

פיתוח נשאים סינתטיים למיקרואורגניזמים מועילים לצמחים

מאת יואב בשן, חנה לבנוני, המחלקה לגנטיקה של צמחים, מכון ויצמן למדע, רחובות
מוקדש לזכרו של אבנר בשן ז"ל מזכרון-יעקב
שעודד עריכת מחקר זה ותמך בו

ברחבי העולם זה עשרות שנים, היקף השימוש בה משתנה בהתאם למחירי הדשנים בעולם. ביקטור זה נעשה בשני אפנים עיקריים: (1) ביקטור ישיר, חוץ שימוש בתרבות חידקים נחליות, הכולל טכניקות של טבילת הזרעים בתרבות החידקים, וטפטוף החידקים אל פני הקרקע או הצנעתם בפס הזריעה בעזרת מיחנקים שונים המורכבים על המזרעות החקלאיות. (2) שימוש באינקולנטים מוצקים (נשא + חידקים), המבוססים בעיקרם על חמרים אורגניים, ואשר הנפוץ מביניהם הוא הכבול לסוגיו השונים.

שתי השיטות כאחת אינן יקרות לייצור, ובעלות תוארית (פורמול-ציה) פשוטה הן לתעשייה והן לחקלאי המשתמש. אולם, הן בעלות חסרונות בסיסיים אחדים: חוסר אחידות של הנשא; ספיחה קבועה של המיקרואורגניזמים המוספים לנשא וכן שיחרור חידקים לא מבוקר; ניצול הנשא עצמו לאוכלוסיית הקרקע — כמזון; קושי בפיזור אחיד; אחסנת נפחים גדולים בקירור לזמנים קצרים יחסית (6).

