

# מדע הרוח בשירות הערכת האיכות של תוצרת חקלאית

## לירון ישראלי

פיתוח התפיסה של הדמיון ההכרתי אינה קלה,  
היא דורשת משמעת, סבלנות והתמדה –  
כישורים שהופכים להיות יותר ויותר נחוצים  
ככל שאנו עומדים בפני הניווט שנוצר על ידי  
התפיסה החומרית

במרץ 2019 אירח מרכז "אדמה חיה" בישראל את רולנד  
אולריך (Roland Ulrich), מומחה גרמני ותיק לקומפוסטציה  
ובדיקות איכותניות בשם "כרומטוגרפיה של קרקע ומוצרי  
מזון". מפגש זה היה חלק מתהליך העמקה לעוסקים  
בביודינמיקה בישראל ונועד גם לסייע בהקמה של מעבדה  
כרומטוגרפית בישראל.

במשך יותר מ-25 שנה חקר אולריך ויישם שיטות  
לקומפוסטציה ולהערכת איכות שפותחו על ידי ארנפריד  
פייפר (E. Pfeiffer 1961-1899) ומהוות כלי עזר ייחודי  
לחקלאים להבנת תהליכי החיים בקרקע ובצומח.

בהרצאותיו חזר אולריך והדגיש כי "בדיקות האיכות של תהליך החיות בחקלאות הן מפתח להבנת ההומוס החי (רקבובית בעברית, החומרים האורגניים המצויים בקרקע), שהוא זה שמאפשר ריפוי אמיתי לאדמה, לצמח, לחיה ולאדם".

להבנתו של אולריך, תהליך הבדיקה כשלעצמו מסייע לחקלאים לקבל תחושה אישית טובה יותר של תהליך העבודה שלהם ולא דווקא ככלי להשוואה בין חקלאים וממשיקי גידול שונים.

בעזרתו של אולריך, נחשפתי יותר ויותר לעבודתו של פייפר בכל תחום, כולל פיתוח הכרומטוגרפיה. בצעירותו (מגיל 19 עד 25) גר פייפר עם שטיינר. בתקופה זו עבד באינטנסיביות בגתאנום, למד את כל הכתבים והיישומים החשובים של האנתרופוסופיה בהדרכת שטיינר עצמו, ובמקביל למד כימיה באוניברסיטת באזל. פייפר היה מודע לכוחות הסובבים אותנו, בעבורו המוטיבציה ליצירת "שיטות להרכבת תמונות" (Raising Picture) הייתה: "להבין וללמוד את הכוחות המעצבים, ובעיקר כדי לפתח את יכולת האיבחון התפיסתי". שיטות אלה מניחות שניתן לגלות בצורה פיזית את הכוחות המעצבים הכלולים בדגימות של קרקע או צומח, כלומר, שניתן להפוך את הכוחות האלה לנראים לעינינו. התגלות זאת יכולה להעשות בשלוש דרכים:

(1) התגבשות רגישה או ביו-קריסטליזציה (Crystallization Sensitive) מתרחשת על ידי התגבשות של קריסטלים על מצע הבדיקה.

(2) כרומטוגרפיה – היווצרות של תמונה מעגלית עם צורות וצבעים, כתגובה לחומר הנבדק.

(3) תנועה קפילרית<sup>1</sup> דינאמית – דומה לכרומטוגרפיה רק נעשת באופן אנכי ולא מעגלי.

פיענוח התמונות והבנתנו את כוחות החיים המעצבים שהן מגלות, תלוי ביכולת שלנו ללמוד ולפתח את יכולותינו הקוגניטיביות (דמיון, השראה ואינטואיציה).

מאז שפותחו שיטות אלה ל"הרכבת תמונות", נוצרה ציפייה שהן ישמשו כ"הוכחות" לקיומם של כוחות אתריים. מתוך הצורך "לספק הוכחה", החלה להתפתח שיטה של תפיסה שיפוטית (Perceptive Judgment), אנליטית ומדעית. וזה, טען פייפר, מנוגד לרוח המקורית בכך שהשיטה הפכה להיות מסלול "ההוכחה" במקום לאמן את הדמיון ההכרתי (Imagination Cognition).

