

Blattdünger effizienter einsetzen

-Was kann die Grundlagenforschung beitragen?-

Thomas Eichert, INRES – Pflanzenernährung, Universität Bonn

Die Blattdüngung, also die Nährstoffversorgung von Pflanzen über die Blätter, hat als Ergänzung zur konventionellen Bodendüngung inzwischen eine zunehmende Bedeutung. Da die Nährstoffe dabei direkt auf oberirdische Pflanzenteile appliziert werden, kann diese Praxis insbesondere bei einer Nährstofffixierung im Boden oder bei eingeschränkter Wurzelaktivität von Vorteil sein. Allerdings gibt es einen entscheidenden Unterschied zwischen der Blatt- und der Wurzelapplikation: Während Wurzeln spezialisierte Organe sind, deren Funktion neben der Aufnahme von Wasser und der mechanischen Verankerung der Pflanze im Boden die möglichst kontrollierte und gegebenenfalls auch aktive Aufnahme von Nährstoffen ist, sind Blätter dafür nicht angepasst. Die natürliche Funktion von Blattoberflächen ist nämlich die Abschottung gegen die Außenwelt zum Schutz vor Wasser- und Nährstoffverlusten und gegen das unkontrollierte Eindringen von Substanzen in den pflanzlichen Organismus. Die Überwindung dieser Barrierefunktion gegen das Eindringen von Stoffen ins Blatt stellt daher die eigentliche Herausforderung bei Blattdüngungsmaßnahmen dar. Die Aufnahme von Blattdüngern ist zudem ein rein physikalischer Vorgang, der von der Pflanze nicht aktiv beeinflusst werden kann. Dies stellt in der Praxis ein großes Problem dar, denn einerseits müssen die auf die Blätter aufgetragenen Nährstoffkonzentrationen so hoch sein, dass die Nährstoffausreichte, einen Mangel zu beheben oder zu verhindern, andererseits dürfen die aufgenommenen Nährstoffmengen aber nicht so hoch sein, dass in der Pflanze durch zu hohe Nährstoffkonzentrationen Schädigungen auftreten (Toxizität durch Salzwirkung oder direkte Wirkung des Stoffes). Eine effiziente Blattdüngung setzt daher voraus, dass die steuernden Parameter und die Wege der Nährstoffe ins Blatt bekannt sind.

Welches sind die Aufnahmewege für Nährstoffe durch Blattoberflächen?

Die Blätter und Früchte der meisten Pflanzen sind mit der Cuticula, einer wasserabweisenden Schicht, überzogen. Die Cuticula enthält Wachse und ist oft zusätzlich mit einer Schicht von kristallinen Wachsen bedeckt. Lange Zeit wurde von der Grundlagenforschung die Meinung vertreten, dass blattapplizierte Stoffe nur durch die Cuticula aufgenommen werden können, während die Spaltöffnungen der Blätter bei der Aufnahme von Blattdüngern keine oder nur eine unbedeutende Rolle spielen sollten. Die eigentliche Cuticula ist jedoch eine sehr effektive Barriere gegen das Eindringen von wasserlöslichen Düngern. Daher geht man mittlerweile davon aus, dass die Aufnahme dieser Stoffe durch sogenannte „wassergefüllte Poren“ in der Cuticula erfolgt. Diese Poren entstehen, wenn sich bei ausreichend feuchter Luft Wasserdampf in der Cuticula löst, sich die Wassermoleküle in der Cuticula zusammenlagern und dabei eine wässrige Verbindung zwischen der Blattoberfläche und dem Blattinneren bilden. Diese Theorie der feuchteabhängigen Bildung von Poren wird durch die Beobachtung unterstützt, dass die Durchlässigkeit der Cuticula mit steigender Luftfeuchte zunimmt.

