Düngen leicht gemacht
Zur Kultur von Orchideen – Teil 2 – Calcium

Dr. Wolfgang Ermert, Senden, Deutschland

ist Mitglied in der Redaktion des Orchideenzaubers und hat einige Fachartikel, insbesondere auch zur Pflege von Orchideen wie Düngen und Schädlingsbekämpfung, veröffentlicht. Zu diesem Zweck untersucht er die Wachstumsbedingungen der Orchideen an ihren jeweiligen Standorten in Südamerika und Südostasien. In der Kultur liegt sein Schwerpunkt vor allem auf den Gattungen Stanhopea, Catasetinae, Schomburgkien und Dendrobium.

Calciumversorgung

Wenn also die Orchidee zu wenig an Calcium erhält, sehen die neuen Blätter verkrüppelt, gekräuselt und blass aus, wie an der Modellpflanze zu sehen. Jedoch sind die Symptome des Calciummangels noch viel ausgeprägter. Als erstes treten sie in den Spross- und Wurzelgeweben auf: Unter Autolyse der Zellen infolge Auflösung der Zellwände tritt schließlich der Zerfall des Gewebes ein. Die jüngeren Blätter zeigen im unteren Blattdrittel Einschnürungen, Verkümmerungen oder Verkrüppelungen und unter Auflösung der Zellwände starke Nekrosen – die Sprossspitze knickt schließlich ab. Unter dem Mikroskop kann man deutlich einen Abbau des Chlorophylls, eine Verstopfung der Xylemzellen, Dunkelfärbung der Zellwände und ein Kollabieren ganzer Blätter beobachten. Die Wurzeln verbräunen zunehmend, und durch Sekundärinfektionen fangen sie an zu faulen und sterben ab. Einem Calciummangel gilt es also unbedingt zu begegnen, wenn man die Pflanze nicht verlieren will. Calciummangel ist somit eine der Hauptursachen für den Verlust der Pflanze. Dabei zeigte sich auch während der Entwicklung einer optimierten Düngerlösung, dass Calcium eine hohe, wenn nicht sogar die ausschlaggebende Bedeutung in der Pflanzenernährung hat. Leider wird dem wenig Rechnung getragen und es somit stark unterschätzt. So ist in kommerziellen Düngern in der Regel überhaupt kein Calcium enthalten. Die daher so gemachten schlechten Erfahrungen mit den im Handel befindlichen Düngern können somit mit großer Wahrscheinlichkeit auf den fehlenden Zusatz von Calcium, neben anderen, zurückgeführt werden. Calcium ist somit eines der wichtigsten Schlüsselelemente für die Pflanze – nicht von ungefähr gibt es dafür eine Regel, die man sich gut einprägen und beherzigen sollte:

Calcium ist nicht alles, aber ohne Calcium ist alles nichts!

Aber es ist gerade die Calciumversorgung der Pflanze, die häufig relativ große Schwierigkeiten bereitet. Der Grund dafür, dass in den kommerziellen Düngern in der Regel kein Calcium enthalten ist, liegt darin, dass sich Calcium mit Phosphat oder Sulfat in der Düngerlösung zu einem schwerlöslichen, festen, sich am Boden der Lösung sammelnden Salz verbindet und so der Pflanze nicht mehr zur Verfügung steht.
Als eine Alternative für die Versorgung der Pflanze mit Calcium wird häufig kalkhaltiges Leitungswasser, insbesondere hartes Leitungswasser, empfohlen. Leitungswasser enthält zwar je nach Härtegrad – je härter um so mehr – relativ viel Calcium, jedoch ist dies an Hydrogencarbonat mehr oder weniger gebunden (vereinfacht dargestellt, die Verhältnisse sind komplexer) und der Pflanze

Paph. bellatulum am Naturstandort Chiang Dao NP auf Kalkfelsen im Humus

Paph. niveum auf Langkawi in einer Kalkfelsspalte eingewachsen

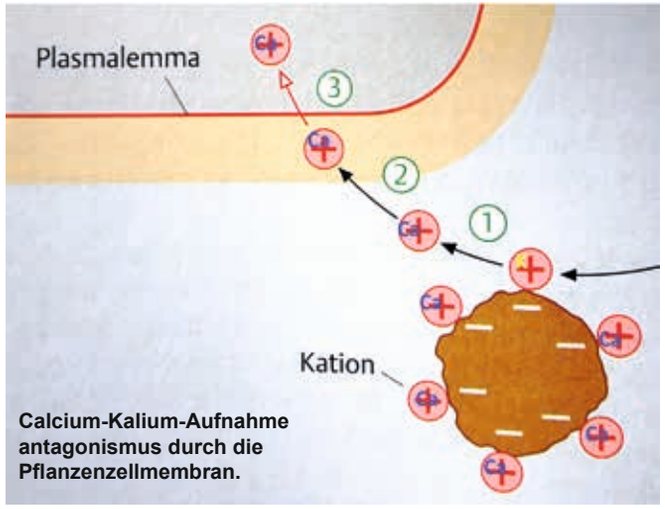
Paph. villosum in einer Kalkfelsspalte eingewachsen