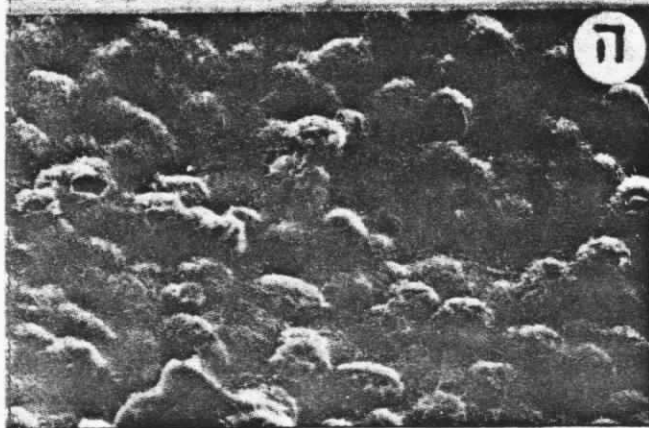
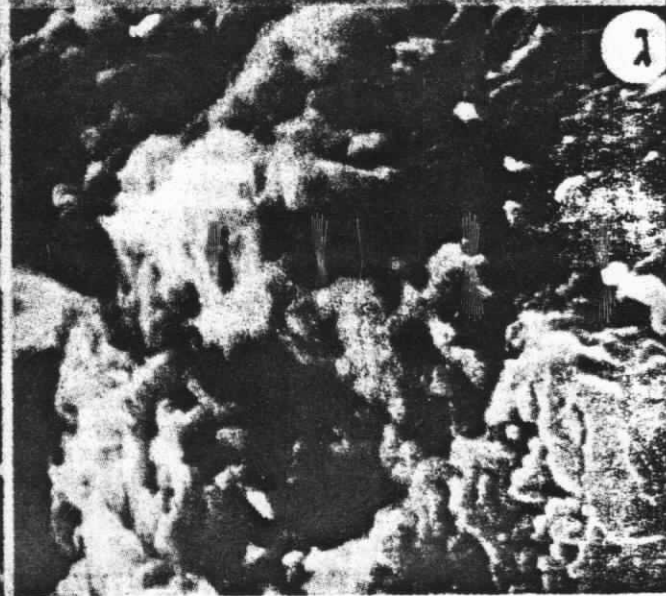
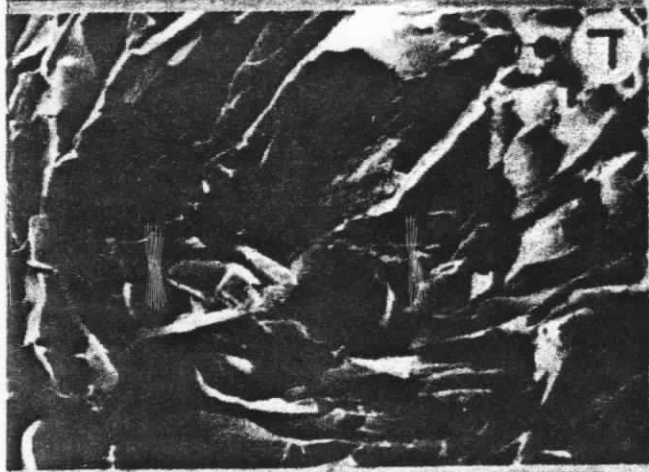
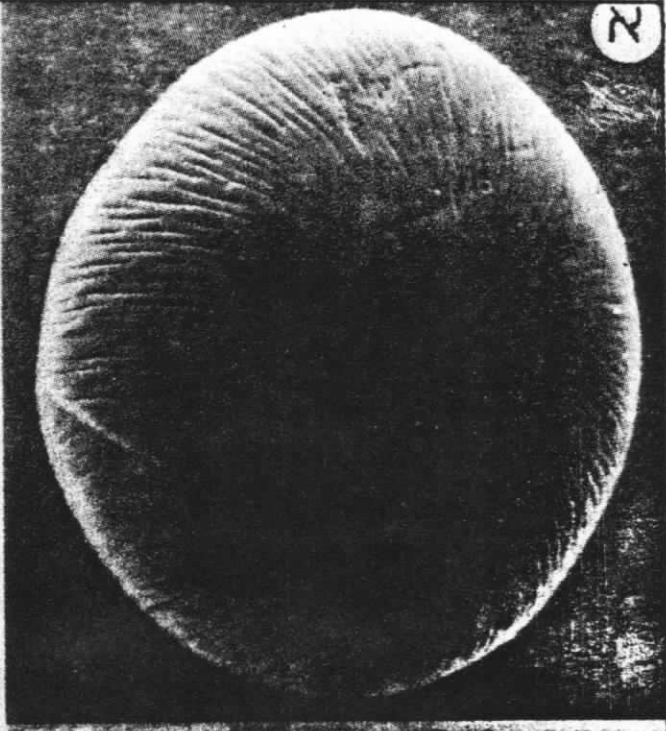
בעשור האחרון רבתה ההתעניינות בשימוש בכדוריות (beads) סינתטיות ללכידת (entrapment, encapsulation) מיקרואורגניזמים, תאים ואנזימים. הרעיון המרכזי הוא לשמר את האורגניזם הלכוד בתוך המעטה הפולימרי למשך זמן רב ככל האפשר, במטרה להפיק מוצרים שאותו מיקרואורגניזם או אנזים מייצר (4).

הוספת מיקרואורגניזמים לצמחים, הן כמשפרי יכול (growth promoters) והן כמדבירים ביולוגיים פוטנציאליים (biocontrol agents) היא גישה חדשה יחסית, ההולכת ותופסת מקום בחקלאות המודרנית. מספר רב של סוגי מיקרואורגניזמים מוספים לצמחים, וביניהם נכללים מינים שונים של חידקים ופטירות (1, 3, 5).

הוספת מיקרואורגניזמים לצמחים (המונח ביקטור מקובל במקרה של הוספת חידקים) היא תהליך מורכב ביותר, שלא כל שלביו ידועים. הבעיה מתמקדת בעיקר בהעברת חידקים חיים, בכמות מספקת וברמת חיות מרבית, לקרקע ולסביבת הצמח הקרובה. בסביבה זו עליהם להתחרות עם המיקרואורגניזמים המאכלסים באופן טבעי את הקרקע — על חמרי מזון הדולפים מהצמח, או עליהם להיות מסוגלים לתקוף בצורה יעילה את הפתוגן שנגדו הוספו.