Es wurde lange Zeit angenommen, dass die Nährstoffaufnahme durch die Spaltöffnungen der Blätter nicht möglich ist. In eigenen Untersuchungen konnten wir jedoch zeigen, dass dies nicht zutrifft. Ein gewisser Anteil der Spaltöffnungen kann offenbar von auf der Blattoberfläche befindlichen wasserlöslichen Düngemitteln

durchdrungen werden. Berechnungen zeigen, dass dieser stomatare Aufnahmeweg für wasserlösliche Dünger mindestens so bedeutsam ist wie die Aufnahme durch die Cuticula.

Die Luftfeuchtigkeit als steuernder Faktor der Aufnahme von Nährstoffen durch Blattoberflächen

Die optimale Konzentration bei der Anwendung von Blattdüngern ist die, bei der einerseits genügend Nährstoffe in die Pflanze gelangen, um den Bedarf der Pflanze zu decken, andererseits noch keine toxischen Wirkungen entstehen. Ein wichtiger steuernder Parameter ist dabei die Hygroskopizität der ausgebrachten Stoffe, also ihr Trocknungsverhalten und ihre Fähigkeit, aus der Umgebungsluft Wasser anzulagern und dadurch in gelöster Form zu verbleiben. Es gibt Substanzen, die nach dem Ausbringen als Lösung sehr rasch eintrocknen, wohingegen andere auch bei trockenen Witterungsbedingungen noch gelöst bleiben. Da nur gelöste Stoffe durch Blattoberflächen aufgenommen werden können, beeinflusst die Hygroskopizität einer applizierten Substanz somit ganz wesentlich ihr Aufnahmeverhalten.

Vereinfacht lässt sich sagen, dass Stoffe, die nicht sehr hygroskopisch sind, weniger stark und schnell durch Blattoberflächen aufgenommen werden können, da sie nach dem Ausbringen rasch eintrocknen. Allerdings kann sich ein zunächst eingetrockneter Stoff bei ausreichend hohen Luftfechtigkeiten, z.B. während der Nacht, auch wieder verflüssigen und so wieder aufnehmbar werden.

Der Deliqueszenzpunkt von Salzen

Bei welcher Luftfeuchtigkeit eine Salzlösung komplett austrocknet, ist eine charakteristische Stoffeigenschaft. Die Grenzluftfeuchtigkeit, bei der ein Stoff vom trockenen in den gelösten Zustand übergeht, wird Deliqueszenz-Luftfeuchte oder auch Deliqueszenzpunkt (DQ) genannt. DQs von Salzen reichen von unter 10 % relative Feuchte (rF), z.B. NaOH: DQ = 6 % rF, bis nahe 100 % rF, z.B. Kaliumsulfat K_2SO_4 : DQ = 97 %. Eine auf Blätter ausgebrachte Kaliumsulfat-Lösung wird somit bei den bei uns tagsüber üblichen Luftfeuchten, die deutlich unter 97 % rF liegen, sehr rasch eintrocknen und dadurch immobilisiert werden. Die trockenen Salzurückstände auf den Blättern könnten aber bei ausreichend hoher rF, z.B. bei nächtlicher Taubildung, wieder verflüssigt und damit wieder in einen aufnehmbaren Zustand überführt werden. Der DQ bestimmt somit im Zusammenhang mit der aktuellen rF der Umgebungsluft, ob eine blattapplizierte Substanz im Gleichgewicht mit der Umgebung flüssig (und damit aufnehmbar) oder auskristallisiert (und damit nicht aufnehmbar) vorliegt. Ist $rF > DQ$, bleibt die Lösung permanent flüssig, ist $rF < DQ$, trocknet die Lösung mehr oder weniger rasch aus. Während des Austrocknens, solange die Lösung noch nicht komplett getrocknet ist, kann die Substanz allerdings noch aufgenommen werden, wobei die Dauer dieser Phase von weiteren Faktoren wie Windgeschwindigkeit und Tropfengröße abhängt.

Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Durchlässigkeit der Blattoberflächen

Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst nicht nur, in welcher Konzentration applizierte Nährstoffe auf der Blattoberfläche vorliegen, sondern auch, wie durchlässig die Blattoberfläche für die Nährstoffaufnahme ist. Wie oben bereits erwähnt, ist die Bildung von wassergefüllten Poren, die in der Cuticula den Aufnahmeweg für wasserlösliche Nährstoffe bilden, stark von der Luftfeuchtigkeit abhängig. Die Auswertung

veröffentlichter Untersuchungen zeigt, dass die Bildung dieser Poren erst bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit einsetzt. Auch der Aufnahmeweg durch die Stomata wird durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst, wenn auch nicht in so direkter Weise wie bei der Cuticula. Es ist bekannt, dass geöffnete Stomata wesentlich durchlässiger sind als geschlossene. Zumindest bei eingeschränkter Wasserversorgung über den Boden ist es denkbar, dass trockene Luft zum Stomataschluss führen könnte. Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst somit die beiden steuernden Größen bei der Blattaufnahme: Die Konzentration der applizierten Salze auf der Blattoberfläche als treibende Kraft der Stoffaufnahme und die Durchlässigkeit der Blattoberfläche. Eigene Berechnungen zeigen, dass durch die Kombination beider Faktoren maximale Aufnahmeraten der Blattdünger bei mittlerer bis hoher Luftfeuchtigkeit zu erwarten sind, jedoch nicht bei wassergesättigter Luft.

Steuerung der Pflanzenverträglichkeit von Blattdüngern durch Wahl des geeigneten Salzes

In einer Studie wurde in unserem Institut untersucht, wie sich unterschiedliche DQs von Magnesium-Salzen auf die Blattaufnahme und die Pflanzenverträglichkeit auswirken. Magnesium (Mg) wurde entweder als Mg-Sulfat (DQ = 90 % rF), Mg-Nitrat (DQ = 53 % rF) oder Mg-Chlorid (DQ = 33 % rF) appliziert. Die prozentuale Aufnahme war bei einer Applikation als Mg-Sulfat geringsten und nach Applikation als Mg-Chlorid am höchsten. Dies lässt sich durch die DQs dieser Salze erklären: Während Mg-Sulfat im Verlauf des Experiments sehr rasch und Mg-Nitrat etwas später vollständig eintrockneten und daher während einer mehr oder weniger langen Zeit des Experiments immobil waren, waren Mg-Chlorid während der gesamten Versuchsdauer mobil und konnte permanent aufgenommen werden. Die hohen Aufnahmeraten, die bei Mg-Nitrat und insbesondere bei Mg-Chlorid gemessen wurden, gingen jedoch einher mit starken Blattschädigungen mit Schädigungsraten von bis zu 100 %. Hohe Aufnahmeraten von blattapplizierten Düngern sind also nicht zwangsweise positiv zu bewerten sind. Gerade bei Hauptnährelementen wie N, P und K, die in vergleichsweise hohen Dosen appliziert werden müssen, können Salze mit einem hohen DQ die bessere Wahl sein, da die resultierenden langsamen Aufnahmeraten Blattschäden vermeiden.

Fazit

Die Blattdüngung bietet in einigen Fällen Vorteile gegenüber der Bodenapplikation von Düngern, benötigt jedoch für ihren effizienten Einsatz Kenntnisse über die steuernden Parameter. Bei einer Unterdosierung von Blattdüngern ist die erforderliche Wirkung nicht zu erreichen, bei einer Überdosierung drohen dagegen Blattschäden und Ertragseinbußen. Die hier dargestellte Möglichkeit, die Effizienz von Blattdüngern durch die Wahl von Salzen mit geeignetem Deliqueszenzverhalten zu beeinflussen, stellt die Grundlage eines zielgerichteten und effizienten Einsatzes von Blattdüngern dar. Daneben bieten Hilfsstoffe („Adjuvantien“) wie Tenside, Haft- und Feuchthaltemittel die Möglichkeit, die Eigenschaften von Blattdüngern zu optimieren.