Paph. villosum im Phu Luang-Nationalpark

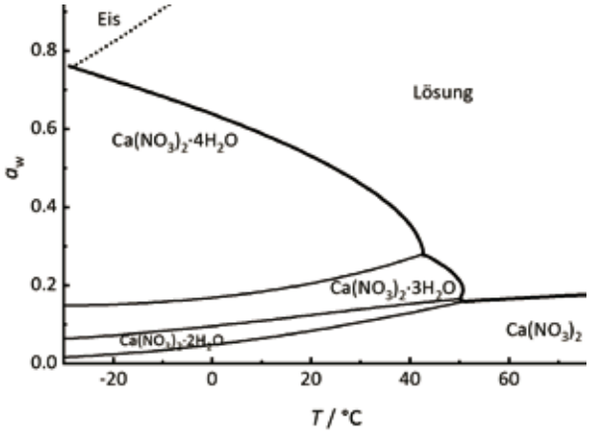
kaum zugänglich, das heißt, es kann von ihr kaum aufgenommen werden. Durch Verdunstung des Wassers und eines sich, insbesondere bei hohen pH-Werten, verschiebenden Gleichgewichts von Hydrogencarbonat zu Carbonat fällt Calciumcarbonat aus, das in Wasser kaum löslich ist (ca. 1 mg/l), im Gegensatz zu Calciumhydrogencarbonat (das es in dieser Form als festes Salz nicht gibt!) mit 1 g/l, und es entsteht ein harter Belag, auch als Kesselstein bekannt. Dieser kann sich dann als weißgräulicher Belag sowohl auf dem Substrat als auch an der Wurzeloberfläche absetzen. Es ist also keine gute Idee, mit hartem Leitungswasser zu gießen, da die Wurzeln der Orchideen so regelrecht „verkalken" und nicht mehr in der Lage sind, Wasser, Gase und Nährstoffe aufzunehmen und zu atmen, das heißt, sie sterben folglich ab. Das so verfestigte Calciumcarbonat kann, wenn überhaupt, nur durch Zusatz von Säure wie Salzsäure wieder in Lösung gebracht werden – für die Pflanzen leider auch keine sehr schonende Methode. Daher wird vom Gießen mit insbesondere hartem Leitungswasser (Härtegrad >8° dGH) vor allem auf Dauer abgeraten.

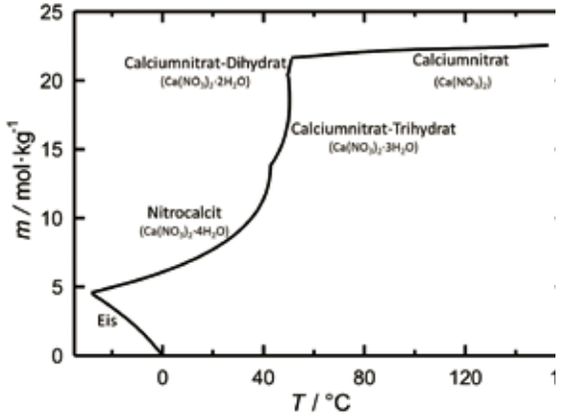
Tipp: Gießen Sie nur mit wenig kalkhaltigem Leitungswasser, besser mit Regenwasser. Leitungswasser ist keine Quelle zur Versorgung der Pflanze mit Calcium!