הוספת תרבות חידקים (בפרט חידקי ריזוספירה) ללא נשא כלשהו לצמחים או לקרקע — אינה מעשית, נוכח השרידות המועטה של החידקים המוספים. לפיכך פותחו בעולם במהלך השנים סוגים רבים ושונים של נשאים (6), המהווים מיקרו-סביב נוח למיקרואורגניזמים המוספים. הם יכולים לשמש מצע מזון חלקי (food base), אפשר לפזרם באמצעים אגרוטכניים מקובלים, הם מצטיינים בכושר שימור אוכלוסיה גדולה ביותר של הפטריה או החידק הנמצא בתוכם לפרקי-זמן ארוכים יחסית.

דוגמה: הטכניקה של ביקטור קטניות בחידקי ריזוביום מקובלת



תמונה 1.

א - תצלום של כדורית בתום ייצורה (x 60), שנעשה במיקרוסקופ אלקטרוני סורק.
 ב - כדורית המכילה על פניה מיקרו־מושבות רבות של חידקים (חצים המסמנים גבשושיות, x 60).
 ג - מיקרו־מושבה בודדת על־פני הכדורית. חידקים רבים לכודים בתוך המעטה הפולימרי (x 2700).
 ד - חתך רוחב של כדורית יבשה המכילה חידקים, מדגים שכבות פנימיות רבות של פולימרים (x 110).
 ה - מיקרו־מושבות של חידקים מיובשים, הנמצאות בתוך שכבות הפולימרים הפנימיות של הכדורית ועל פניהן (x 1500).

(המשך בעמוד הבא)

פיתוח נשאים סינתטיים למיקרואורגניזמים מועילים לצמחים

(המשך מעמוד קודם)

שיחרורם של החידקים לתוך הקרקע אטי ומתאם לדרישות הצמח; הפולימר אינו מזהם סביבתי, הוא יבש לחלוטין, פשוט לייצור ולשימוש, וביקורת טיבו פשוטה ביותר. הכדוריות מוספות לזרעים בזמן הזריעה, תוך שימוש במכונות הזריעה המקובלות. החידקים המשתחררים מהכדוריות זמינים מיד לאיכלוס שרשי הצמחים, וכן אפשר לשמר כדוריות יבשות תקופות ממושכות ביותר, ללא צורך בקירור, ובנפחי אחסנה גדולים.

בניסויים בצמחי חיטה, הן בתנאים מבוקרים בעציצים והן בתנאי שדה, התברר שרמת הביקטור המתקבלת מהכדוריות הסינתטיות הללו דומה לזו המתקבלת משימוש באינוקולנטים קוננציונאליים; אולם אחת הצלחת הביקטור (אחוז הצמחים שלמעשה מאוכלסים בחידקים, לעומת אוכלוסיית הצמחים שבוקטרה למעשה) גדול בהרבה. מוצע שהכדוריות הללו יחליפו בעתיד, לאחר פיתוח תעשייתי, חלק מהאינר קולנטים האורגניים המקובלים בחקלאות, וכן, ששיטת ביקטור חדש-נית זו (2, 3, 5) תהווה פתח לגישות חדשות בחקר וביישום-בשדה של מיקרואורגניזמים מועילים לצמחים.

שימושים אפשריים לנשאים הסינתטיים שפיתחנו:

