



פרופ' משה בר יוסף

ליטול בתחנות
הספרות והניסיון:

להלבין או לא להלבין - פניו ברבין או עלוותו בקאולין?

משה (ג'וזף) בר-יוסף / גמלאי המעבדה ע"ש טולקובסקי,
מינהל המחקר החקלאי (mbjoseph@gmail.com)



התמונה מתוך מצגת של מ"פ צפון (פרופ' חיים ראובני)

אלא ממינרל אחר בשם בנטוניט (Bentonite), בעל מבנה ות' כונות ספיחה שונות משל הקאולין. הבנטוניט עשוי דפים רב שכבתיים וביניהם אתרי קשירה וספיחה של מלחים וח' מרים ביולוגיים המצויים במיצויי תאים, כולל חלבונים, חומצות גרעין ושומנים. ידוע לנו על חוקר ישראלי שפירסם מאמר חשוב על האפשרות שהחיים הראשונים שהתפתחו מ'מרק' המולקול' לות האורגניות המרכיבות את התאים החיים התארגנו למעשה בין דפי חומר חרסיתי כזה. אחד הראשונים שניצל כבר בשנות החמישים את מינרל הבנטוניט לספיחה של אנזימים הרסניים למולקולות ה-RNA הוויראליים היה פרופ' פרנקל קונרט מאונ' ברקלי, קליפורניה (שהוזכר כאן בעבר כמועמד לפרס נובל שלא קיבל והשאיר בתגובה כמה ציטוטים ראויים לעיון על הד' רך בה מחלקים פרסים מדעיים). מינרל חרסיתי זה, כפי שהוא מופק בטבע, מכיל חומרים רבים המפריעים לפעילות הספי' חה שלו כשהוא נקי ופרופ' פרנקל-קונרט פיתח שיטת מעבדה לקבלת תכשיר בנטוניט מנוקה, באמצעותו הפיק RNA נקי ללא שיירי האנזים רנאז (Rnase), שכמויות זעירות מאוד ממנו הרסניות למולקולות ה-RNA הרגישות.

הלבין פני אדם ברבים זו מידת גנאי, אך להלבין עלוות צמחים בתכשיר קאולין, חומר חרסיתי טבעי, נמצא מועיל ומשפר יכול. בנסיונות שנערכו בשנות השבעים של המאה הקודמת הצביעו החוקרים ד"ר גרלד סטנהיל ז"ל, וד"ר שמואל מורשת ז"ל, מהמכון לקרקע ומים במרכז וולקני, על כיוון שונה לכדאיות השימוש בקאולין: הגנה על שתילי הדורים מפגיעת כנימות עלה, כמו גם מניעת הדבקה בחיידקים שוכני שיפה של שתילי פפאיות והדורים. בעקבות נסיונות שנערכו בע' ניין זה בשנות השמונים יצאו המלצות. על מה ולמה מוזכרים פה את ניסיונות העבר? ובכן, בעקבות שאילתא שהעביר מדריך צעיר לקבוצת הווסטאפ של מדריכי ההדורים.

תקוות הבנטוניט

העניין שלי בקאולין כחומר הלבנה לא החל ממינרל חרסיתי זה

בתמונה למעלה: הלבנת עלווה של עצי הדר בקאולין

בתחום מינרלי חרסית, שהציע שינויים נוספים. טכנאות המעב' דה באותה עת, מרים מוסקוביץ, בדקה מודיפיקציות שונות של מיצויים שאף הן לא שיפרו את יכולת חלקיקי הטרסטה. בשלב כלשהו של הניסויים המאזנים הללו עלתה המחשבה שיתכן שהבנטוניט פועל על מעטפת הטרסטה ומפרק אותה. היה לנו ניסיון רע לגבי רגישות מעטפת הטרסטה מניסיון לנקות את החלקיקים בגרדיאנט מלח ציום כלוריד (*Caesium chloride*). מלח זה משמש להפרדת גופים שונים משאריות תאית והציפה בו משמשת גם להגדרת משקלו הסגולי של הגוף. בתחילת שנות השבעים התברר כי בניגוד לרוב הוורוסים, חלקיקי הטרסטה לא שמרו על צורתם, הפכו לעיסה במהלך ההרצה במלח זה והדרך היחידה לקבוע את משקל החלקיקים היה לקבוע אותם תחילה בחומר שייצב את המבנה, מה שמנע מהם פעילות ביולוגית.