Eine weitere Alternative für die Versorgung der Pflanze mit Calcium wird häufig im sogenannten Aufkalken gesehen. Es dient aber weniger der Versorgung der Pflanzen mit Calcium, sondern vielmehr der Einstellung des pH-Werts im Substrat. Bei zu niedrigem pH-Wert und einer zunehmenden Versauerung (bei pH-Wert <5) tritt eine Hemmung des Wurzelwachstums ein, verbunden mit einer ungünstigen Verfügbarkeit von Nährstoffen. Die Folge ist also ein schlechteres Pflanzenwachstum und Blühen, da zudem Phosphat, wichtig für das Blühen der Pflanzen (s. u.), durch Bildung von stabilem Eisenphosphat nicht mehr zur Verfügung steht. Zudem kann eine Freisetzung von Aluminium- und Mangan-Ionen bei einem pHWert <5 eintreten, die sich toxisch auf die Pflanzen auswirken. Insbesondere die Pflanzen der Gattung Paphiopedilum können schon durch geringe Manganmengen Schaden nehmen: Dabei sterben die Wurzeln ab, und es bilden sich gelb-schwarze Blätter, die schließlich abfallen, verstärkt noch durch einen damit häufig einhergehenden bakteriellen Befall (Erwinia sp.). Daher sollten vor allem Paphiopedilum-Substrate regelmäßig aufgekalkt werden. Eine sogenannte Erhaltungskalkung zu dem Zweck, den pH-Wert bei zirka 5,5 bis 6,5 im Substrat zu halten, sollte daher regelmäßig erfolgen. Zu diesem Zweck streut man bei einem 8-cm-Topf beispielsweise zirka 3 g Calciumcarbonat Laborqualität, also p. A. (pro Analysis), kein technisches Carbonat verwenden und auch keine Gesteinsmehle wie Dolomit (Magnesium-Calciumcarbonat) etc., aufgrund der Gefahr von toxischen Schwermetallsalzen in Spuren gleichmäßig auf das Substrat und schlämmt es ein. Die Acidität wird durch Aufnahme und Umsetzung des Calciumcarbonats in Calciumhydrogencarbonat so auf den gewünschten pH-Wert um 6 angehoben. Der pH-Wert des Substrats sollte überwacht werden (es gibt dafür spezielle, einfache Handmessgeräte z. B. von der Fa. HANNA Instruments, oder man nimmt ein streifenförmiges Indikatorpapier, z. B. von der Fa. Merck), um dann bei einem zu niedrigen Wert sofort reagieren zu können. Auch in der Natur ist dafür gesorgt, dass Paphiopedilum nie im sauren Substrat wächst, da es nahezu immer auf Kalkfelsen steht und durch den Regen Calciumcarbonat ausgewaschen in den angesammelten Humus um die Paphis herum in die Felsspalten eindringt und den pH-Wert so neutralisiert. Die Abbildungen zeigen verschiedene Paphiopedilum, insbesondere der Brachypetalum-Gruppe, an verschiedenen Naturstandorten, aber immer in Spalten von Kalkfelsen wachsend, woran man dies schön erkennen kann. Orchideenstandorte aufzusuchen macht vor allem auch deswegen Sinn, um die Wachstumsbedingungen vor Ort zu studieren und daraus entsprechende Schlüsse zu ziehen, wie im Falle der gezeigten Paphiopedilum – alle leider nur noch sehr selten und schwer in der Natur zu finden. Bei zu hohen pH-Werten nimmt hingegen



Calcium-Kalium-Aufnahme antagonismus durch die Pflanzenzellmembran.





Die Abbildung (aus Wikipedia) links zeigt das Phasendiagramm von Calciumnitrat bezüglich Wasseraktivität, also das verfügbare freie, aktive Wasser im Unterschied zu Wassergehalt (1 = Kondenswasserbildung hoch und 0 = kein Wasser verfügbar) und Temperatur, rechts die Löslichkeit. Bei hohen Temperaturen liegt nur noch das unhydratisierte Calciumnitrat vor, bei Temperaturen bis 40 °C hingegen überwiegend Nitrocalcit. Die Löslichkeit steigt mit der Temperatur zwar an, aber es liegt schließlich nur noch Calciumnitrat vor, und die schützende Hydrathülle des Nitrocalcits ist nicht mehr gegeben.

die Verfügbarkeit von Phosphat wieder deutlich ab, aufgrund der Bildung von Calciumphosphat ebenso die Verfügbarkeit der Spurenelemente, mit der Ausnahme von Molybdän. Ein schwach saurer bis neutraler pH-Wert schafft demnach gute Voraussetzungen für physikalisch-chemische, biologische und physiologische Vorgänge im Substrat, insbesondere auch in der Pinienrinde.

Tipps: Kalken Sie Ihr Substrat regelmäßig mit Calciumcarbonatpulver p. A. auf (z. B. ca. 3 g für einen 8er-Topf). Kontrollieren Sie den pH-Wert öfter und sorgen Sie dafür, dass er sich im Bereich von pH-Wert 5,5 bis 6,5 bewegt! Anzeichen für einen zu niedrigen pH-Wert, insbesondere bei Paphiopedilum, sind abgestorbene, schwarze Wurzeln und Blätter von unten nach oben erfolgend.