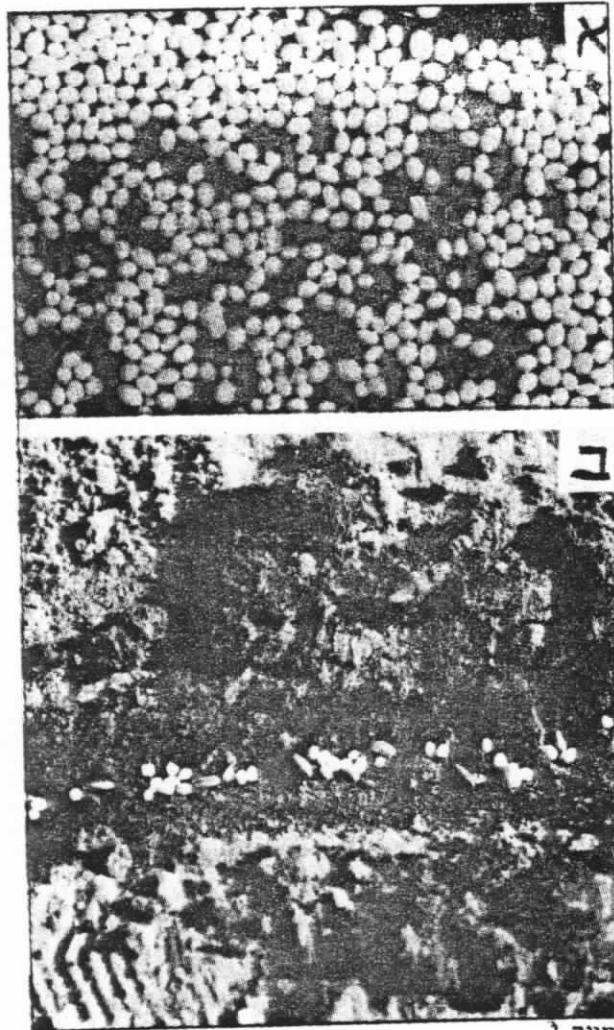
- ★ ביקטור צמחי קטניות בשדה בחידקים סימביוטיים מהסוג ריזוביום.
- ★ ביקטור ירקות ודגנים בשדה בחידקי ריזוספירה חפשיים, מהסוג גים אוספירילום ופסידומונאס.
- ★ הוספת חידקי פסידומונאס אנטאגוניסטים לפטריות — כמדבכי רים ביולוגיים של פטריות קרקע.
- ★ תעשיית התסיסה יכולה ללכוד מיקרואורגניזמים המייצרים מוצרי-רים מועילים כגון כהלים, הורמונים, חמרי טעם וריח — ולהפיק מוצרים אלה בפרמנטורים, לזמן ממושך ביותר.
- ★ ריאגנטים ביולוגיים לשימוש מעבדתי או תעשייתי של מיקרואורגניזמים קשי-גדילה או אטי-גדילה.

הבעת תודה

תודתנו לפרופ' שלמה מרגל מהמחלקה לחקר חמרים ולפרופ' משה פלדמן מהמחלקה לגנטיקה של צמחים, מכון ויצמן למדע — על עצותיהם; לדי"ר אוגניה קליין — על עזרתה במיקרוסקופיה אלקטרונית, ולאורית זיו ולדורי פילון — על עזרתן בייצור הכדוריות ובבדיקת כשרן לבקטור צמחים.

ספרות

1. קפולניק י., שריג ש., נור י., אוקון י. (1982): ביקטור חיטה בחידקי אוספירילום משפיע לטובה על התפתחותה ועל יכולת "השדה" ס"ב: 2136—2139.
2. Bashan, Y. (1986). Appl. Environ. Microbiol. 51: 1089—1098.
3. Fravel, D.R., j.j, Marois, R.D. Lumsden and W.j. Connick, Jr. (1985). Phytopathology 75: 774—777.
4. Fukui, S. and A. Tanaka (1982). Annu. Rev. Microbiol. 36: 145—172.
5. Jung, G., J. Mugnier, H.G. Diem and Y.R Dommergues (1882). Plant Soil 65: 219—231.
6. Thompson, J.A. (1980). In: Methods of evaluating biological nitrogen fixation, ed. F.J. Bergersen, pp. 489—533. John Wiley & Sons, N.Y.



תמונה 2.

א — נשאים סינתטיים יבשים המכילים חידקים מועילים לצמחים, מעורבים עם זרעי חיטה לפני הזריעה. ב — פיזור מכני של כדוריות בפס הזריעה, יחד עם זרעי חיטה.

בהתבסס על העיקרון של היות כדורית כזאת מקור לחידקים מועילים — פותחו בשנים האחרונות במעבדתנו כדוריות סינתטיות, המורכבות בעיקר מסודיום-אליגנט (2)*. תכונותיהן העיקריות הן: אפשרות אחסנת כמות גדולה מאוד של חידקים חיים בתוך מעטה פולימרי;

* הוגשה בקשה לפטנט מס' 775אא.