Vielemeyer u. a. im ehemaligen Institut für Pflanzenernährung Jena vorgenommen. Die breite Anwendung der Komplexen Pflanzenanalyse erfolgte ab 1985 in den Landwirtschaftsbetrieben der ehemaligen DDR. Nach Auswertung der in diesem Zusammenhang ermittelten umfangreichen Daten sind die Richtwerte zur Bewertung des Ernährungszustandes präzisiert worden.

Des Weiteren wurde in den 70er Jahren von BEAUFILS und SUMNER eine Bewertungsmethode für Pflanzenanalyseergebnisse anhand von Nährstoffverhältnissen entwickelt, die vor allem in der Forstwirtschaft angewendet wird.

3. Aufgaben und Grenzen der Pflanzenanalyse

Die Pflanzenanalyse in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstanbau erstreckt sich im wesentlichen auf die Nährstoffe N, P, K, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo und Zn. Für einzelne Kulturpflanzenarten sind auch Ca und Na von Bedeutung. Im Bedarfsfall kann die Analytik auf toxische Substanzen (z. B. Schwermetalle) und für die Human- bzw. Tierernährung bedeutende Elemente (z. B. Se) ausgedehnt werden.

Die Pflanzenanalyse bedient sich der Untersuchung geeigneter Pflanzenorgane und solcher Entwicklungsstadien, die zur Diagnose des Ernährungszustandes der Pflanzen geeignet sind. Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse wird wesentlich von der Berücksichtigung pflanzenartspezifischer Vorgaben bei der Probennahme bestimmt. Bei einjährigen Kulturen erfolgt die Pflanzenanalyse zumeist während des intensivsten Wachstums.

Wichtigste **Aufgaben** der Pflanzenanalyse sind:

- die Schaddiagnose zur Aufklärung der Ursachen ernährungsbedingter Wachstumsstörungen.

Hierbei hat sich die Kombination von visueller Symptomdiagnose, Pflanzen- und Bodenuntersuchung bewährt. Die zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse ermöglicht neben der Ableitung von kurzfristigen Korrekturdüngungsmaßnahmen auch Aussagen zur Düngung der Nachfrüchte. Weiterhin können ggf. vorhandene Ernährungsstörungen durch anorganische Schadstoffe oder infolge von Bodenstrukturschäden festgestellt werden.

- die Überprüfung der Düngepraxis unter den konkreten Standort-, Bewirtschaftungs- und Witterungsbedingungen anhand des Ernährungszustandes der Pflanzen.

Im Vordergrund steht dabei die Frage, ob das Düngemanagement die zum Erzielen hoher Erträge erforderliche ausgewogene Ernährung der Pflanzen mit allen wichtigen Nährstoffen gewährleistet. Die Kontrolle des Ernährungszustandes sollte vor allem

- bei ungünstigen Bedingungen für die Nährstoffaufnahme (trockenes oder nass-kaltes Frühjahr, zeitweilige Staunässe u. ä.),
- bei bereits realisierten Düngungsmaßnahmen (z. B. Mikronährstoff-Bodendüngung auf Flächen mit Düngebedarf) und
- bei unterlassener Düngung auf Flächen mit hohen bis sehr hohen Nährstoffvorräten (Gehaltsklassen D und E) zum Einsparen der Mineraldüngung erfolgen.

Als Haupteinsatzgebiet ist hier der Hohertragsbereich anzusehen, der eine optimale Ernährung der Pflanzen mit allen wichtigen Nährstoffen erfordert. Hierbei gibt es pflanzenbausspezifische Besonderheiten. Im Gemüsebau ist z. B. eine langfristige Kontrolle der Düngungsstrategie möglich, wenn regelmäßig zur Ernte eine Pflanzenanalyse durchgeführt wird (Monitoring).

- das präzise Erkennen einer Mikronährstoffdüngedürftigkeit der Pflanzen.

Erfahrungsgemäß ist die Pflanzenanalyse zum Erkennen eines Mikronährstoffdüngedarfes der Bodenuntersuchung überlegen, da die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen im Vergleich zu den Hauptnährstoffen wesentlich stärker durch Witterungs- und Standortbedingungen beeinflusst wird. Schwerpunkte der Pflanzenanalyse sind hierbei Pflanzenarten mit hohem spezifischem Nährstoffbedarf (z. B. B bei Zuckerrübe und Raps, Mn bei Gerste, Kartoffel und Zuckerrübe, Zn bei Mais) auf Schlägen mit anzustrebenden Gehalten (Gehaltsklasse C) im Boden und hoher Ertragserwartung.