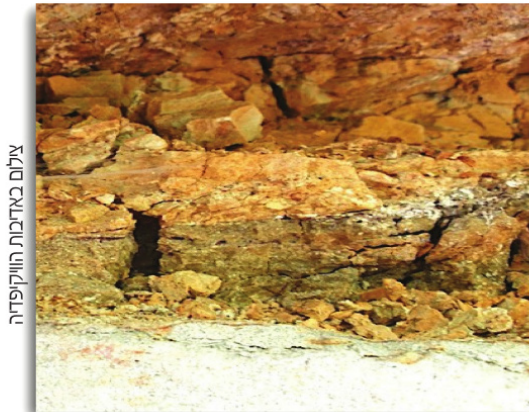
קאולין ובנטוניט שילוב מנצח

הרעיון שחומר פשוט כמו בנטוניט יכול לגרום לניטרול הוורוס נשמע מעניין; להזכיר כי כבר כמה שנים קודם עסקו במעבדה של פרופ' גד לובנשטיין, וירולוג בתחום הגנת הצומח במרכז וולקני, בניסיונות לעכב הדבקות ויראליות בצמחים באמצעות ציפוי עלים בשמן מינרלי. רעיון זה צמח מניסוי מעבדה של חוקר קנדי בשם ברדלי שהבחין כי המרכיב השמנוני בממברנה מנע העברה של וירוסים חולפים באמצעות כנימות. ואכן, שנים רבות נהגו בארץ להשתמש בשמן מינרלי וירול ובפלורידה פעלה חברה שנתנה שירותי הדברה בשיטת השמן.

בשלב זה חזר אלי ד"ר פרנקל עם המאמר של מורשת וסט' נהיל על שימוש בקאולין והוחלט לבחון שילובי קאולין ובנטוניט לעיכוב העברת טריסטה ומניעת נחיתה של כנימות עלה על שתילי הדורים ופלפל.

ניסיון קודם העלה כי בעונת האביב בבית דגן, בעת העברה של שתילי הדורים מבית זכוכית לבית רשת, מרחק של פחות מ-20 מ' ועניין של דקה או שתיים, קודקודי הצימוח של שתילי הדורים שיצאו מבית הזכוכית נקיים מכל כנימה הגיעו לפתח מבנה הרשת כשהם נושאים עשרות כנימות עלה מכונפות. העמדתו ניסוי ובו מיקמו בסמוך לבתי הגידול קבוצות של שתילי הדורים ושתילי פלפל מצופים בתמיסת קאולין ובנטוניט ומצאו כי שיעורי האכלוס של השתילים המטופלים נמוכים באופן בולט משל שתילי הביקורת.

בדיקת אפקט הבנטוניט על הדבקה בטרסטה לא נמשכה, אך התלבהנו מאפקט מניעת הנחיתה של הכנימות על הצמחים המטופלים. בהמשך, בשנת שבתון בקליפורניה, בשיתוף פעולה עם ד"ר ריי יוקומי, עמית שעבד אז במעבדה שחקרה ציקדות מעבירות עלעלת וצהובן כתוצאה מניעות בפיסו פלסמה, הצעתי לבדוק אפשרות הלבנה על שתילי וינקה



צילום בארחת הוורוסית

בנטוניט
בטבע:
סלע משקע
רך הבנוי שכ-
בות-שכבות

ב-1973, במסגרת הפוסט-דוקטורט שלי בנור'ץ', בריטניה, לאחר שש שנות עבודת פרך על ניקוי ואפיין גוף הטרסטה בבית דגן, נודע לי כי סטודנט שהכרתי מביקור מקדים במכון המחקר ג'ון אינס, אף הוא בבריטניה, מהמצינים במכונת המח' קר בעולם, ביקש וקיבל אישור להחליף את נושא מחקרו, בידוד ואפיין גוף צהובן הסלק BZV, שנחשב לפגע כלכלי קשה בגידול סלק סוכר באיים הבריטיים, וזאת לאחר שלא השיג את מבו' קשו. גוף זה דומה במבנהו לגוף הטרסטה בו עסקתי וקיב' לתי אישור לנסות ולנקותו בשיטה שפיתחתי עבור הטרסטה. בקיימברידג' נמסר לידי מחוקר בשם ראסל, שעסק בגוף זה, צמח סלק נגע בצהובן הסלק. להפתעת הכל, פרטוקול בידוד הטרסטה מילא את רשתית המיקרוסקופ האלקטרוני בג'ון אינס במסע מרשימה של חלקיקי BZV.

