

הדברה סימביוטית - שיטה חדשנית להדברת פגעים באמצעות חידקים סימביונטיים



יובל גוטליב / המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
עינת צחורי-פיין / המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער

הסימביונטים הראשוניים. סימביונטים אלה מספקים לפונדקאיהם רכיבי מזון חיוניים כגון ויטמינים או חומצות אמינו. לעומת זאת, את הסימביונטים השניוניים ניתן למצוא בקבוצות חרקים רבות, הניזונות ממגוון רחב של מקורות מזון, והם משפיעים על הפונדקאי באופן שיגביר את הישרדותם והפצתם. כך למשל, דווח כי בכנימת עלה האפון מקנה החידק *Hamiltonella* הגנה מפני טפילים (Oliver et al., 2003), והחידק *Serratia* משפר את כושר העמידות בתנאי חום גבוה (Montllor et al., 2002). בכנימה זאת מקנה החידק *Regiella* עמידות בפני פטריות תוקפות חרקים, מאפשר ניצולם של סוגים שונים של צמחים פונדקאים ואף משפיע על הופעת המופע המכוף והרבייה המינית (Tsuchida et al., 2002; Leonardo & Mondor, 2006; Scarborough et al., 2005).

מספר סימביונטים שניוניים משפיעים על היבטים שונים של הרבייה בחרקים על-מנת להגביר את תפוצתם באוכלוסיה. חידקים כגון *Wolbachia*, *Rickettsia* ו-*Cardinium* מועברים מאימהות לצאצאיהן ואופן השפעתם על הרבייה מכוון ליצירת כמה שיותר נקבות עם סימביונטים (נשאות).

חידקים סימביונטיים בחרקים

חידקים סימביונטיים מצויים בתוך גופם של מיני חרקים רבים בעלי חשיבות חקלאית וכלכלית. חידקים אלה נחלקים לשתי קבוצות:

1. סימביונטים ראשוניים - חידקים הכרחיים להתפתחות ולהישרדות החרק;
2. סימביונטים שניוניים - חידקים השוכנים בחרק בתדירויות משתנות ובדרך-כלל אינם הכרחיים להישרדותו. בנוסף, חרקים רבים מעבירים בגופם מחוללי מחלות צמחים כגון וירוסים, פטריות וחידקים.

הסימביונטים הראשוניים מקיימים יחסי גומלין הדוקים וייחודיים עם חרקים הניזונים ממקור מזון בלתי מאוזן כגון מוהל צמחים, עץ או דם. כחלק ממערכת היחסים ארוכת השנים התפתחו בחרקים אלה אברונים מיוחדים הקרויים בקטריומים, ובהם שוכנים

הציקדה *Hyalesthes obsoletus* Signoret על רקע נפן גנועה
צילמה: תרצה זהבי



האגרונומים של דשנים מקצוענים/אשראכמו

אנשי המקצוע הטובים והמנוסים ביותר בתחומם עומדים לשרותכם ביעוץ, תמיכה ובמתן פתרונות יצירתיים בשטח. בכל בעיה, שאלה או מקום, האגרונומים של דשנים מביאים אליכם את המוצרים הטובים ביותר, בזמן ובמינון הנכונים ביותר.

מקצוענים עד הסוף. בשבילכם.

להדרכה ויעוץ:

המחלקה החקלאית והאגרונום האזורי שלך.
1-800-77-88-77, 04-8468178-9



60 שנה של בנייה



דשנים וחמרים כימיים בע"מ

הזמנות: 1-800-77-88-77

ח.ד. 1428, חיפה 31013

טל. 04-8468178/9 פקס. 04-8468296

Email: deshanim@netvision.co.il

www.deshanim.co.il



כיל דשנים

הדברה סימביוטית

הדברה סימביוטית (Symbiotic control) מוגדרת כשימוש בסימביונטים להדברת מזיקים ומניעת העברה של מחלות על ידם. בשיטה זו ניתן להשתמש בסימביונט עצמו או להנדסו מבחינה גנטית כך שישפיע רק על מחולל המחלה (לדוגמה, חיידק אחר) השוכן בגוף החרק. בהשוואה לשימוש בתכשירי הדברה מיקרוביאליים, ההדברה הסימביוטית סלקטיבית יותר ובעלת פחות תופעות לוואי.

