

Frühe oder späte Calciumbehandlungen im Apfelanbau?

Calcium (Ca) ist ein wichtiger Nährstoff im Apfelanbau. Eine ausreichende Calciumversorgung der Früchte verbessert die Stabilität der Zellwände und reguliert die Durchlässigkeit der Membranen. Ca ist wichtig für die Fruchtqualität und die Lagerfähigkeit. Ca-Mangel kann zu physiologischen Störungen wie Stippe, Lentizellenflecken, Fleisch- und Schalenbräune führen. Als Ergänzung zur Aufnahme über die Wurzeln werden auch Ca-haltige Blattdünger eingesetzt.



ALBERT WIDMER, MICHAEL GÖLLES UND FRANZ GASSER,
FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW
albert.widmer@acw.admin.ch

Die Ca-Aufnahme erfolgt über die Wurzelspitzen und wird von verschiedenen Faktoren wie pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeit und Textur des Bodens, Witterung im Frühjahr, Triebwachstum, Kaliumgehalt des Bodens, pflanzenverfügbares Ca in der Bodenlösung und dem Gehalt an antagonistischen Kationen (vor allem Kalium, Magnesium, Ammonium) im Boden beeinflusst. Der Ca-Gehalt im Boden ist in der Regel ausreichend hoch; sehr trockene oder nasskalte Witterungsbedingungen im Frühjahr reduzieren aber die Ca-Aufnahme. Starkes Triebwachstum konkurrenziert die Früchte, da junge Blätter an den Triebspitzen eine hohe Transpirationsrate und Auxinproduktion haben und besser mit Ca versorgt werden. Der Calciumgehalt in den Früchten hat eine wichtige Funktion für die Stabilität der Zellwände und die Durchlässigkeit der Zellmembranen. Ca-Mangel kann zu physiologischen Lagerkrankheiten wie Stippe, Lentizellenflecken, Fleischbräune etc. führen.

Calcium-Versorgung im Baum

Calcium wird im Transpirationsstrom, das heisst im Xylem und nicht im Phloem transportiert. Eine Verlagerung von den Blättern in die Früchte findet nicht statt. Die Früchte werden während der Zellteilungsphase, also in den ersten rund sechs Wochen nach der Blüte, mit Ca versorgt. Während der Zellstreckungsphase wird die Ca-Konzentration in den Früchten verdünnt in Abhängigkeit von Fruchtansatz, Fruchtgrösse und Triebwachstum. Für die Ca-Versorgung der Früchte sind die Aufnahmebedingungen im Frühjahr sowie ruhiges Triebwachstum und regelmässige Erträge entscheidend. Die Problematik von physiologischen Störungen (vor allem Stippe) hat sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten deutlich entschärft, was insbesondere auf die «ruhigeren» Bäume in den heutigen Obstanlagen zurückzuführen ist.

Ungünstige Bedingungen, das heisst extrem trockene oder nasskalte Witterung im Frühjahr, können die Ca-Aufnahme über die Wurzeln verringern. Zur Verbesserung des Ca-Gehalts werden in der Praxis im Sommer und bis zwei Wochen vor der Ernte häufig Ca-haltige Blattdünger eingesetzt. Der Obstproduzent kann aus

einem breiten Angebot von Ca-Produkten auswählen, die bezüglich Formulierung, hygroskopischen Eigenschaften (Löslichkeit in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit), Phytotoxizität, Preis etc. unterschiedlich sind. Entscheidend ist, dass nur die an den Früchten haftende Brühmenge wirksam ist, weil Ca nicht von den Blättern in die Früchte transportiert wird. Nur etwa 5 bis 10% der ausgebrachten Brühe erreicht die Früchte und davon dringt nur ein Teil in die Frucht ein (Grimm-Wetzel und Schönherr 2005).