בהמשך המחקר נמצא כי ניתן לפסוח על שלבי ניקוי ראשוניים באמצעות טיפול בתכשיר בנטוניט במיצוי הירוק, מצב שח' סך שעות רבות של אולטרה צנטריפוגה (עלי להזכיר כי אחד השלבים המוכרים עוד מימי קדם בהכנת יין בארץ היה תהליך ההצללה, המתבצע באמצעות תוספת חרסית למיצוי הראשוני. בנטוניט הוא אחד המרכיבים של החרסית המקומית, הוא מנקה את המיצוי ומשאיר מיץ ענבים נקי וצלול).

הדרך להצלחה רצופה אכזבת

בארץ, במעבדה במינהל המחקר, נעשה ניסיון לשלב במיצוי הטרסטה את הבנטוניט המנוקה שפעל כה יפה במיצוי BZV. לשם כך הוכנה תמיסת בנטוניט לפי הרצפט שפעל, זו הוספה למיצוי טריסטה, התוצאות היו מאכזבות ונכון יותר שליליות לחלוטין. לא רק שלא חל שיפור בריכוזי החלקיקים שמוצו, אלא לא נראו כל חלקיקים. חזרה על ניסויים אלה בריכוזי מלח ותמיסות מיצוי שונות הניבו את אותה תוצאה. בשלב זה נכנס לתמונה ד"ר חיים פרנקל ז"ל, אז חוקר קרקע צעיר שמומחיותו

בבקעת הירדן הופסק, ולא מכישלון התפקוד של הרשת אלא מסיבה שונה לחלוטין: לאחר כשלוש שנים פחתו שיעורי ההדבקה הטבעית בגורם המנוון והפכו שוליים גם בחלקות הביקורת; בתנאים של חוסר הדבקה טבעית לא הייתה כל סיבה לפרוס רשתות, מה גם שכיסויי פפאיות בעונת הקיץ בבקעת הירדן מלווה גם בכיסויי אבק, שצימצם את מעבר האור ולקח לעתים גם בבעיות אטיולוציה (הבהרה) עקב ירידה ברמת הכלורופיל בעלים והתארכות השתילים. גם טיפולי ההלבנה של הפפאיות בקאולין לא היו נקיים מבעיות ואחת הקשות הייתה עלייה באוכלוסיית האקריות, שמיצאו הגנה תחת מעטה הקאולין. כאמור, קאולין הוא אחד ממניירי החרסית המרכיבים את אבק הדרכים וגורם לעלייה מסיבית בגזירות בחרקים שונים כולל כנימות מן של צמחי מטע בצדי דרכים.

חוקרים כרגיל ממארים לפרסם הצלחות ונמנעים מפרסום תוצאות שכשלו. גם אנו נמנעו מלפרסם את הניסיון הרע שהצטבר בעניין פגעי האקריות שהופיעו בעקבות כיסוי שורות הפפאיה בקאולין.

יום אחד הביא מארה"ב עמיתנו, פרופ' אמנון ארז, את בשורת הקאולין כאמצעי למוניעת נזקי קרינה בעצי תפוח. החומר נוסה ונבדק לעניין זה גם בהדרים ואך מתגובות המדריכים עלה כי המלצתם הייתה ונותרה לא להשתמש בקאולין בגין פגיעת כנימות אדומות שצצו בכמויות, לדעתם לאחר שהקאולין הקריס סיליני פגע באויביהן הטבעיים.

ולסיכום ביניים של עניין זה, יש מקום לבחון האם שילוב של קאולין עם חומרי הדברה בשחרור איטי ואולי בתוספת בניסויים, ימנעו לא רק נזקי אקריות וכנימות אלא גם נזקי קרינה, שאת שלושתן לבטח נראה גם בשנים הבאות. יצוין כי המאמר העוסק בניסיון האמיר בפפאיה בבקעת הירדן פורסם במקורו ב-1992 (3).

