

מרץ 2019

## סידן מרכיב חיוני לצמח ואיכות הפרי - חלק ראשון

הסידן כיסוד הזנה מקרו אינו כלול בתוכניות הדישון למרבית הגידולים בארצנו, זאת מתוך הנחה שקרקעות הארץ גיריות ובמי ההשקיה יש מספיק סידן להזנת הגידול במהלך העונה. למרות זאת בגידולי מטעי נשירים מסוימים (תפוחים, אפרסקים) ובזני ירקות אינטנסיביים (עגבניות, פלפל) מתגלים מחסורי סידן הפוגעים ביבול ואיכותו. המעבר להשקיה במים מותפלים בחקלאות מצריך חשיבה שונה לצורך בדישון בסידן בהתאם לתנאי הגידול, כמו מרקם הקרקע או מצע הגידול, pH הקרקע, סוג הגידול ורגישותו למחסורי סידן, ממשק ההשקיה ועוד. הזנת הצמח בסידן אינה קלה, בגלל מגבלות זמינותו בתנאי קרקעות שונות ויכולת נידות מוגבלת בקרקע, גם מנגנוני הסעתו בצמח אל הפירות בעייתית. עבודות מחקר רבות בוצעו למציאת פתרון להשלמת מחסורי הסידן בעיקר בעצי פרי, כאשר לממשק ההשקיה ואגרוטכניקת הגידול (בעיקר במטעים) משקל חשוב לייעול ההזנה בסידן ושינוע בצמח אל הפרי (Brooke person, Robert G. 1994). לבחירת ממשק ההזנה המיטבי בסידן, נדרש קודם להבין את חשיבותו לצמח והמגבלות בהזנה כדי לתת את המענה היעיל ביותר לתנאי הגידול בחלקה. במאמר זה מוצג תקציר פרסום "סידן- יסוד חיוני לאיכות הפרי", מידעון למגדלי מטעים בוויקטוריה (Fruit Growers Victoria).

### סידן בצמח

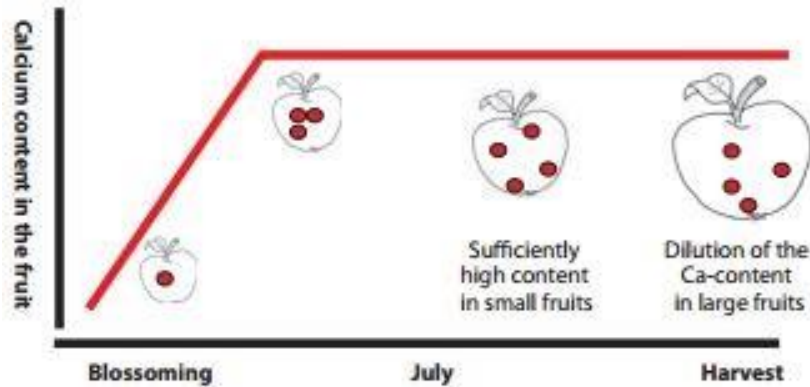
#### **תפקיד הסידן בצמח:**

סידן הוא מרכיב חשוב במבנה הפרוטופקטין (protopectin), חומר דביק חיוני המשמש כמו "מלט" המחזיק את התאים יחד ויוצר יציבות במבנה התא (איור 3). סידן מחבר פוספוליפידים בקרום התא ונחשב כתורם חשוב ליציבות ותפקוד של קרום התא, כולל הובלה וחילוף חומרים וגז בין התאים. סידן הוא מרכיב חשוב באנזימים רבים הנוטלים תפקיד חשוב בתהליך ההבשלה. בתהליך זה הסידן מפחית את פעילות הנשימה ויוצר אתילן בפרי. מעכב תהליך ההבשלה המתרחש לאחר הקטיף, מאריך תקופת חיי המדף (בעיקר בתפוחים). סידן משחק תפקיד חשוב במניעת נזק מעקות סביבתיות (חום, קור, רוח, קרינת B-UV). עקה גורמת להיווצרות רדיקלים חופשיים בדופן התא (איור 2). הסידן נקשר עם תרכובת חלבון קלמודולין אשר מגבירה את העמידות הטבעית של הצמח לעקה, על ידי המערכת החיסונית העצמית של הצמח בהפעלת חומרים שונים לדוגמה –ויטמין (tocopherol- $\alpha$ ) או אנזימים נוגדי חמצון (קטלאז, superoxidedismuis) –המנטרלים רדיקלים חופשיים ( $O_2^-$ ), וממירים אותם למולקולות חמצן פחות מזיקות ( $O_2$ ). בתהליך זה הסידן הנמצא בדופן התא או בקרומי התא ממלא תפקיד חשוב יותר מאשר סידן חופשי בפלסמת התא.