הנדסה גנטית של החיידקים הסימביונטים נעשית באמצעות פרטראנסגנזה (Paratransgenesis) - שינוי גנטי של החיידקים הסימביונטים שכתוצאה ממנו החיידק מייצר חומרים נגד מחוללי מחלות בצמחים ובעלי חיים, או שהחיידק מסוגל להתחרות בהצלחה במחוללי המחלות ולתפוס את מקומם. המפתח לשיטה זו הוא מציאת סימביונט שיש לו הן יחסי הדדיות עם החרק הנושא אותו והן גישה למזיק או לפתוגן המועבר דרכו. כיום קיימים מספר מיזמים הפועלים בשיטה זו כנגד מחלות צמחים, מזיקים ומחלות בבני-אדם. להלן דוגמאות של פיתוח הדברה סימביוטית באמצעות פרטראנסגנזה הנמצאות בשלבי התקדמות שונים:

1. מחלת פירס בגפן (Pierce's disease): מחלה זו נגרמת על-ידי החיידק *Xylella fastidiosa*, הנישא על-ידי ציקדות כגון *Homalodisca coagulata*, הניזונות מעצת הגפן. בזמן ההזנה החיידק עובר מהציקדה אל העצה, מתרבה ומונע מעבר מים, מה שגורם בסופו של תהליך לתמותת הגפן. כדי להדביר את החיידק הפתוגני ניתן להשתמש בחיידק סימביונט של הציקדה ולהנדסו גנטית כך שיייצר חומרים אנטי-פתוגניים. החיידק *Alcaligenes xylosoxidans* var. *denitrificans* נמצא באותו אזור בגוף הציקדה בו נמצא הפתוגן, והוא הונדס גנטית כך שיכיל גן שתוצרו קטלני למחולל המחלה בגפן. בניסוי מעבדה ושדה הוכח כי הסימביונט המהונדס משמיד את הפתוגן. הסימביונט המהונדס עצמו אינו עובר לגפן או שורד בקרקע, ואינו מסוגל להתחרות באוכלוסיית הסימביונטים הטבעית של הציקדה. שיטה זו יכולה לתגבר שיטות קיימות שאינן עומדות בסף הכלכלי הנדרש, כמו הדברה כימית וביוולוגית של הציקדה (Miller, 2004).

2. מחלת הצהבון בגפן (Flavescence doree): מחלה הנגרמת על-ידי פיטופלסמה ומועברת בלעדית על-ידי הציקדה *Scaphoideus titanus*. לאחרונה נתגלה בציקדה סימביונט מסוג *Cardinium*, שמלבד נוכחותו בשחלות החרק, מה שהכרחי להעברתו לדור הבא, הוא נמצא גם בגופי השומן ובלוטות הרוק, מקומות בהם שוכנת הפיטופלסמה. בימים אלה נבדקת האפשרות להשתמש ב-*Cardinium* להדברת הפיטופלסמה או להדברת הציקדה (Marzorati et al., 2006).

הפוטנציאל לשימוש בסימביונטים תוך-תאיים להדברה סימביוטית

ולבניה (Wolbachia) הינו סוג של חיידק תוך-תאי המצוי בכ-20% מהחרקים, בפרוקי רגליים אחרים ובנמטודות. בחרקים ידועות

סיכום

בשונה מהדברה מיקרוביאלית, בה מיושמים מיקרואורגניזמים כקוטלי חרקים טבעיים, בהדברה סימביוטית החידקים הסימביונטיים, בין אם עברו שינוי ובין אם הוחדרו לנשאים חדשים, פועלים במערכת טבעית וספציפית עם החרק הנושא אותם. עיקר חשיבותה של השיטה הוא במקרים בהם בעיות חקלאיות ורפואיות אינן מוצאות מענה בשיטות ההדברה השונות הקיימות. מכיוון ששיטה זו עדיין בחיתוליה, הדוגמאות לה מועטות ומערכות הרישוי והבקרה מבטלות מאוד את יישומה. על-מנת להניח את בסיס הידע ההכרחי לפיתוחה והבטוחה ביותר, ועל-מנת להניח את בסיס הידע ההכרחי לפיתוחה העתידי, ישנה חשיבות ראשונה במעלה למחקר בסיסי מקיף בנושאי יחסי פונדקאי-סימביונט בחרקים מזיקים, שיטות מולקולריות לחידקים מהונדסים גנטית ויישומי סימביונטים כאלה במערכות טבעיות.