Die Aufnahme der Nährstoffe durch Blätter und Früchte ist ein rein physikalischer, von der Pflanze nicht aktiv beeinflussbarer Vorgang. Die aufgenommene Nährstoffmenge ist gering und nur für Mikronährstoffe relevant. Blätter und Früchte sind auch nicht für diese Aufgabe vorgesehen. Die Penetration von Ca in die Frucht ist neben Aufwandmenge, Formulierung und Witterung auch abhängig vom Entwicklungsstadium der Früchte. Vor dem Junifall gelangt das Calcium über die Stomata (Spaltöffnungen) und Trichomen (Haare) in die Frucht. Die Aufnahme ist vor dem Junifall deshalb höher und schneller. Mit der Umwandlung der Stomata in Lentizellen und dem Verlust der Fruchthaare nimmt die Ca-Penetration nach dem Junifall stark ab (Schlegel und Schönherr 2002); dafür ist die Fruchtoberfläche grösser.

Wird der Calciumgehalt der Früchte durch frühe Applikationen vor dem Junifall im Vergleich zu Sommerbeziehungsweise Vorerntebehandlungen verbessert? Diese Frage wurde in Versuchen in den Jahren 2009 und 2010 bei der Sorte Nicoter (Kanzi®) untersucht.

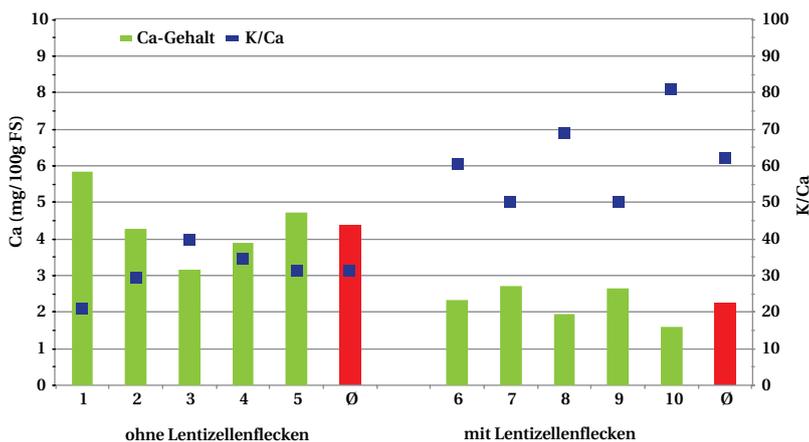
Lentizellenflecken bei Nicoter (Kanzi®)

Kanzi scheint eine der anfälligeren Sorten für Lentizellenflecken, auch als Lentizellen-Breakdown bezeichnet, zu sein. Dabei bilden sich braune, leicht eingesunkene Flecken, ohne oder nur mit sehr geringem Zellerfall im Fruchtfleisch (Abb. 1 und S. 8). Dieses Problem tritt während der Lagerung unterschiedlich stark auf, wobei neben der Jahreswitterung auch die Herkunft der Früchte eine Rolle spielen dürfte. Die Ähnlichkeit mit den Symptomen der Stippe lässt auch bei Lentizellenflecken einen Zusammenhang mit der Calciumversorgung vermuten.

Im Winter 2008/09 traten Lentizellenflecken in einem Lagerbetrieb verstärkt auf. Das Ausmass der Schäden lag, je nach Produzent, im Bereich von 4 bis 16%. Im Februar 2009 wurden je fünf Fruchtproben (fünf Früchte pro Probe) mit und ohne Lentizellenflecken analysiert. Die Ergebnisse (Abb. 2) bestätigen den Zusammenhang mit dem Ca-Gehalt. Die Früchte ohne Lentizellenflecken



Abb. 1: Lentizellenflecken bei der Sorte Nicoter (Kanzi®).



wiesen im Mittel der fünf Proben mit über 4 mg pro 100 g Frischsubstanz den doppelten Ca-Gehalt auf und hatten mit einem K/Ca-Verhältnis von 30 nur einen halb so hohen Wert wie die Früchte mit Flecken.