- die Steuerung der Düngung insbesondere von Obst, Gemüse und Dauerkulturen.

Eine ständige Kontrolle des Ernährungszustandes von Gemüsekulturen zur Steuerung der Nährstoffversorgung ist insbesondere bei einer kontinuierlichen Düngung (z. B. hydroponische Verfahren oder Bewässerungsdüngung) sinnvoll. Hierfür sind regelmäßige Probenahmen während der Kultur nötig. Die Analysen erfolgen in der Regel mittels Schnelltestmethoden. Im Obstanbau umfassen die Aufgaben der Pflanzenanalyse sowohl die Ableitung von Düngeempfehlung während der Vegetation auf der Grundlage des aktuellen Ernährungszustandes als auch die Prognose eines frühen Düngebedarfes im Folgejahr durch Ermittlung der Nährstoffeinlagerung in die unteren Blätter des bereits im Herbst ausgebildeten Blütenstandes für das Folgejahr (Basalblätter). Mit Hilfe der Fruchtanalyse (Apfel) vor der Ernte sind Aussagen zur Stippegefahr und zu eventuellen Gegenmaßnahmen möglich.

Grenzen für die Nutzung der Pflanzenanalyse sind:

- Die Bewertung des Ernährungszustandes der Pflanzen beschränkt sich auf bestimmte Entwicklungsstadien von Pflanzenarten, für die Richtwerte hinsichtlich ausreichender Nährstoffgehalte erarbeitet wurden. Es liegen zurzeit nicht für alle im Anbau befindlichen Pflanzenarten Richtwerte zur Bewertung des Ernährungszustandes vor. Das betrifft insbesondere den Gemüsebau und Sonderkulturen.
- Der zeitliche Handlungsspielraum für Pflanzenprobenahme, Analyse und wirkungsvolle Düngung ist meist auf weniger als zwei Wochen beschränkt. Außerdem kann die optimale Wirkung einer Korrekturdüngung nach der Applikation nur dann erwartet werden, wenn die Witterungsbedingungen (vor allem ausreichende Wasserversorgung) eine zügige Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen gewährleisten.
- Die Treffsicherheit der aus der Pflanzenanalyse abgeleiteten Düngeempfehlungen kann von der oft nicht vorhersehbaren Nährstoffaufnahme nach der Analyse beeinflusst werden. Eine Fehlbewertung des Ernährungszustandes der Pflanzen ist möglich, wenn Randbedingungen nicht berücksichtigt werden (z. B. Befall durch Pflanzenkrankheiten, vorausgegangene Applikation von mikronährstoffhaltigen Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln).

- Die Nährstoffgehalte in Pflanzen können sich in Abhängigkeit von den Wachstumsfaktoren (z. B. Wechsel von trocken-kalter zu feucht-warmer Witterung) ändern, wodurch Fehlinterpretationen der Analysenergebnisse möglich sind.
- Bei starkem Mangel eines Nährstoffs können Pflanzen zu hohe Gehalte anderer Nährstoffe aufweisen, die nach Ergänzung des fehlenden Nährstoffs normal oder möglicherweise sogar nicht ausreichend sind.
- Die Prognose einer Düngebedürftigkeit für in der Pflanze wenig mobile Nährstoffe wie z. B. Ca (mit Ausnahme bei Apfelfruchtanalysen) sowie Nährstoffe, deren Gesamtgehalt nur einen begrenzten Rückschluss auf die physiologische Aktivität zulässt, ist eingeschränkt.
- Die Pflanzenanalyse als diagnostisches Instrument kann nur den momentanen Ernährungszustand der Pflanzen anzeigen. Für eine Prognose der verfügbaren Nährstoffmengen im Boden ist sie nicht geeignet. Die notwendige Düngungshöhe kann allenfalls abgeschätzt werden.

4. Die Pflanzenanalyse ergänzende Methoden zur Diagnose des Ernährungszustandes

Der klassischen Pflanzenanalyse können biochemische, physiologische und physikalische Analysen zur Seite stehen. Sie stellen keine Alternative zur klassischen chemischen Pflanzenanalyse dar, können im Einzelfall aber wichtige Zusatzinformationen liefern, einfacher oder schneller sein. Gegenwärtig werden folgende Methoden genutzt bzw. entwickelt:

Visuelle Diagnose ist das Erkennen von Nährstoffmangel oder -überschuss anhand von sichtbaren Symptomen (z. B. Blattaufhellungen, Nekrosen, Wuchsdeformationen, Verfärbungen usw.). Dazu gibt es moderne interaktive Hilfsmittel wie z. B. das Diagnoseprogramm VISUPLANT[®] (www.tll.de/visuplant) der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena.