Calcium ist gut als Calciumchlorid oder Calciumnitrat löslich – in dieser Form, bevorzugt als Calciumnitrat, kann die Pflanze mit ausreichend Calcium versorgt werden. Allerdings ist auch auf diese Weise eine Aufnahme von Calcium nicht uneingeschränkt möglich. Es ist in dem Zusammenhang auch überraschend, dass, obwohl die Konzentration von Calcium 100mal höher im Substrat ist als im Vergleich zu Kalium, der Calciumgehalt in der Pflanze zehnfach geringer ist, das heißt, Kalium ist dem Calcium in der Pflanzenaufnahme weit überlegen. Aufgrund einer gegenseitigen Beeinflussung von Calcium durch die gleichzeitige Anwesenheit von Kalium kommt es je nach Konzentration der beiden „Antagonisten“ zur Störung in der Calciumaufnahme. Aus dieser Tatsache hatte P. EHRENBERG eine Gesetzmäßigkeit, sein Kalk-Kali-Gesetz, abgeleitet. Es besagt, dass, wenn eine deutlich höhere Konzentration von Kalium gegenüber Calcium gegeben ist, eine Aufnahme von Calcium stark behindert wird, unterbleibt oder, anders gesagt, durch ein hohes Calciumangebot wird die Kaliumaufnahme zurückgedrängt oder umgekehrt. Dies muss als ein ganz spezieller Fall der Ionenkonkurrenz betrachtet werden. Das Kalk-Kali-Gesetz muss daher entsprechend in einer Düngerformulierung Berücksichtigung finden. Folglich sollte immer eine Spur von Kalium zugegen sein, damit Calcium von der Orchidee gut aufgenommen werden kann. Folgender Mechanismus (s. Abb. o. l.) liegt dem zugrunde, welches den Vorgang der Ablösung von Calcium vom Substrat durch Kalium über die Zellwand zeigt und erklärt.

Tipp: Für eine optimale Aufnahme von Calcium sollte wenig Kalium zugegen sein, dem Kalk-Kali-Gesetz von P. EHRENBERG folgend.

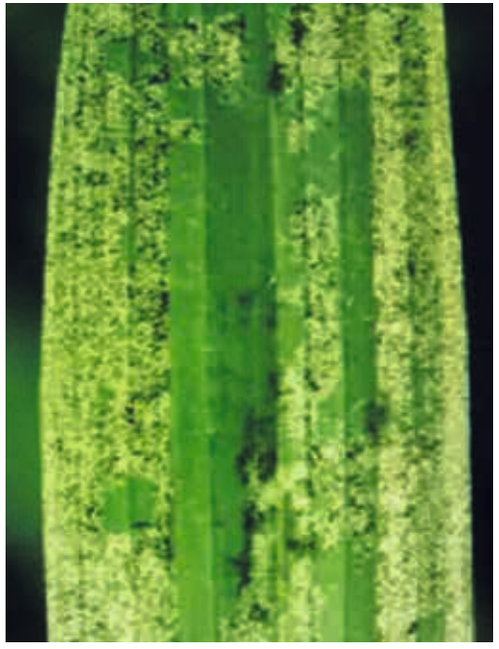
Calcium kann nicht im Phloem-Saftstrom der Pflanze, der vom Ort der Fotosynthese in den Blättern Verbindungen wie Adenosintriphosphat vom Blatt in die Wurzel „nach unten“ (basipetal) transportiert, zirkulieren, da der hohe Phosphatgehalt im Phloem zu einem Ausfällen von Calciumphosphat und somit zu einer Verstopfung der Leiterbahn (Siebzellen) führen würde. Es gilt somit als weitestgehend phloem-immobil. Calcium wandert mit dem aufwärtsgerichteten (akropetalen) Xylem-Strom in die Blätter, wird dort abgelagert und mit der Zeit so immer mehr angereichert, sodass die älteren Blätter schließlich gelb werden und abfallen. Die älteren Blätter sind demnach calciumreicher, aber das so dort deponierte Calcium kann nicht mehr mobilisiert (ginge nur über den Phloem-Strom) werden, das heißt, es liegt fest. Durch den Blattfall der älteren Blätter wird in der Natur sichergestellt, dass durch die Verrottung des Blatts Calcium wieder freigesetzt werden kann und so über den Boden wieder von Neuem in die Pflanze gelangen kann – in der Natur somit ein (fast) perfekter Kreislauf, der in der Kultur natürlich nicht nachvollziehbar ist.

Tipp: Tritt bei Pflanzen Blattfall älterer Blätter durch zunächst gelbe Verfärbung auf, so ist dies ein Zeichen für einen hohen Calciumgehalt, somit einen gut funktionierenden Stoffwechsel in der Pflanze und kein Grund zur Besorgnis, sondern ist als ein völlig normaler Erneuerungsprozess der Pflanze anzusehen!

