

הפקת DNA מחרקים – למורה

הקובץ כולל הקדמה, הערות לגבי שיעורי הכנה וביצוע הניסוי ותשובות לשאלות שבדפי התלמיד.

תמצית מידע על הניסוי:	הכרת השיטה להפקת DNA מחרקים.
מתאים לנושאים בתכנית הלימודים:	• אקולוגיה- יחסי גומלין. • תהליכים אבולוציוניים. • מבנה התא האוקריוטי והפרוקריוטי, מבנה ה-DNA, הכפלת DNA, מ-DNA לחלבון
מתאים לתלמידים:	בחיבה העליונה (כיתות יא, יב)
ידע קודם נדרש:	1. אקולוגיה: יחסי גומלין 2. מבנה תא אוקריוטי ופרוקריוטי
הזמן הנדרש:	• 2 שיעורים הכנה להיכרות עם פרוייקט הוולבכיה וחשיבותו, הבנת עקרונות השיטה להפקת DNA. • שיעור לביצוע הפקת ה-DNA מ-7 חרקים.
אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה:	• העלאת שאלות מחקר אפשריות הקשורות לפרוייקט הוולבכיה או מבוססות על שיטה זו להפקת DNA. • ניסוח השערות • הסבר חשיבותה של בקרה
מיומנויות טכניות נדרשות	• שימוש במיקרופיפטור

מטרות הניסוי

1. בניסוי זה התלמידים יכירו שיטה פשוטה להפקת DNA בעזרת בופר ואנזים פרוטואינאז קינאז.
2. התלמידים יכירו את העקרונות עליהם מבוססת השיטה להפרדת ה-DNA משאר רכיבי התא.
3. התלמידים יבינו מהי חשיבות הבקרה החיובית והשלילית של זבובי הדרוזופילה כאמצעי השוואה וזיהוי ברמה המולקולרית.
4. התלמידים יחשפו לפרוייקט הוולבכיה העולמי וחשיבותו.

נהלי בטיחות

- במהלך העבודה המעשית יש להשתמש בכפפות, חלוק ובמשקפי מגן.
- יש לנקוט משנה זהירות בעת עבודה עם ציוד חשמלי. הפעלת הצנטריפוגה תעשה בכל פעם רק לאחר אישור המורה שבדק שמהבחינות בצנטריפוגה מאוזנות מבחינת נפח הנוזלים בהן.
- יש להקפיד על שטיפת ידיים לאחר טיפול בחומרים ביולוגיים או ריאגנטים.
- בתום הניסוי יש להקפיד על טיפול נאות על - פי כללי הבטיחות והנחיות [בחוזרי הבטיחות](#) המתפרסמים באתר מפמ"ר ביולוגיה ולעבוד על פי ההנחיות שהתפרסמו בהם ("חוזר המנכ"ל החדש והמעודכן לבטיחות במעבדה מרץ 2015", "הנחיות לשמירה על בטיחות בעבודה במעבדה לביולוגיה", "עבודה במעבדה במיקרוביולוגיה") טיפול בריאגנטים וג'לים המכילים שאריות DNA של יצורים חיים.

הערות:

- איסוף החרקים יכול להיעשות בעזרת רשתות או מלכודות פרומונים. יש לצלם את החרקים שנאספו ולהגדיר אותם. ניתן להעזר במגדיר החרקים או בעמותה האנטומולוגית.
- יש לשמר את החרק בצורה נאותה עד למועד הפקת ה-DNA באמצעות הקפאה או השרייה שלו במבחנה עם אתנול 95%. חשוב לתעד את שם החרק, מועד האיסוף ומיקומו.

שיעורי הכנה לפני ביצוע הניסוי

מטרות שיעורי ההכנה לניסוי הן להקנות לתלמיד ידע בסיסי שיסייע לו להבין את מהלך העבודה, לבצע את הניסוי ולפרש את תוצאותיו.

הערות לגבי ביצוע הניסוי:

ארגון הכיתה:

הציוד והחומרים שיופקו לבית הספר על ידי המרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי הספר מיועדים ל- 24-32 תלמידים שיעבדו בשני סבבים (בכל סבב 4 קבוצות המונות 2-4 תלמידים).