תודה

תודה לקרן ישראל-צרפת, המממנת את עבודתה של יובל גוטליב

רשימת ספרות

1. Leonardo T.E., Mondor E.B. (2006): Symbiont modifies host life-history traits that affect gene flow. *Proc. R. Soc. Lond. B* 273, 1079-1084.
2. Marzorati M., Alma A., Sacchi L. et al. (2006): A novel bacteroidetes symbiont is localized in *Scaphoideus titanus*, the insect vector of *Flavescence Dore* in *Vitis vinifera*. *Appl. Environ. Microbiol.* 72: 1467-1475.
3. Miller Thomas A. (2004): Designing insects. *Action Bioscience.org* original article.
4. Mondlor C.B., Maxmen A., Purcell A.H. (2002): Facultative bacterial endosymbionts benefit pea aphids *Acyrtosiphon pisum* under heat stress. *Ecol. Entomol.* 27, 189-195.
5. Oliver K.M., Russell J.A., Moran N.A., Hunter M.S. (2003): Facultative bacterial symbionts in aphids confer resistance to parasitic wasps. *Proc. Nat. Acad. Sci. US* 100, 1803-1807.
6. Scarborough C.L., Ferrari J., Godfray H.C.J. (2005): Aphid protected from pathogen by endosymbiont. *Science* 310, 1781-1781.
7. Sinkins S.P., O'Neill S.L. (2000): *Wolbachia* as a vehicle to modify insect populations. In: Handler, A.M., James, A.A. eds. *Insect transgenesis: methods and applications*. Boca Raton, FL: CRC Press LLC. pp. 271-286.
8. Tsuchida T., Koga R., Shibao H., Matsumoto T., Fukatsu T. (2002): Diversity and geographic distribution of secondary endosymbiotic bacteria in natural populations of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Mol. Ecol.* 11, 2123-2135.
9. Zabalou S., Riegler M., Theodorakopoulou M., Stauffer C., Savakis C., Bourtzis K. (2004): *Wolbachia*-induced cytoplasmic incompatibility as a means for insect pest population control. *Proc. Nat. Acad. Sci. US* 101: 15042-15045.

אתר מומלץ לנושאי הדברה סימביוטית:

<http://www.symbiosis.ucr.edu>

מספר השפעות שיש לוולבכיה על אופן הרבייה של הפונדקאי הנושא אותו. וולבכיה מועבר אנכית מאם נשאית לצאצאיה דרך ציטופלסמת הביצה, ומכאן שהתפשטותו תלויה במספר הנקבות הנשאיות באוכלוסיה. כדי להשיג התפשטות מואצת של וולבכיה באוכלוסיה, קיימות ארבע אסטרטגיות עיקריות:

1. הנקבה (*feminization*): נוכחות וולבכיה גורמת לזכרים גנטיים להתפתח לנקבות פעילות. סרטנים יבשתיים הם הנשאים העיקריים בהם מוכרת תופעה זו;
2. השריה של רביית בתולין (*parthenogenesis*): נקבות מייצרות צאצאים ממין נקבה בלא הפריה על-ידי זכרים. פנוטיפ זה ידוע רק במינים שבהם קיימת קביעת זוויג הפלו-דיפלואידית (כלומר, זכרים הם בעלי סט כרומוזומים יחיד והם מתפתחים מביצים בלתי מופרות, ונקבות נושאות סט כרומוזומים כפול ומתפתחות מביצים מופרות);
3. הרג סלקטיבי של עוברים זכרים (*male killing*);
4. אי-התאמה ציטופלזמית (*cytoplasmic-incompatibility*): זו מתקיימת כאשר זכר הנושא את החידק מפרה נקבה שאינה נשאית. כתוצאה מהפריה זו לא יתפתח עובר. בחרקים רבים שנלמדו ניתן "לרפא" את החרק מהסימביונט באמצעות טיפול אנטיביוטי, או להעבירו לחרקים נשאים חדשים על-ידי הזרקה. הגדסה גנטית של וולבכיה אינה אפשרית מכיוון שלא ניתן כיום לגדלו בתרבית כדי ליצור בו שינויים.

כיצד ניתן להשתמש בוולבכיה להדברה סימביוטית?

מכיוון שהדברה סימביוטית היא תחום הנמצא עדיין בשלבי התפתחות ראשוניים, הדוגמאות לשימוש עתידי בה נמצאות בשלבי מחקר שונים ואף אחת מהן עדיין אינה מיושמת הלכה למעשה. להלן שתי דוגמאות שיישומן נראה אפשרי בטווח הנראה לעין:

1. הדברה של זבוב הים התיכון: במעבדה ביוון הצליחו החוקרים להעביר את הסימביונט וולבכיה מזבוב הדובדבן *Rhagoletis cerasi* לזבוב הים התיכון *Ceratitis capitata* בעזרת טיפולי הזרקה. לאחר ההעברה התברר כי וולבכיה גורם לאי-התאמה ציטופלזמית מוחלטת בפונדקאי החדש. כלומר, הזדווגות של זכרים נשאי וולבכיה עם נקבות הבר, שאינן נושאות את החידק, גורמת להטלת ביצים עקרות. ניתן על-כן לשחרר זכרים נשאים שיתחרו בהצלחה בזכרי הבר, בדומה לשיטת הזכרים העקרים, אך ללא פגיעה באיכות הזכרים (Zabalou et al., 2004).
2. הפחתת הסיכוי לחלות בקדחת דנגי (*Dengue fever*): בזבוב התסיסה דרוזופילה קיים זן של וולבכיה הקרוי 'popcorn', הגורם לתמותת הזבוב בגיל צעיר, אך עדיין בוגר מספיק בשביל להעמיד צאצאים נשאים. ביתושים מסוג *Aedes*, המעבירים את וירוס *Dengue*, עולה כמות הווירוס עם גיל היתושה, כך שאם מדביקים אוכלוסיית יתושים בזן זה של וולבכיה ניתן להפחית את רמת ההעברה של הווירוס (Sinkins and O'Neill, 2000).