Damit der Saftstrom in der Pflanze und somit der

Weiche schlappe Blätter und abgestorbene Wurzeln: massiver Calciummangel

Virusbefall: typische Aufhellungen durch Chlorosen



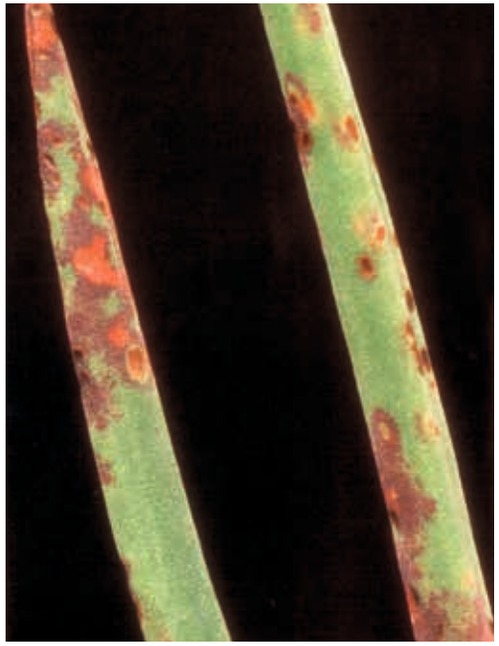
Blattschäden durch Thrips - nicht mit Spinnmilbenbefall verwechseln

Blütenthrips - nicht mit Virusbefall verwechseln

Transport der einzelnen Nährelemente, vor allem Calcium, zur Bildung neuer Pflanzenzellen somit für ein perfektes Wachstum und gegebenenfalls Blühen optimal erfolgen kann, muss der sogenannte Transpirationsstrom in der Pflanze voll auf Hochtouren laufen. Der Transpirationsstrom wird stark durch Temperatur, Wasser und Feuchtigkeit beeinflusst. Vor allem in sehr feuchter Gewächshausluft kann durch den geringen Transpirationsfluss rasch Calciummangel eintreten und so das Wachstum der Pflanzen völlig zum Erliegen kommen.
Der Transpirationsstrom im Gewächshaus durchläuft bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit, die wiederum von der Gewächshaustemperatur stark beeinflusst wird (bei höheren Temperaturen fällt die Luftfeuchtigkeit ab, da die Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann), ein Optimum, das zwischen 70 bis 80% liegt. Oberhalb von 80% nimmt der Transpirationsstrom immer weiter ab und kommt bei zirka 95% zum Erliegen, unterhalb von 70% geschieht Ähnliches, das heißt, unter 50% nimmt er stark ab und bei 30% wird er völlig eingestellt, damit die Pflanze so nicht weiter Wasser verlieren kann und austrocknet. Auch wenn in den Tropen häufig hohe Luftfeuchtigkeit herrscht, so ist dies für Orchideen nicht unbedingt ein Vorteil – wie man vielleicht meinen könnte. Sicher gibt es in den Tropen auch klimatische Phasen mit einer geringeren Luftfeuchtigkeit, generell ist dies aber mit einer Gewächshauskultur nicht zu vergleichen, da ein völlig anderes Mikroklima, wie Windbewegungen, vorliegt.

Tipp: Achten Sie unbedingt auf eine optimale Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 80% im Gewächshaus oder bei der Zimmerkultur.
Zu feuchte Bedingungen führen neben der Gefahr von Schimmelbildung zu Wachstumsdepression aufgrund eines geringen Transpirationsstroms in der Pflanze, zu trockene Bedingungen, neben der Gefahr des Befalls von Spinnmilben und Wollläusen, ebenfalls.