מידע אודות מהלך הניסוי

תהליך פירוק התאים

החרקים מהם מופק DNA נשמרים באתנול או בהקפאה. בעזרת מגבונים מסוג kimwipes התלמידים יספגו היטב את האתנול מהחרקים.

במידה והחרק אותו אספו בקרבת בית ספר ארוך מ- 2 מ"מ יהיה עליהם להפריד את הגונדות שלו לצורך הפקת ה-DNA. החרק השלם או גונדות שלו (בחרקים גדולים) מועבר למבחנה ובה תמיסת בופר ליזיס GST. הבופר מורכב EDTA, Tris-Cl, NaCl.

תמיסת בופר היא תמיסה בה נשמרת דרגת pH קבועה בעת הוספת כמויות לא גדולות של חומצה או של בסיס.

שמירה על טווח pH יציב, מאפשר את קיומם של תהליכים ביולוגיים בתאים כגון תהליכים אנזימטיים. בנוסף תמיסת הבופר שומרת על שלמות מולקולת ה-DNA שרגיש מאוד לשינויים בדרגת pH. רכיב ה-EDTA גורם לפגיעה בשלמות קרומי התאים וקרומי האברונים. יציבות הקרומים מושגת באמצעות קשירת יונים חיוביים דו ערכיים כגון סידן ומגנזיום לקרום התא. ה-EDTA קושר אליו את היונים החיוביים וכך גורם לערעור מבנה הקרומים.

תפקידו העיקרי של רכיב ה-Tris-Cl הוא לשמש כבופר (ראו חשיבותו בהסבר לעיל), אך בנוסף הוא נקשר לליפופוליסכרידים¹ בקרומי החיידק וגורם לערעור של המבנה היציב שלו ולפגיעה בשלמות תא החיידק. בתמיסת הבופר ריכוז ה-NaCl גבוה מאוד. ריכוז זה משנה את מסיסות החלבונים בתאים, וכן המבנה המרחבי שלהם משתנה. חלבונים בקרומים, חלבונים בציטופלסמה וחלבונים מסביב ל-DNA מאבדים את תכונת המסיסות בנוזלי התאים ומתחילים לשקוע, תופעה המכונה "salting out". בעקבות פירוק התאים מתעוררת בעיה שה-DNA שהיה מוגן בתוך הגרעין על ידי קרום הגרעין הבררני (בחרק), נחשף לחלבונים שונים במיצוי רקמות החרק כמו נוקלאזות שונות ולכן מוסיפים את האנזים **פרוטואינאז קינאז** הגורם לדנטורציה ולפירוק החלבונים לפפטידים קצרים וחומצות אמיניות ושומר על שלמות ה-DNA.

בתום שלב זה ניתן לאחסן את ה-DNA במקפיא בטמפ' של -20°C עד לביצוע תהליך ההגברה ב-PCR.

¹ ליפופוליסכריד- מולקולה הנמצאת בקרום התא של חיידק גראם שליליים ותורמת למבנה היציב של הקרום, משמשת אף כאנדוטוקסין (רעלן שמפרש בעת מות החיידק) ויוצרת תגובה חיסונית אצל בע"ח.

שאלות לתלמידים ותשובות

1. תארו בקצרה את השלבים שיש לבצע על מנת לבדוד את ה-DNA שבתאי חרק ולהפרידו משאר מרכיבי התא (אין צורך לציין שמות חומרים).

- הסבירו מהם העקרונות עליהם מבוססת השיטה להפרדת DNA משאר חלקי התא.

השיטה כוללת 3 שלבים עיקריים: הרס התאים, הפרדת ה-DNA משאר חלקי התא הפרדת ה-DNA משאר חלקי התא מבוססת על כך.

2. אלו מהחומרים המצויים בתא יכולים להפריע בתהליך הפקת ה-DNA.

בתא יש נוקלאזות שהם אנזימים מפרקי DNA. כל עוד התא שלם וקרום הגרעין שלם. יש הפרדה בין מיקום הנוקלאזות בתא לבין ה-DNA אך ברגע שיש הרס של התא, תוכן התא מתערבב והנוקלאזות עלולות לפגוע במולקולות ה-DNA.