Die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW führte mit Früchten der Ernte 2008 Lagerversuche durch. Die Analysen dieser Proben ergaben ein K/Ca-Verhältnis von 39 ohne beziehungsweise 56 mit Lentizellenflecken. Die Schäden entstehen früh während der Lagerung und waren bereits bei der ersten Auslagerung am 25. Oktober 2008 sichtbar und blieben im weiteren Verlauf fast konstant. In den Versuchen wiesen je nach Lagerbedingungen bis zu 38% der Früchte Lentizellenflecken auf. Der höchste Befall trat im normalen Kühllager auf. Die verschiedenen CA-Lagerungen reduzierten den Befall deutlich.

Versuche mit Ca-Blattdüngern

Ca-Blattdünger werden üblicherweise in den letzten Wochen vor der Ernte (letzte Behandlung zwei Wochen vor der Ernte) eingesetzt. Es stellt sich aber die Frage, ob bereits mit frühen Behandlungen vor dem Junifall eine Erhöhung des Ca-Gehalts in den Früchten erreicht werden kann. Wegen der Anfälligkeit für Lentizellenflecken war es naheliegend, die Versuche mit der Sorte Nicoter (Kanzi®) durchzuführen.

Die Versuche wurden 2009 und 2010 im Versuchsbetrieb Güttingen und 2010 zusätzlich in einem Privatbetrieb in Landschlacht (TG) angelegt. Die Bäume in Güttingen stehen auf der Unterlage M9 T337 im 3. (2009) beziehungsweise 4. (2010) Standjahr mit einer Pflanzdistanz von 3.5 × 1.1 m. Die Bäume in Landschlacht sind ebenfalls auf M9 T337 gepflanzt mit 3.4 × 1.3 m und waren 2010 im dritten Standjahr.

Die in Tabelle 1 (S. 12) angegebenen Konzentrationen beziehen sich auf eine Basisbrühmenge von 1000 L/ha. Beim Giessverfahren wurden 5 L/Baum mit einer Brause auf den Baumstreifen ausgebracht.

Die Behandlungen 2010 erfolgten zwei bis drei Wochen später als im Vorjahr. Die Versuche wurden am 23. September 2009 und am 28./29. September 2010 in einem Pflückdurchgang geerntet.

Folgende Erhebungen wurden durchgeführt: Mineralstoffanalysen der Früchte (eine Analyse pro Wiederholung, je 20 Früchte), Ertrag pro Baum, Kalibrierung

Abb. 2: Calciumgehalt und K/Ca-Verhältnis von je fünf Fruchtproben der Sorte Nicoter (Kanzi®) ohne und mit Lentizellenflecken im Frühjahr 2009.

Tab. 1: Versuche in Göttingen (2009 und 2010) und Landschlacht (2010).

Verfahren	Konzentration	Behandlungsdaten	
		2009	2010
Kontrolle			
4 × Ca-Chlorid (Stopit) vor Ernte	1 %	28.7./6.8./17.8./27.8.	9.8./26.8./2.9./11.9.
4 × Ca-Chlorid (Stopit) vor Junifall	1 %	14.5./20.5./28.5./8.6.	4.6./10.6./17.6./25.6.
4 × Calshine vor Ernte	0.24 %	28.7./6.8./17.8./27.8.	9.8./26.8./2.9./11.9.
4 × Calshine vor Junifall	0.24 %	14.5./20.5./28.5./8.6.	4.6./10.6./17.6./25.6.
Ca-Chelat EDTA, über Boden	0.4 %	14.5.	3.6.