לאחר כמעט מאה שנה מאז יצירת שיטות אלו, השימוש בהן ככלי אנליטי, מדעי, עם סטנדרטים ויכולת השוואה התקדם רבות, אבל עדיין, זו למעשה הדרך הקלה לעבודה איתן. הכוונה העמוקה, שאמורה להביא להתפתחות התפיסה הקוגניטיבית שלנו, אינה בשימוש נפוץ. פיתוח התפיסה של הדמיון ההכרתי אינה קלה, היא דורשת משמעת, סבלנות והתמדה – כישורים שהופכים להיות יותר ויותר נחוצים ככל שאנו עומדים בפני הניווט שנוצר על ידי התפיסה החומרית.

אחת ממעבדות המחקר שממשיכה לפתח כלים לעבודה עם השיטות של פייפר וכלים מדעיים חדשים שוכנת באוניברסיטת קאסל, ויטסנהאוזן (University of Kassel, Witzenhausen). זאת המחלקה האוניברסיטאית הוותיקה באירופה לחקלאות אורגנית וביודינמית.

להלן סקירה של אחד המחקרים שפורסמו לאחרונה מאוניברסיטת גייזנהיים (Geisenheim) בגרמניה, שבו ניסו להעריך דרך "יצירת תמונות" המבוססת על כרומטוגרפיה, תנועה קפילרית דינמית, וביו-קריסטליזציה (Biocrystallization) את ההבדל בין גידולי יין בשיטות ממשק הדברה משולב

1 נקראת גם "עליה נימית", כאשר מים נעים נגד כוח הכבידה, למשל כאשר רטיבות בקיר "מטפסת" כלפי מעלה.

טיפול מכני בעשבים שבשורות הגפן, דישון בקומפוסט מבוסס בקר. הגנת צומח בעזרת הריסוסים האורגניים: Copper, Wettable Sulphur, Vitisan, Funguran.  
 (3) ממשק ביודינמי ללא יישום של תכשיר קוורץ (BDO).  
 (4) ממשק ביודינמי עם 3 טיפולי תכשיר קוורץ (BD3) – לפני פריחה, בזמן בוחל, ובסמוך לבציר.  
 (5) ממשק ביודינמי עם 4 טיפולי תכשיר קוורץ (BD4) – בתחילת פריצת הלבוב, לפני פריחה, בזמן בוחל, ובסמוך לבציר.

בחלקות הביודינמיות היה הבדל ביישום תכשיר הקוורץ, אך בשאר המרכיבים הטיפול היה זהה: צמחיית כיסוי מעורבת בין השורות. טיפול מכני בעשבים שבשורות הגפן. דישון בקומפוסט מבוסס בקר בתוספת תכשירי קומפוסט ביודינמיים. ריסוס קרן זבל פרה.  
 מתוך הכרמים עצמם נאספו נתונים רבים כמו: יבול, מאפייני התירוש (Must composition) – משקל, חומציות, וחומצות אמינו, מאפייני העצה (Wood composition): עמילן, גלוקוז, פרוקטוז, סוכרוז ומשקל הגזם. בתחום המחלות נמדדה המחלה השכיחה בכרמים – ריקבון אפור (Botrytis cinerea) – אחוז ההדבקה ואחוז החזרתיות של המחלה.

## שיטות מחקר

לצורך הערכת ההבדלים בין ממשקי הגידול השונים נעזרו החוקרים בשתי שיטות:  
 (1) מחקר איכות מיץ הענבים שהופק מהממשקים השונים בעזרת "יצירת תמונות" (Image Forming) המבוססת על: כרומטוגרפיה, תנועה קפילרית דינמית, וביו-קריסטליזציה (Biocrystallization).