3. מה היתה מטרת ההפקה של ה-DNA בניסוי שערכת? מה יהיה הצעד הבא שבו תפעל על מנת לקבוע את שכיחות הימצאות חיידק הוולבכיה בבית גידול מסוים בקרבת בית הספר שלך?

רצינו לבדוק אם חרק שנאסף בקרבת בית הספר הוא חרק המודבק בחיידק הוולבכיה. בהמשך נגביר גן ייחודי לחיידק וגן ייחודי לחרק באמצעות מכשיר ה-PCR ונריץ את מקטעי ה-DNA האלה בג'ל מול בקרה של DNA של חרק ידוע המודבק בוולבכיה.

4. מדענים מנסים לקבוע את זהותו של נגיף שפעת התוקף תאים ממערכת הנשימה של אדם. הציעו שיטה באמצעותה תוכלו לקבוע:

- האם הרקמות מודבקות בנגיף?

- האם זהו נגיף ידוע או שמדובר בנגיף שהתגלה לראשונה?

השיטה מבוססת על תהליך הפקת DNA מתאים שחושדים שנדבקו בנגיף והפקת DNA מתאים שבוודאות הודבקו בנגיף.

הגברת ה-DNA (הגברת הגן המאפיין רק את הנגיף) באמצעות מכשיר ה-PCR והרצת דגימות ה-DNA בג'ל מאפשרות לזהות אם הגן המסוים של הנגיף קיים ברקמה החשודה בהדבקות.

5. בפרוייקט הוולבכיה משתתפים תלמידים מבתי ספר ברחבי העולם. מהי לדעתכם החשיבות של פרוייקט זה?

לפרוייקט הוולבכיה שמתקיים במקומות שונים בעולם חשיבות רבה. התברר למשל שחרקים המודבקים בחיידק זה ומתקיימים ביניהם יחסי גומלין של הדדיות. הסיכוי שלהם להדבק בנגיפים גורמי מחלות כמו נגיף הזיקה יורד בשיעור ניכר.

נספח

פרוייקט וולבכיה העולמי

וולבכיה הוא חיידק צוותאי (המקיים סימביוזה) הנפוץ בעולם, גרם שלילי שאינו יכול להתרבות שלא בתוך תאי מאכסן. התאמת החיידק לחרקים נמשכה במשך מיליוני שנות אבולוציה והשפעתו על חיי החרקים מגוונת. החיידק נמצא בביצים, באברי הרבייה של החרקים ומספרו עולה לקראת ההגחה. הוולבכיה גורם בחרקים למניפולציות רבייתיות, מסייע בהשלמת התזונה, מסייע לחרק להתמודד בתנאי עקה ועוד. אחת התופעות המניפולציות הרבייתיות הנפוצות מתבטאות באי התאמה ציטופלסמטית

רביית בתולין, הנקבה (זכרים גנטית הופכים לנקבות פנוטיפיות) והרג של עוברים זכרים (יתרון - יתרון למודבק וולבכיה: הקצאת משאבים מבנים לבנות מודבקות, עליה בכשירות, המנעות מזיווג שארים.

השלמת תזונה- ויטמין B, חיוני להתפתחות שחלות תקינות

Wolbachia - מאנדוסימביוזה הדדית להתהוות מינים חדשים

מאת: ד"ר דרור בר-נר

פורסם ב"גליליאו" גיליון 127, עמ' 92-96, מרץ 2009.

השנה אנו חוגגים 200 שנה להולדתו של צ'רלס דארווין ו-150 שנה לצאת ספרו המפורסם, מוצא המינים. בהזדמנות זו אציג במדור את אחד הגורמים להופעת מינים חדשים, בעיקר של חרקים, אך גם של חסרי-חוליות אחרים.

סימביוזה - חיי שיתוף של שני יצורים שונים (או יותר) - היא תופעה נפוצה מאוד בעולם החי. כאשר אחד מהסימביונטים חי בתוך גופו של הסימביונט האחר, אנו מגדירים זאת כאנדוסימביוזה. סימביוזה יכולה להיות הדדית, שבה כל אחד מהשותפים נהנה ממנה; קומנסלית, כלומר נייטרלית לגבי אחד מהשותפים; או טפילית, שבה אחד השותפים נהנה והשני ניזוק. מאחר וקיימות צורות ביניים שונות, לעתים אי אפשר להגדיר בדיוק את מהות הסימביוזה.