מקורות

1. Yokomi R., Bar-Joseph M., Oldfield G., Gumpf D. (1981): A preliminary report of reduced infection by *Spiroplasma citri* and virescence in whitewash-treated periwinkle. *Phytopathology* 71: 914.
2. Bar-Joseph M., Frenkel H. (1983): Spraying citrus plants with kaolin suspensions reduces colonization by the spiraea aphid (*Aphis citricola* van der Goot). *Crop protection* 2: 371-374.
3. Franck A., Bar-Joseph M. (1992): Use of netting and whitewash spray to protect papaya plants against Nivum Haamir (NH)-dieback disease. *Crop Protection* 11: 525-528. ■

(*Catharanthus*) כאמצעי למוניעת העברה של מחלות בקט' ריאליות מסוג פטופלסמה וסיפורופלסמה - וד"ר יוקומי הע' מיד ניסוי שכזה, שתוצאותיו פורסמו בכנס השנתי הפיטופמולוגי באותה שנה (1). העבודה המקורית שלנו על אפקט הקאולין פורסמה רק כשנתיים מאוחר יותר (2).

ניסוי וטעייה

כרגיל, בעיות הגנת הצמח אינן נגמרות ובמרוצת 1982 הביא לידיעת ד"ר עודד ראובני ז"ל, מהחוקרים מהבולטים במכון למטעים במרכז וולקני, בעיה קשה בשטחי הפפאיה בתחנת גלגל בבקעת הירדן. היה שם אוסף גדול של זריעי פפאיה שנוסף בידי ד"ר ראובני וד"ר אורי לביא (יבדל"א) שכ-60% מהם נראו מתנוונים, כשכל הפרי שעליהם היה בלתי ראוי לשיווק. קיבלתי מעודד תיק ובו רשימות של חוקרים אוסטרליים שתיארו תופעה דומה אצלם אותה ייחסו לבעיות קר' קע. בחלקת הניסוי נמצאו שתילים אחדים שבשלב כלשהו בגידולם נקטמו או נפגמו והצמיחו מבסיסיהם שניים-שלושה גזעים חליפיים. במבט בוחן על השתילים הללו התברר כי רק חלק מהענפים בשתילים רבי גזע מראים את הסימפטומים של ניוון האמיר, מצב שתאם לניסיון שנצבר אצלנו לגבי עצי הדר חולי עלעלת: ידענו כי העלעלת מועברת באמצעות צייד קדוח וכי הדבקה מאוחרת תגביל את נזקיה לענפים בודדים בעץ הצעיר. תזמון הופעת הצמיחים החולים בחלקה רמז גם הוא לכיוון של בעיה הקשורה למועד ההפצה של וקטור מעו' פפ, ולא בעיה קרקעית.

לבחינת ההשערה לפיה קיימת כאן מעורבות של גורם מעביר מעופף הועמד שנה מאוחר יותר, ב-1983, ניסוי בו כוסו ברש' תות של 15, 30 ו-50% צל קבוצות גדולות של צמחי פפאיה. קבוצת צמחים אחת רוססה בקאולין, קבוצה אחרת קיבלה טיפול בקוטל חרקים סיסטמי חריף ונותרו חלקות בלתי מטו' פלות כביקורת. התברר כי כיסוי ברשת 30 ו-50% נתנה 100% הגנה ומונעה במבנים המכוסים הופעה של צמחים נגועים בניסיון אמיר. הרשת בצפיפות נמוכה של 15%, כמו גם טיפול ההלב' נה החוזר כל עשרה ימים, הורידו את שיעור הנגיעות בחלקות המטופלות לכדי 2%, לעומת 37% הדבקה בחלקות הביקורת. ניסוי זה היה מהפכני כיוון שהוכיח כי הגורם אינו קשור לבעיית קרקע וכי ניתן להפחית את הנגיעות בטיפול משקי: כיסוי בר' שת בצפיפות נמוכה. ואכן, בשלוש השנים העוקבות חלקות הפפאיה המסחריות בבקעה גודלו תחת סככות רשת, בדומה לשיטה המתקדמת לגידול בנות בארץ, שהוכנסה לשימוש כעשור מאוחר יותר.

טיפול הקאולין ועליית האקריות

לאחר פרק זמן השימוש ברשתות צל בשטחי הפפאיות