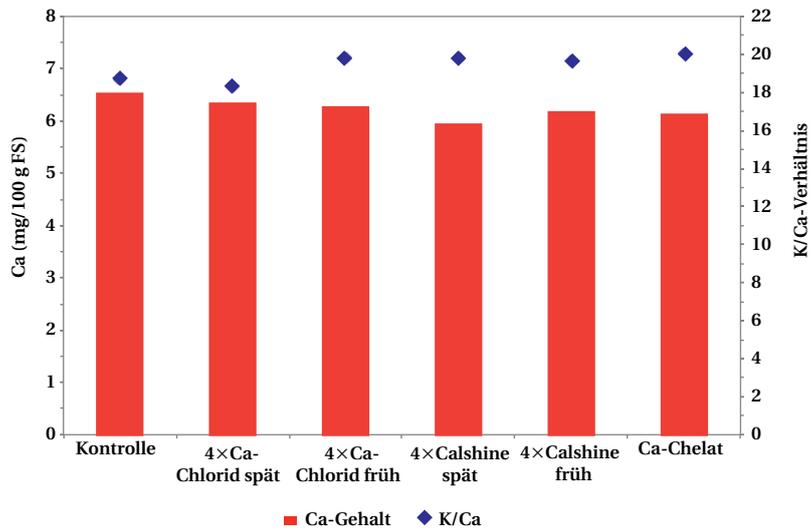


Abb. 3: Einfluss der Versuchsverfahren auf den Calciumgehalt (mg/100 g Frischsubstanz) und das K/Ca-Verhältnis bei der Ernte am 23. September 2009.

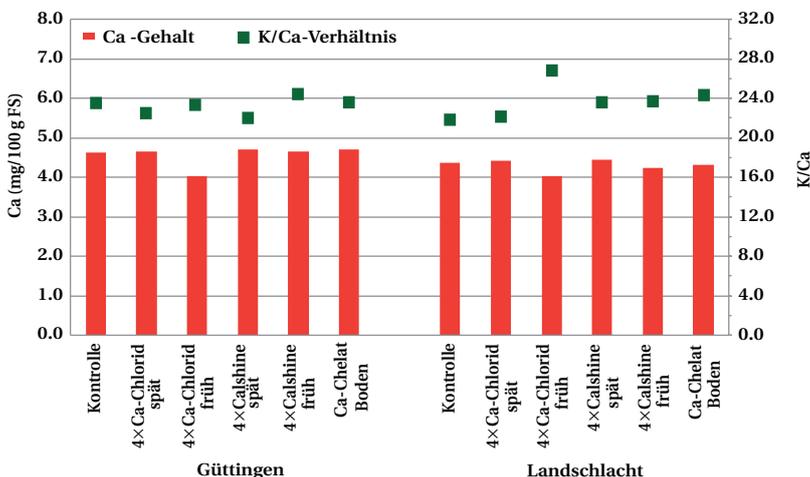
nach Grösse und Farbe sowie Fruchtfleischfestigkeit und Refraktometerwert (fünf Früchte pro Baum).

Die Versuche wurden in Göttingen mit 16 (vier Wiederholungen), in Landschlacht mit zwölf (drei Wiederholungen) auswertbaren Versuchsbäumen durchgeführt.

Kein Einfluss der Ca-Blattdünger

2009 wurden Ende Juni die ersten Mineralstoffanalysen der jungen Früchte durchgeführt, um den Einfluss der frühen Ca-Behandlungen zu untersuchen. Im Durchschnitt der vier Wiederholungen wiesen alle Verfahren einen vergleichbaren Ca-Gehalt zwischen 16.3 und 17.4 mg pro 100 g Frischgewicht auf (Werte nicht dargestellt). In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Fruchtanalysen bei der

Abb. 4: Calciumgehalt und K/Ca-Verhältnis in den beiden Versuchen nach der Ernte 2010.



Ernte ersichtlich. Der Ca-Gehalt liegt im Mittel zwischen 6.0 und 6.5 mg pro 100 g Frischsubstanz. Er ist damit rund dreimal höher als bei den Früchten mit Lentizellenflecken und auch über dem Wert der gesunden Früchte aus der Ernte 2008. Ein Einfluss der Ca-Behandlungen ist 2009 nicht erkennbar. Das K/Ca-Verhältnis ist mit Werten zwischen 18.3 und 20.1 unter der kritischen Grenze für physiologische Störungen. 2010 lag der Ca-Gehalt bei der Ernte in beiden Betrieben zwischen 4.0 und 4.7 mg pro 100 g FS und damit eher an der unteren Grenze für eine genügende Versorgung (Abb. 4). Die leicht tieferen Werte im Verfahren «4 × Ca-Chlorid früh» sind nicht plausibel im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und angesichts der geringen Unterschiede als zufällig zu bezeichnen. In beiden Betrieben haben die Ca-Behandlungen nicht zu einer Steigerung des Ca-Gehalts geführt. Das K/Ca-Verhältnis lag in beiden Parzellen zwischen 22.0 und 26.8.