חיידקים רבים הם אנדוסימביונטים של יצורים רבים ושונים והרחבנו על-כך במדורים הקודמים, שם הדגשנו את חשיבותם ותרומתם למאכסניהם ("אם אין לי, חיידקים לי", "גליליאו" 116; "ממה ניזונים אוכלי הצמחים" "גליליאו" 117). הפעם נכיר חיידקים שהם אנדוסימביונטים תוך תאיים הגורמים למאכסניהם תופעות לוואי מיוחדות.

בשנת 1924 גילה סמואל ברט וולבר (Wolbach), עם מרשל הרטיג (Hertig), חיידקים קטנים יחסית, החיים כטפילים תוך תאיים במערכת הרבייה של היתוש המצוי (*Culex pipiens*). ברבות הימים נקראו חיידקים אלה גם על שם וולבר (שם הסוג) וגם על-שם היתוש (שם המין): *Wolbachia pipientis*. חיידקים אלה, מרגע שהתמקמו בתאי הביצה של יתושה, הועברו לכל צאצאיה (כפי שמועברים מיטוכונדריונים). מאז נמצאו זנים שונים של חיידקים אלה במערכות הרבייה של פרוקי רגליים שונים: בחרקים, בסרטנים ירודים (isopods), באקריות (mites) ואף בתולעים חוטיות (filarial nematodes). מהות הסימביוזה של חיידקי *Wolbachia* משתנה ממאכסן למאכסן - מסימביוזה הדדית ועד טפילות מוחלטת שמשפיעה על המאכסן במגוון צורות.



צילום במיקרוסקופ אלקטרוני של *Wolbachia* בתוך תא של חרק.

מקור: [PLOS biology](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015596), courtesy of Scott O'Neill

Wolbachia pipientis - תעודת זהות

חיידקי *Wolbachia* הם מתגים קטנים, נפוצים מאוד, השייכים לסדרת הריקציות (Rickettsiales) בתת-חטיבה אלפא של הפרוטאובקטריה (ובה גם אביו הקדמון של המיטוכונדריון). זו סדרה שבה כל החיידקים הם טפילים תוך תאיים, שאינם יכולים להתרבות שלא בתוך תאי המאכסן. כיום מוכרים שמונה שבטים שונים של *Wolbachia*. שניים מהם מתקיימים רק בתולעים ואילו ששת האחרים בפרוקי רגליים שונים. עדיין אין הסכמה לגבי הטקסונומיה שלהם - האם מדובר בזנים שונים של אותו מין, או במינים שונים מאותו סוג. אורך הגנום משתנה בין 1.08-1.7 מיליון נוקלאוטידים. עד היום נקבע רצף הנוקלאוטידים של שני זנים: האנדוסימביוטים של זבוב התסיסה (*Drosophila melanogaster*) ושל התולעת החוטית *Brugia malayi*.

סימביוזה הדדית - בתולעים חוטיות

בתולעים חוטיות, כל חיידקי ה-*Wolbachia* המוכרים הם סימביונטים שנהנים מבית גידול מוגן, והכרחיים למאכסן שלהם הזקוק להם לצורך גידולו. בלי הסימביונטים אין התולעים החוטיות מתפתחות היטב וכמעט שאינן מתרבות. כל התולעים החוטיות הגורמות למחלות באדם, ורבות מאלה הגורמות למחלות ביונקים אחרים, מאוכלסות בחיידקי *Wolbachia*. רק בשתי תולעים חוטיות לא נמצאו חיידקי *Wolbachia*: אחת שגורמת למחלה במכרסמים ואחרת שגורמת למחלה בצבאים. במחלת עיוורון הנהרות (ראו מסגרת) הוכח שהתגובה הדלקתית המאפיינת את המחלה נגרמת על-ידי החיידקים הסימביונטים של התולעים ולא על-ידי התולעים עצמן - אך החיידקים אינם גורמים לתגובה דלקתית אם הוחדרו למאכסן ללא התולעים. כיום נבדקת האפשרות לטפל בבני-אדם חולי Filariasis (ראו מסגרת) בחומרים אנטיביוטיים. הפגיעה בחיידקים אמורה לפגום בהתפתחות התולעים ובהתרבותן. ניסויים שנערכו ב-2005 בחולי פיילת (Elephantiasis) הראו שלאחר כחודשיים של טיפול אנטיביוטי לא היו בדם פגיות חדשות, ואף שהחולים לא החלימו, זה מנע מהם לשמש כמקור להדבקת חולים חדשים.