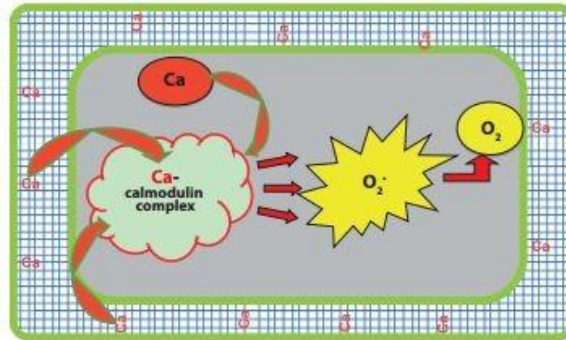


מרץ 2019

## סידן מרכיב חיוני לצמח ואיכות הפרי - חלק ראשון



איור 1. תהליך קליטת הסידן בפרי מפריחה ועד קטיף, דילול תכולת Ca בפירות כתוצאה מגדילת הפירות (J. Streif, KOB Bavendorf)



איור 2: עמידות לעקות ברמה התאית: ניטרול של רדיקלים חופשיים על ידי תרכובות סידן וקלמודולין (M. Schmitz-Eiberger, INRES - University of Bonn)

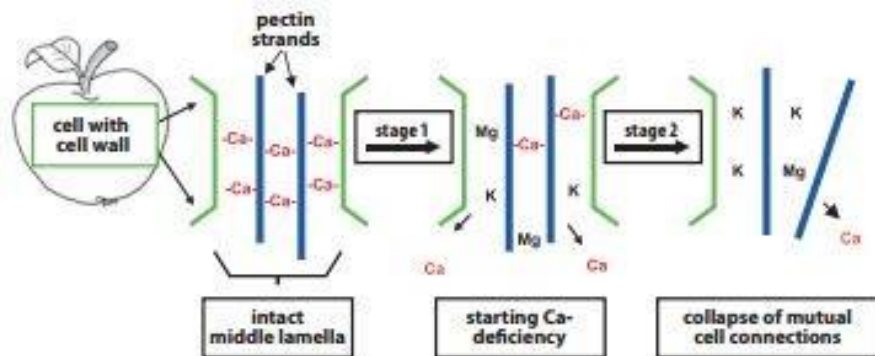
### מחסור בסידן

מחסור בסידן ביסודו מתרחש בכל הזנים של פירות ובעיקר בחלקים של הצמח מהם הדיות נמוך (טרנספירציה נמוכה), כלומר בעיקר את הפירות. תפוחים רגישים במיוחד למחסור בסידן, דבר הנובע מתכונות הגנטיות של התפוח, אך בעיקר בגלל שיקולים מסחריים לקבלת פרי גדול יותר מאשר גודל פרי רגיל באותו זן. סימני מחסור גלויים בעלה נראים בעיקר בעצים עם התפתחות גרועה, מתחילת הקיץ מופיעים כתמי כלורוזות בקצה העלים, ומתפתחים לכלורוזת מלאה בעלה. סימני המחסור בפירות יכולים להתרחש בכל סוגי הפירות. פירות עם מחסור בסידן מקדימים להבשיל, חל פירוק של כלורופיל בקליפת הפרי (שינוי צבע לצהוב), בפירות יש חומציות נמוכה וחוסר מוצקות. בנוסף, בפירות עם מחסור בסידן שלבי הזדקנות הפרי מהירים יותר והציפה מתרככת מוקדם יותר. במחסור סידן הפרי עם רגישות גדולה יותר להירקב, חשוף לפגיעה על ידי גלואוספוריום, עם עמידות נמוכה לבוטריטיס, בעצים גלעיניים רגישות לריקבונות הפרי מפטריות שונות. בעצים עם חוסר סידן הפירות רגישים לנזקי ברד, למשל יתאוששו לאט יותר מאשר בעצים עם רמת סידן נאותה.