Vorteil der visuellen Diagnose ist die Beurteilung der intakten Pflanze am Standort ohne Geräte und ohne Zeitverzögerung.

Nachteile der visuellen Diagnose:

- Unempfindlichkeit gegenüber latentem Nährstoffmangel, da visuelle Symptome häufig erst dann auftreten, wenn Pflanzen bereits nachhaltig durch Nährstoffmangel geschädigt oder in ihrer Entwicklung beeinträchtigt wurden.
- Symptome sind insbesondere bei multiplen Nährstoffstörungen nicht sicher diagnostizierbar.
- Verwechslungsmöglichkeiten mit biotisch bedingten Ursachen (z. B. Chlorosen durch Viren)

Fraktionierende Extraktion von Nährstoffen oder anorganischen Verbindungen zur Ermittlung und Berücksichtigung von Nährstofffraktionen bei der Diagnose (z. B. wasserlösliches Zn, Nitrat bzw. Sulfat als Speicherformen von N bzw. S, 1 N HCl-lösliche Fraktion bei Fe).

Extraktion organischer Inhaltsstoffe zur Diagnose von latentem Nährstoffmangel (z. B: Anfärbung von Lignin bei gehemmter Gewebelignifizierung durch Cu-Mangel, Kallose als Stressindikator für Mn-, B- oder Al-Überschuss).

Biochemische und physiologische Untersuchungen durch Bestimmung von Enzymaktivitäten (z. B. Phosphatase) als Indikator insbesondere für den Mikronährstoffversorgungsstatus der Pflanzen.

Zerstörungsfreie Methoden zur Erfassung des Ernährungszustandes haben Vorteile bei der praktischen Anwendung. Als praxisreif kann die Messung der Grünintensität eines Bestandes zur Abschätzung des N-Versorgungszustandes bei Wintergetreide sowie die Blatt-Reflektionsmessung des Sonnenlichts im sichtbaren und nahinfraroten Wellenlängen-Bereich (ca. 450... 900 nm) mit Handgeräten (z. B. Minolta SPAD Meter[®], Yara N-Tester[®]) bzw. schleppergestützten Systemen (Yara N-Sensor[®]) eingestuft werden. Die Messung der Chlorophyll-Fluoreszenz zur Charakterisierung des physiologischen Zustands des Photosyntheseapparates und die Durchführung von Blatt-Reflektionsmessungen zur Identifikation von Nährstoffmangel (insbesondere N, P) anhand typischer Wellenlängenspektren vor dem Auftreten visueller Mangelsymptome sind Gegenstand aktueller Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

5. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Die Pflanzenanalyse dient zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen und wird als Standardmethode zur Aufklärung nährstoffbedingter Wachstumsstörungen genutzt. Dagegen ist die komplementäre Anwendung von klassischer Pflanzenanalyse und Bodenuntersuchung zur Kontrolle ausgewogener Nährstoffverhältnisse in den Nutzpflanzen und Bemessung des Düngereinsatzes gegenwärtig nur in der Obstproduktion in routinemäßiger Anwendung. Insbesondere die landwirtschaftliche und gartenbauliche Praxis sollte die Mehrelement-Pflanzenanalyse verstärkt zur Abschätzung der Nährstoffdynamik und zur Kontrolle des Düngereinsatzes anwenden. Hierzu sind insbesondere repräsentativ ausgewählte, fixe Testflächen (Monitoringflächen) geeignet, auf denen der Landwirt langfristig die Nährstoffversorgung des Bodens und der Pflanzen in Abhängigkeit von seinem Düngungsmanagement überprüfen kann.

Der monetäre Nutzen ist langfristig zu veranschlagen, weil er sich ausgehend vom Erkenntnisgewinn in fachlich fundierteren Entscheidungen in der Düngungspraxis niederschlägt. Mit modernen Analyseverfahren (z. B. Röntgenfluoreszenzanalyse) können Mehrelement-Analysen schnell und kostengünstig durchgeführt werden.