Die Erträge und das durchschnittliche Fruchtgewicht waren zwischen den Verfahren innerhalb der Parzellen ausgeglichen (Tab. 2). Fruchtfleischfestigkeit und Zuckergehalt (Refraktometerwert) wurden durch die Ca-Dünger nicht beeinflusst, was, wenn man die Ca-Fruchtanalysen betrachtet, nicht weiter erstaunlich ist. Beim Anteil Klasse I (Annahme: 65–85 mm, 33% Deckfarbe) zeigten sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Verfahren. Der tiefere Anteil in Göttingen 2010 ist auf die geringere Fruchtgrösse zurückzuführen.

Die Ca-Behandlungen in den beiden Jahren brachten keine Erhöhung des Ca-Gehalts in den Früchten im Vergleich zu unbehandelten Kontrollbäumen und damit auch keinen Einfluss auf die Ertrags- und Qualitätsparameter.

In den ACW-Lagerversuchen mit Früchten der Versuchspartellen traten in beiden Jahren keine Schäden durch Lentizellenflecken auf, was mit der guten Calciumversorgung korrespondiert.

Folgerungen

Die Frage, ob frühe Ca-Behandlungen vor dem Junifall Vorteile bringen im Vergleich zur üblichen Ca-Blattdüngung vor der Ernte, lässt sich aufgrund dieser Versuche nicht beantworten, weil keines der Verfahren eine Steigerung des Ca-Gehalts in den Früchten bewirkte. Die Grenze für eine genügende (normale) Ca-Versorgung liegt bei 4.5 mg/100 g Frischgewicht (Baab 2009). Dieses Limit wurde in den beiden Versuchsjahren mehrheitlich erreicht oder deutlich übertroffen. Bei guten Aufnahmebedingungen im Frühjahr wird genügend Ca über den Boden aufgenommen und Ca-Blattdünger bringen keine Verbesserung. Dies zeigte sich auch in verschiedenen Versuchen im Ausland, zum Beispiel in Belgien (Anonym 2012) oder auch in der Steiermark (Rühmer 2009). Mit den heutigen schwach wachsenden Bäumen ist die Konkurrenzierung der Früchte durch das Triebwachstum geringer und die Ca-Versorgung der Früchte verbessert. Das Auftreten physiologischer Störungen (z.B. Stippe) hat in den letzten Jahrzehnten doch deutlich abgenommen.

Aus diesen Versuchen darf man aber auch nicht den Schluss ziehen, dass Ca-Blattdünger nichts bringen. Ungünstige Witterungsbedingungen (trocken, nasskalt) im Frühjahr, tiefer pH des Bodens, K-Übersorgung,

schwacher Fruchtansatz und starkes Triebwachstum können zu ungenügenden Ca-Gehalten in den Früchten führen, der mit Ca-Blattdüngern (verschiedene Formulierungen und Produkte) zumindest teilweise korrigiert werden kann. Wegen der Unsicherheit über die Ca-Aufnahme im Frühjahr werden Ca-Blattdünger im Zweifelsfall weiterhin ihren Platz haben in einer praxisüblichen Düngungsstrategie, auch wenn nicht jedes Jahr ein Nutzen erwartet werden kann. Nach Baab und Schmitz-Eiberger (2009) führen Anwendungen vor Juni meist nicht zum gewünschten Erfolg wegen der geringen aufnahmefähigen Fruchtoberfläche. Aufgrund der Erfahrungen und Empfehlungen im In- und Ausland sind weiterhin die Behandlungen in den letzten Wochen vor der Ernte gegenüber frühen Behandlungen vorzuziehen.