## סידן מרכיב חיוני לצמח ואיכות הפרי - חלק ראשון

בתפוחים מחסור בסידן מעודד הפרעות פיזיולוגיות שונות, כגון החמת הציפה בליבת הפרי (flesh browning), החמות והשתעמות בקליפת הפרי (scald), ובמיוחד תופעת הגומה המרה (bitter pit)



איור 3: התפתחות של *bitter pit* כתוצאה של חוסר יציבות הדרגתית בין הלמלות (שכבות דופן התא)

היווצרות "הגומה המרה" בתפוח נגרמת כתוצאה ממחסור בסידן בשלבים הבאים: כאשר אספקת סידן אופטימלית, קווצות של פקטין בתוספת סידן (protopectin) מיצר גשרים של סידן המקנים יציבות בין שכבות דופן התא (איור 3). כאשר אספקת הסידן נמוכה, או חילוף הסידן ( $Ca^{++}$ ) ע"י מגנזיום ( $Mg^{++}$ ) או אשלגן ( $K^+$ ) אשר אין ביכולתם ליצור קשרים יציבים בין דפנות התאים, מבני התא מתמוטט והופך חום. המגנזיום נקשר לגופרית ונוצר מגנזיום סולפט, מקנה לציפה טעם מר בנקודות הפגועות.

הסיכון לנזק רציני לפרי הנגרם על ידי מחסור בסידן קיים בתנאים הבאים: -מטעים הנטועים בקרקעות עם זמינות נמוכה מדי של סידן בקרקע (pH נמוך, תכולת סידן מסיס נמוכה). -עצים עם נוף עלים חלש ופגום כתוצאה מקרה או צינת לילה או העלים עם רמה נמוכה של חומר הזנה.

-זנים רגישים למחסור סידן (Braeburn, kanzi)  
-תפוחים שנקטפו מוקדם מדי (גומה מרה) או מאוחר מדי (ציפה חומה, גליוספוריום).  
-פירות גדולים מדי עבור אותו זן

-עצים עם צמיחה חזקה ועם ייצור נמוך (התפלגות סידן בלתי מאוזנת)  
-עצים עם תכולה גבוהה מדי של חנקן, אשלגן או מגנזיום. חשוב מלכתחילה שבציפה יהיה ריכוז נמוך של סידן, אשלגן, חנקן ומגנזיום. היחס ההדדי במיוחד ביחס  $Ca/K$  ו- $Ca/N$  – הם מדדים חשובים של הסיכון הפוטנציאלי של הפרעות פיזיולוגיות בפירות (טבלה 1).

חלק מתהליכים מתרחשים באופן חלקי בעוד הפרי הוא עדיין על העץ (גומה מרה, blotch lenticel), אחרים רק אחרי תקופה של אחסון (ציפה חום, scald, גומת איחסון, גליוספוריום).

קיימת חשיבות רבה לזיהוי מוקדם של מחסור סידן, והגדרת הגורמים להיווצרות המחסורים כדי לתכנן ממשק גידול אשר יקטין את הסיכון לנזקי סידן בעצי המטע ובאיכות הפרי.

מרץ 2019

## סידן מרכיב חיוני לצמח ואיכות הפרי - חלק ראשון

Table 1. Risk categorisation of Cox's, Braeburn, Kanzi and Jonagold for physiological disorders based on the Ca, K and N content in the flesh

	Ca- content in fruits (in mg/100 g fresh weight)	K/Ca- ratio	N/Ca- ratio
Optimal	> 5,5	< 20	< 10
Normal	4,5 - 5,5	20 - 30	10 - 20
Critical	< 4,5	30 - 40	> 30
Very critical	< 3,5	> 40	

טבלה 1: מדדי סיכון לנזקים פיסיולוגיים המבוססים תכולת סידן, אשלגן וחנקן בציפת הפרי.

ירון יוטל, אגרונום ראשי  
054-4361155  
yaron@deshengat.co.il  
מקורות

-Fruit Growers Victoria - <http://www.fgv.com.au/22-news/410-calcium-a-vital-element-for-fruit-quality>

- Brooke person, Robert G. Stevens. 1994, TREE FRUIT Nutrition (shortcourse proceeding). Published by Good Fruit Grower, Yakima, Washington, 1994



מרץ 2019

## סידן מרכיב חיוני לצמח ואיכות הפרי - חלק ראשון