Daher muss darauf geachtet werden, dass immer ein kontinuierlicher Nachschub von Calcium gegeben ist, um so einer Verarmung an Calcium in der Pflanze aufgrund der Festlegung in den Blättern vorzubeugen. Daher empfiehlt es sich, ab und an etwa alle sechs bis acht Wochen eine Düngung nur mit Calciumnitrat vorzunehmen. Calciumnitrat, auch als Kalksalpeter bezeichnet, ist jedoch als Salz in dieser Form wenig geeignet. Es verursacht bei Zugabe zum Substrat eine pH-Wert-Erhöhung, und wie oben bereits beschrieben, wird Calcium so als Calciumphosphat überwiegend festgelegt.
Die Firma Yara hat dies in der Formulierung des Kalksalpeters in Form von Calcinit perfekt gelöst, indem zum Kalksalpeter eine kleine Menge an Ammonium als Ammoniumnitrat zugesetzt wird. So wird der pH-Wert in den optimalen Bereich von 5,5 bis 6,5 verschoben (warum dies erfolgt, wird unter „Stickstoff“ in der Fortsetzung genauer erklärt), und Calcium kann von der Pflanze jetzt gut aufgenommen werden. Daher sollte für eine Düngung mit Calcium unbedingt Calcinit (15,5% Gesamtstickstoff, davon 14,4% Nitratstickstoff, 1,1% Ammoniumstickstoff und 26% Calciumoxid) verwendet werden.
Im Profidünger GOLD liegt Calcium als Calcinit vor, und so führt auch die gleichzeitige Anwesenheit von Phosphat und Sulfat in einer bestimmten Konzentration nicht zu einer Ausfällung von Calciumsulfat und Phosphat. Der Profidünger GOLD stellt eine stark übersättigte Lösung an Calciumphosphat dar. Durch die Bildung der unterschiedlichen Hydrathüllen, wie das stabile Calciumtetrahydrat (Nitrocalcit), ergeben sich unterschiedlich hohe Löslichkeiten von Calciumnitrat, die durch die gezielte Zugabe von weiteren Salzen beeinflusst und weiter gesteigert werden kann.
So bilden sich stark übersättigte Lösungen an Calciumnitrat, in Form des Tetrahydrats als Nitrocalcit bezeichnet, und die Lösung liegt weit unterhalb der sogenannten Deliqueszensfeuchte (darunter versteht man die Feuchtigkeit, unter der das Salz aus der Lösung ausfallen muss, in den Diagrammen als dicke Linien dargestellt, die feinen Linien stellen die Gleichgewichtsfeuchte zwischen den einzelnen Hydratformen dar) als metastabiler



Von Rhapdovirus verursachte abgestorbene Bereiche

Bakteriose schreitet durch Lasion der Zelle aufgrund fehlender Immunabwehr voran

Ringförmiges Absterben durch Rhapdovirusinfektion

Spinnmilbenbefall infolge zu trockener Bedingungen

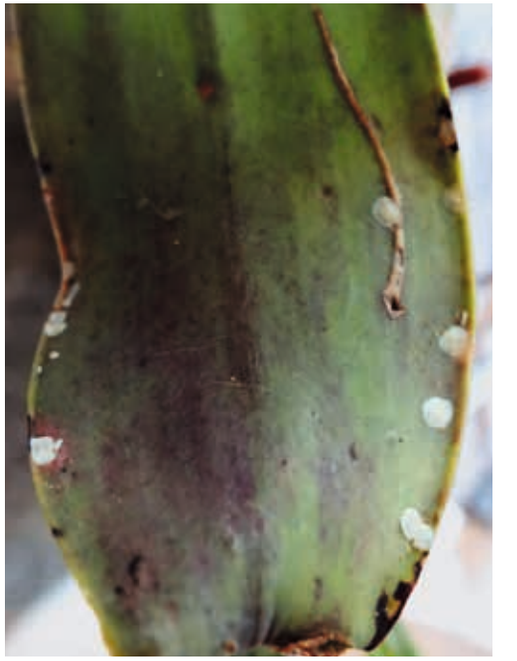
Zustand vor (mit welchen Salzen und wie dies konkret in Versuchsreihen erreicht wurde, kann verständlicherweise hier nicht weiter erläutert werden). Der Profidünger GOLD stellt daher eine besondere Lösung aufgrund der möglichen gleichzeitigen Anwesenheit von verschiedenen Nährelementen, vor allem Calcium, dar.
Aus der Abbildung folgt auch, dass der Profidünger GOLD nicht bei Temperaturen über 40 °C gelagert werden darf, da so die Tetrahydrathülle zerstört wird und Calciumphosphat ausfällt.
Das regelmäßige Gießen mit Calcinit oder mit Profidünger GOLD hat aber auch noch einen anderen wichtigen Grund: Der Transpirationsstrom in der Pflanze, siehe oben, führt dazu, dass an den Wurzeln ein Sog zur Aufnahme von Wasser entsteht. Je höher die Transpiration der Pflanze, desto größer der Transport zur Wurzeloberfläche. So kommt es bei starker Transpiration zu einer Anreicherung der gelösten Salze, die nicht oder schlecht von der Pflanze aufgenommen werden und es bildet sich ein mehrere Millimeter mächtiger Mantel um die Wurzel (Rhizosphäre) herum, in dem sich Ionen wie Natrium, Chlorid, Sulfat, Magnesium und vor allem Calcium anreichern. Insbesondere Natrium und Chlorid wirken sich für Orchideen, vor allem in hoher Konzentration, toxisch aus (wie noch dargelegt werden wird) und führen zu der gefürchteten Versalzung, sodass sie im Dünger nicht oder wenn, nur in Spuren, enthalten sein dürfen (Profidünger GOLD ist frei von Natrium und enthält Chlorid nur in Spuren). Zunehmende Versalzungen bringen den Transpirationsstrom zum Erliegen und kehren die Verhältnisse um, sodass Wasser aufgrund des osmotischen Drucks nun von der Pflanze zurück in die Rhizosphäre der Wurzel strömt, den Blättern Wasser entzieht und diese somit schlaff und schrumpelig aussehen lässt (s. Abb. S. 26.). Daraus folgt auch, dass die Düngerkonzentration auf keinen Fall dauerhaft zu hoch gewählt werden darf, bei Orchideen sollte Profidünger GOLD bei regelmäßigem Zusatz zum Gießwasser eine, maximal zwei Verschlusskappe(n) vor allem in Ruhephasen der Pflanze nicht überschreiten.