Dank

Wir danken den Betriebsleitern Patrick Stadler, Versuchsbetrieb Güttingen, und Reto Leuch, Landschlacht, dass sie uns die Anlagen zur Verfügung stellten und für die gute Zusammenarbeit. ■

Literatur

Anonym: Calciumblattdünger bei Nicoter (Kanzi®). European Fruit Magazine Nr. 5, 26, 2012.
 Baab G.: Damit sie keinen Mangel leiden... Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 6: Calcium. Besseres Obst 54(7), 18–21, 2009.
 Baab G. und Schmitz-Eiberger M.: Massnahmen gegen Stippe und Co. European Fruit Magazine Nr. 6, 13–15, 2009.
 Grimm-Wetzel P. und Schönherr J.: Für eine Verdoppelung der Ca-Gehalte der Äpfel sind auch unter günstigen Bedingungen mindestens 12 Spritzungen mit Kalziumchlorid erforderlich. Erwerbs-Obstbau 47, 71–77, 2005.

Rühmer T.: Vergleich verschiedener Calcium-Blattdünger. Versuchsbericht 2009-10, Versuchsstation Haidegg, 1–6, 2009.
 Schlegel T.K. und Schönherr J.: Penetration of Calcium Chloride into Apple Fruits as Affected by Stage of Fruit Development. Acta Hort. 594, 527–533, 2002.

Tab. 2: Ertrag und Fruchtigenschaften in den Calcium-Blattdüngungsversuchen 2009 und 2010.

Betrieb Verfahren	Ertrag kg/Baum	Durchschnittliches Fruchtgewicht g	Relativertrag kg/cm² Stammquerschnitt	Festigkeit kg/cm²	Refraktometer °Brix	% Kl. I 65–85, 33% Df.
Güttingen 2009						
Kontrolle	9.05	179.6	1.79	7.81	11.9	89.5
Ca-Chlorid, spät	9.49	181.5	2.08	7.83	11.8	87.4
Ca-Chlorid, früh	8.78	181.3	2.02	8.02	11.8	89.4
Calshine, spät	7.78	185.3	2.02	7.96	12.0	93.3
Calshine, früh	7.70	180.3	1.86	7.93	12.0	93.1
Ca-Chelat	8.43	184.4	1.99	8.14	11.9	92.3
Güttingen 2010						
Kontrolle	10.10	163.5	1.63	9.22	12.5	80.3
Stopit, spät	9.69	160.9	1.64	8.71	12.4	77.0
Stopit, früh	8.48	156.2	1.53	9.12	12.5	75.7
Calshine, spät	7.89	160.8	1.56	9.05	12.7	76.3
Calshine, früh	8.27	167.2	1.46	9.12	13.0	79.0
Ca-Chelat	9.87	159.8	1.75	8.77	12.2	79.0
Landschlacht 2010						
Kontrolle	8.85	196.5	1.60	8.47	13.1	89.0
Stopit, spät	9.57	197.0	1.51	8.77	13.4	87.0
Stopit, früh	10.42	203.8	1.66	8.52	13.1	85.1
Calshine, spät	10.00	185.1	1.46	8.39	13.0	88.5
Calshine, früh	8.65	204.9	1.46	8.46	13.2	85.1
Ca-Chelat	9.45	198.8	1.63	8.24	12.5	86.2

Traitements au calcium précoces ou tardifs dans la production de pommes?

R É S U M É

Le calcium (Ca) améliore la stabilité des parois cellulaires des fruits, il est donc une substance nutritive importante dans la production de pommes. Les carences de Ca peuvent provoquer des troubles physiologiques. C'est à la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW qu'a été déterminé si la teneur des fruits peut être améliorée par l'administration d'un fertilisant foliaire au Ca avant la chute des fruits en juin, en été ou avant la récolte. Pendant la période expérimentale de deux ans, aucune des méthodes d'application n'a eu pour effet d'augmenter la teneur en Ca.

Quand les conditions sont bonnes au printemps, le Ca peut être absorbé en quantités suffisantes du sol et les fertilisants foliaires ne donnent aucune amélioration. Une météo défavorable (sécheresse, temps humide et froid) au printemps peut aboutir à une carence de Ca dans les fruits. Parce qu'on n'est jamais sûr des quantités de Ca effectivement absorbées, les fertilisants foliaires au Ca resteront certainement d'usage dans une stratégie de fertilisation courante, même si on ne peut en espérer une utilité chaque année.