(מופחת ריסוסים), לממשק אורגני ולממשק ביודינמי, בעזרת בדיקת מיץ ענבים ליין מהממשקים השונים הללו.  
 את המחקר המלא ניתן לקרוא באתר [2](https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1322003) <https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1322003>

## מבוא

עם ההתעניינות ההולכת וגוברת בגידול אורגני וביודינמי,<sup>3</sup> הוחל בשנת 2006 ניסוי שדה ארוך טווח באוניברסיטת גייזנהיים במטרה להשוות גידול ענבים ליין בממשקים ביודינמי, אורגני ובממשק הדברה משולבת.<sup>4</sup> זאת כיוון שכורמים וייננים דיווחו שוב ושוב על ההשפעות הבולטות של תכשירים ביודינמיים על גידול הצמחים,<sup>5</sup> במיוחד דווח על ההשפעה המיטיבה של תכשיר קרן קוורץ (501) על איכות היין והצימות. לאור זאת, בדק הניסוי בסך הכול שלושה טיפולים ביודינמיים שונים מבחינת התדירות ועיתוי היישום של קרן קוורץ.

מערך המחקר כלל:

(1) ממשק הדברה משולב (INT)

ממשק זה כולל: צמחיית כיסוי בין השורות עם צמחייה עשבונית מעורבת. ריסוס בקוטלי עשבים בשורות הגפן, דישון בקומפוסט מבוסס צמחים. הגנת צומח בעזרת הריסוסים: Wettable Sulfur, Poyram WG, Vento, Forum Star, Folpan, Viando, Systhane, Cabria Top

(2) ממשק אורגני (ORG)

ממשק זה כולל: צמחיית כיסוי מעורבת בין השורות.

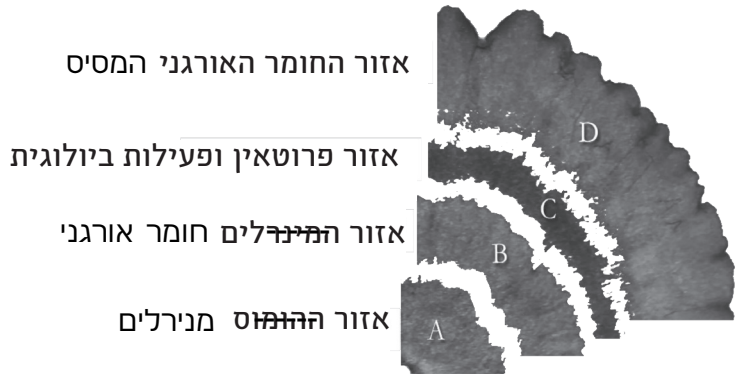
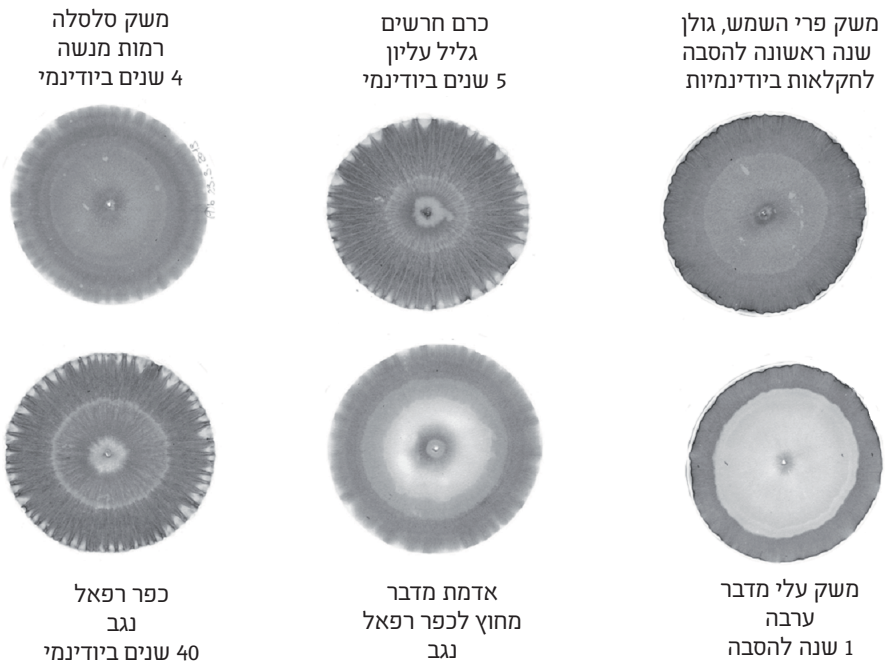
<sup>2</sup> <https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1322003>

<sup>3</sup> ראו למשל: Nigro 2007; Willer 2010.