Tipp: Bei regelmäßigem Düngen von Orchideen mit Profidünger GOLD sollte die Konzentration eine, maximal zwei Verschlusskappen (etwa 450 µS/cm) insbesondere in der Ruhezeit der Pflanze nicht überschreiten, um einer Versalzung vorzubeugen. In intensiven Wachstumsphasen kann die Konzentration auch kurzfristig auf die doppelte Menge angehoben werden.

Dennoch trifft die Versalzung nicht für Calcium zu. Im Gegenteil ist es dringend erforderlich, dass sich mit dem Massestrom ein Calciummantel um die Wurzel herum legt, dem die Wurzel in ihrem Wachstum weiter folgen und so Calcium in ihr Gewebe einbauen kann. Im Falle eines ungenügenden Calciumangebots wird das Wachstum der Wurzel schon nach wenigen Stunden völlig eingestellt!
Die wachsende Wurzel sondert an der Spitze einen Schleim (Mucilage) aus beziehungsweise die äußeren Zellen verschleimen zum Schutz der noch zarten, neu wachsenden Zellen, und dieser Prozess ist von einer hohen Calciumkonzentration abhängig. Die negativen Bindungsstellen der Wurzeloberfläche (Polygalakturonsäuren) sollten in der Regel vollständig mit Calcium gesättigt sein.
Calcium baut auch so einen Schutz vor toxischen Ionen wie Schwermetallen oder Aluminium auf und sollte dazu in der Bodenlösung eine Konzentration von 1 bis 5 mM (Millimol) erreichen.
Die Abbildungen auf Seite ? zeigen beeindruckend das erzielte üppige Wurzelwachstum mit Profidünger GOLD.

Tipp: Gießen Sie etwa alle vier Wochen mit einer Lösung von 0,2 g Calcinit/1 Wasser oder regelmäßig mit Profidünger GOLD für eine gleichmäßige Calciumversorgung der Pflanze, Vermeidung einer Verarmung an Calcium in der Pflanze durch Festlegung in den alten Blättern, für ein gesundes, üppiges Wurzelwachstum und Schutz vor toxischen Ionen.
Calcium erfüllt eine weitere sehr wichtige Funktion in der Pflanzenzelle. Im Cytoplasma der Zelle beträgt die Konzentration weniger als 0,1 Micromolar oder 100 bis 200 nM, im Zellkern 10 bis 50 nM, in

Falsche oder Unechte Spinnmilben, Brevipalus sp.