<sup>4</sup> Döring et al. 2015; Meissner 2015.

<sup>5</sup> Masson 2009; Meissner 2010.

במחקר עצמו יש שלל של תמונות הממחישות את הבדיקה אך כיוון שהן לא היו נגישות לי בזמן כתיבת שורות אלו אני מצרף דוגמאות של בדיקות שנעשות לקרקעות של חקלאים ביודינמיים בישראל. את אלה ערכנו במרץ 2019:



ניתוח סטטיסטי רב משתנים (Principal Component Analysis - PCA) למציאת מערכות יחסים בין המשתנים הרבים שבמערכת.

### כרומטוגרפיה

מצע הדגימה הוא נייר פילטר עגול שמושרה בתמיסת כסף חנקתי (AgNO3) אשר משמשת לפיתוח תמונות. הדוגמאות שנבדקו עברו מיצוי בעזרת נתרן הידרוקסידי (NaOH) או בשמה העממי "סודה קאוסטית", בכדי להוציא את המרכיב ההומי של הדגימה. לאחר מכן נחשף נייר הפילטר לדגימת מיץ הענבים בעזרת תנועה קפילרית של נוזלים, כך שהדגימה התפשטה לאורך הנייר מהמרכז כלפי חוץ. לאחר חשיפה מדודה, עבר נייר הפילטר עם הדגימה תהליך של פיתוח תמונה וכך נוצרה התמונה למדידה.

### תנועה קפילרית דינמית

תהליך הכנת הדגימה לבדיקת תנועה קפילרית דינמית כלל: דילול של הדגימה במים מזוקקים, והשריית נייר הפילטר ישר בדגימה. לאחר מכן עבר אותו נייר טבילה בכסף חנקתי (AgNO3) ולאחר מכן בסולפט הברזל (FeSO4) ואז נחשף לאור לפיתוח התמונה.

### ביו-קריסטליזציה

תהליך הכנת הדגימה לבדיקת ביו-קריסטליזציה כלל: דילול המיץ במים מזוקקים וסינונו בנייר פילטר. ערבוב המיץ המדולל בכלוריד הנחושת (CuCl2) והנחתו בצלחת פטרי לפיתוח קריסטליזציה - התגבשות הקריסטלים, בחלל ייעודי (סוג מסוים של קופסא או מיכל).

דגימות המיץ שהניבו תמונות המאופיינות כ"ביטוי צורה חזקה" ו"עמידות גבוהה בפני התפוגגות" דורגו גבוה יותר מאלה שמאופיינות כ"ביטוי בצורה חלשה" ו"התפוגגות מוקדמת".

לפיכך, בהערכה האיכותית, דירוג האיכות היה:

BD4 > BD3 > ORG > BD0 > INT

ניתוח סטטיסטי רב משתנים (PCA) בין כל המדדים הפיזיים ביחס לסוגי הטיפולים השונים ייצר רצף של מקבצים עיקריים עם תכונות בולטות:

(1) מקבץ ראשון כלל את הכרמים שטופלו ביודינמית אך ללא קרן קוורץ (BD0) והכרמים שטופלו 4 פעמים בעזרת קרן קוורץ (BD4);

(2) מקבץ שני כלל את הכרמים מהממשק האורגני והממשק הביודינמי עם 3 טיפולי קרן קוורץ;

(3) מקבץ שלישי כלל עירוב של מספר סוגי טיפולים אך עם רוב לממשק המשולב.

## דיון ומסקנות עיקריות

מחקר זה הדגים כי בעזרת אנליזה איכותנית של חומר מזון (מיץ ענבים) ניתן לזהות את ההבדלים בין מזון שגודל תחת ממשק הדברה משולב (מופחת ריסוסים), לבין ממשק אורגני וממשק ביודינמי. בנוסף לכך, לראשונה נראה כי ניתן להבדיל בין רמות השימוש בתכשיר קרן קוורץ. היות שמטרת השימוש בקרן קוורץ היא להשפיע על חיוניות הצמח, תוצאה זאת מאששת את ההנחה כי ניתן להשפיע על איכות חומרי מזון בעזרת תכשיר ביודינמי.

## ניתוח

היות שתוצאות הבדיקה הן איכותניות, תהליך הניתוח שלהן נעזר בתצפית של שני מומחים אשר:

(1) מיינו את התמונות לפי דפוסים חוזרים;

(2) בדקו את עוצמת המחוות (התמונות יוצרות תנועות דינמיות שנראות כמו מחוות: חלקן מסודרות וחלקן כאוטיות), בדקו את חוזק הצבעים, וערכו השוואה לדגימות שנעשו בעבר לחיטה ולגזר;

(3) דירגו את האיכות: עוצמת הביטוי בתמונות שימשה כמדד לאיכות, כאשר תמונות שהתפוגגו יותר סווגו כחלשות יותר.

## תוצאות עיקריות

- סיכום התוצאות של הבדיקות האיכותניות השונות הצביעו על:
- ממשק משולב (INT): ביטוי בצורה החלשה ביותר, עמידות נמוכה ביותר להתפוגגות התמונה.
- ביודינמי ללא קרן קוורץ (BD0): ביטוי חזק ביותר, עמידות נמוכה בפני התפוגגות התמונה.
- אורגני (ORG): ביטוי ב"צורה חלשה", עמידות גבוהה בפני התפוגגות התמונה.
- ביודינמי עם שלושה יישומים של קרן קוורץ (BD3): ביטוי ב"צורה בינונית", עמידות גבוהה בפני התפוגגות התמונה.
- ביודינמי עם ארבעה יישומים של קרן קוורץ – כולל יישום מוקדם מאוד במחזור הצימוח (BD4): ביטוי ב"צורה חזקה", עמידות גבוהה בפני התפוגגות התמונה.

מחקר זה מצטרף למספר קטן של מחקרים נוספים אשר מאשרים את השפעת התכשירים הביודינמיים על התפתחות צמחים ועל איכויות היבול. זאת ביחד עם ניסיון רב של כורמים שמדווחים כי תכשיר קרן הקוורץ משפר את צימוח הגפן, שנמדד בין השאר במבנה פחות דחוס של אשכולות, חופה פתוחה יותר, וכמות נמוכה יותר של הופעת שריגים משניים.

בהקשר למדדי צימוח מן השטח, הניתוח רב המשתנים (PCA) הדגים שלרוב ניתן להבדיל בין סוגי הטיפולים השונים. קיבוץ הפרמטרים השונים מצביע על צימוח חזק יותר בממשקים הביודינמיים והאורגניים, תוצאה שנמצאה דומה בפרמטרים של ביטוי צורני חזק יותר בבדיקות האיכותניות. לעומת זאת, במדד התפוגגות-התמונה לא נמצאה התאמה למדידה הסטטיסטית ולכן היא יכולה להוות כלי משלים לניתוח החומרי של הצמחים.

לסיכום, בידול ואפיון מוצלח של מוצרים בממשק גידול בהדברה משולבת לעומת ממשקי גידול אורגניים וביודינמיים נתמכו בשימוש בשיטות ליצירת תמונות איכותניות, ונראה שהן בעלות ערך ככלי להשלמת שיטות קיימות בהערכת איכות המזון. מסקנה זו הודגשה על ידי הבחנה בהשפעה המוצלחת שהייתה ליישומים שונים של תכשיר קרן קוורץ במינונים שונים. זו הפעם הראשונה שתופעה זו נמדדה. שיטות אלה מעריכות את יכולתן של תרכובות אורגניות לבנות צורות בתגובה למלחים לא אורגניים. כיום לא ניתן להסביר סוג זה של בניית צורה בצמח על ידי מעקב אחר רכיבים כימיים בודדים בשיטות אחרות.

בניגוד לתוצאות מניתוחים כימיים, שיטות להרכבת תמונות איכותניות מצליחות להביא לידי ביטוי את מכלול החיות של המדגם הנחקר, ובכך מצליחות לייצר בחינה מלאה יותר של החיוניות במזון הנבדק.