Schildläuse

Schildläuse

Wollläuse

der Vakuole und im freien extrazellulären Raum, dem Apoplasten, liegt diese aber 10000-fach höher, dies wird von der Zelle sehr genau kontrolliert und eingehalten. Der Grund dafür liegt zum einen daran, dass im Cytosol keine schwerlöslichen Calciumsalze ausfallen dürfen, aber vor allem daran, dass in sehr kurzer Zeit, quasi in Millisekunden, große prozentuale Änderungen durch Calciumzufluss aus dem Apoplasten oder der Vakuole, also aus den Speicherräumen, in der Konzentration stattfinden können. Dieser plötzliche Konzentrationsanstieg hat als Ursache in der Regel eindringende Pathogene wie Bakterien und Viren in die Zelle, die sich durch ihre äußeren Proteine verraten und somit an der Zellwand ein Signal auslösen, welches den Anstieg der Calciumkonzentrationen sofort auslösen. Mehrere Signale (Abfallen der Konzentration und Wiederanstieg), sogenannte Spikes, sind jedoch erforderlich, um die durch Calcium vermittelte Antwort auszulösen. Dadurch läuft nun eine Kette von Reaktionen in 0,1 sec in der Pflanzenzelle ab, und am Ende werden antibiotisch wirksame, sogenannte Phytoalexine gebildet, die das Bakterium, Virus oder den Pilz angreifen und bekämpfen. Es gibt ein großes Spektrum an Antibiotika, in einigen Pflanzen wurden 2000 verschiedene Substanzen gefunden, das bedeutet, dass Resistenzen nicht auftreten können. Allerdings kann das Pathogen trotzdem bei heftigem Befall überhand gewinnen, und um nicht die ganze Pflanze zu gefährden, löst die Zelle dann sofort den sogenannten programmierten Zelltod aus. So werden Zellen im Umfeld der pathogenen Keime abgetötet, perfekt isoliert und vergleichsweise nur geringe Verluste an lebendem Gewebe verursacht. Interessanterweise ergeben sich dabei, je nach Ausbreitung des speziellen Virus, runde abgestorbene oder mosaikförmige Bereiche, an denen man das Virus identifizieren kann (s. Abb.). Das Virus kann die Zelle lange in Schach halten, es auszurotten gelingt aber nicht. Es bleibt latent in allen Pflanzenteilen verbreitet, und bei einer Schwächung des Immunsystems, etwa infolge Calciummangels oder anderer Stressfaktoren, kann es wieder zum Ausbruch kommen. Viröse Pflanzen sind daher nicht zu retten und stellen potenzielle Virenüberträger für andere Pflanzen dar. Sie müssen demnach aus der Kultur entfernt und sicher vernichtet werden. Grundsätzlich gilt dieser Immunabwehrmechanismus auch für einen Angriff von Fressfeinden oder Pflanzenschädlingen, nur der Signalmechanismus wird anders ausgelöst. Wenn Orchideen also immer wieder von Schädlingen befallen werden, kann dies ein Zeichen einer nicht funktionierenden Immunabwehr infolge Calciummangels sein.

Tipp: Eine optimale Versorgung der Pflanze mit Calcium, wie sie mit Calcinit-Gaben oder Profidünger GOLD gegeben ist, gewährleistet eine bestmögliche Immunabwehr, bei gleichzeitiger guter Kulturführung, gegen Bakterien und Schädlinge.

In den Zellvakuolen liegt eine hohe Konzentration an Calciumionen vor, die zum einen, wie oben beschrieben, die Immunabwehr durch Übertritt in das Cytoplasma auslösen kann, zum anderen aber auch zur Entgiftung des Zellsafts beiträgt, indem die im Stoffwechsel anfallende Oxalsäure, die ein starkes Zellgift darstellt, als schwerlösliches Calciumoxalat ausgefällt wird. Dieser liegt dann als feiner Kristallsand vor und kann im Mikroskop als charakteristisches Kristall identifiziert werden. Abgestorbene Pflanzen(-teile) lassen sich demnach auch auf die anfallende Oxalsäure zurückführen und sind eine direkte Folge von Calciummangel. Schließlich sei der Vollständigkeit halber noch erwähnt, dass Calcium als ein Bindeglied in den Mittellamellen der Zellwände vorkommt, der Anteil an Calcium ist dabei je nach Pflanzenart beträchtlich und erreicht einen Gesamtanteil von über 50%. Die Stabilität der Zellwände ist somit auch durch vor allem Calcium gegeben. Zusammenfassend gilt, dass Calcium eine Vielzahl von wichtigen Funktionen in der Pflanze ausübt und so ein Calciummangel fatale Folgen bis hin zum totalen Verlust der Pflanze haben kann. Ein bei Orchideen auftretender Mangel, erkenntlich an den Blättern oder Wurzeln wie beschrieben, kann kaum mehr bei Orchideen behoben werden. Durch regelmäßiges Gießen mit Calcinit oder Profidünger

Calcinit hat eine körnige Struktur und ist so weniger wasseranziehend (hygroskopisch)

GOLD muss dies sicher, vor allem vorbeugend. verhindert werden.

Wird fortgesetzt ... • Dr. Wolfgang Ermert, Senden

Anmerkung: *Auch wenn die Nährelemente im Text einfach als Calcium, Kalium etc. bezeichnet werden, so handelt es sich immer um die jeweiligen Ionen also Ca2+ oder K+ - aus Gründen der Vereinfachung bezüglich der Schreibweise wurde hierauf verzichtet, es ist allerdings wissenschaftlich nicht korrekt.*

Anmerk. d. R.: Wie bereits im OK 05/2022 erwähnt, wurde dieser Beitrag bereits im **OrchideenZauber** (Ausgabe 83) veröffentlicht und uns dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

Die bereits erschienenen Beiträge „Düngen leicht gemacht“ über Nährstoffe und Nährelemente finden Sie auch zum Nachlesen (OK 1, 2 und 3/2015) auf unserer website unter: **http://orchideen.at/ok2015.htm**