מעקיצות למחלות: פילאריזיס

ישנן כמה תולעים חוטיות הגורמות למחלות בבני אדם וביונקים אחרים. התולעים הבוגרות מתרבות במאכסן האנושי על-ידי השרצת פגיות קטנות (מיקרופילריות), ואלה מועברות באמצעות חרקים עוקצים ממאכסן למאכסן. המחלות הנגרמות על-ידי תולעים אלה מכונות בשם הכולל פילאריזיס (Filariasis). באדם מוכרות שלוש מחלות עיקריות:

- פילריאזיס לימפטי:** מחלת הפיל או פיילת (Elephantiasis). במחלה זו מעביר יתוש את פגיות התולעים, המתרבות במערכת הלימפה של האדם העקוץ וחיות שם. ישנם שלושה מיני תולעים חוטיות השוכנות במיליוני בני אדם מודבקים. התולעת *Wuchereria bancrofti* חיה בתוך גופם של מעל למאה מיליון מודבקים בעולם; התולעת *Brugia malayi* שוכנת בכ-16 מיליון מודבקים בדרום מזרח אסיה לבדה; והתולעת *Brugia timori* נפוצה באינדונזיה.
- עיוורון הנהרות (River Blindness):** נגרם על-ידי התולעת החוטית *Ovnchocerca volvulus*, הנפוצה באפריקה הטרופית ובדרום אמריקה. התולעים מתקבצות מתחת לעור ומשריצות את הפגיות לדם, שם הפגיות נאספות על-ידי הזבובים השחורים, המעבירים אותן למאכסנים אחרים. בהדבקה ממושכת מגיעות התולעים לעצב הראייה וגורמות לעיוורון. הזבובים מתרבים באזורים שבהם מקורות מים נקיים זורמים: אזורים שלמים כאלה התרוקנו מתושביהם, שנסו על נפשם בגלל המחלה.
- פילריאזיס תת-עורי:** במחלה זו מועברים כמה מינים של תולעים חוטיות בעיקר על-ידי זבובים מהסוג *Chrysops*, שעקיצתם כואבת (והם נמצאים גם בארץ, באזור הכנרת). גם זבובים ויתושים אחרים, ואפילו מין של סרטנים ירודים, מעבירים תולעים אלה. התולעים מאכלסות את השכבה השומנית שמתחת לעור, וניתן לראות שם את תנועתן.

אחד המינים, *Loa Loa*, הנפוץ רק במערב אפריקה, מדביק גם את העיניים ואפשר לראות את תנועת התולעים (שגודלן עשוי להגיע לכמה סנטימטרים) בגלגל העין.

בכל מיני התולעים הללו יש חיידקי *Wolbachia* אנדוסימביוטיים.

מגוון רחב של יחסי סימביוזה

כיום משערים שחיידקי ה-*Wolbachia* מדביקים למעלה מ-65% ממיני פרוקי הרגליים, ביניהם כמיליון מינים שונים של חרקים - ויש אף כאלה המדברים על מגיפת ענק של חיידקים אלו. ההתאמה שלהם לחרקים במשך מיליוני שנות אבולוציה השתכללה והחיידקים מותאמים להשתמש בסיבי הכישור בזמן החלוקה של התא המאכסן ובחלבונים אחרים של שלד התא המאכסן לשם תנועה בתוך התאים.

העדפתם של החיידקים לחיות בציטופלזמה של תאי רבייה (שבשל כך יש המגדירים אותם כטפילים של מערכת הרבייה) מסבירה מדוע הם מעדיפים נקבות: תאי המין של הזכרים קטנים בהרבה ואין בהם מקום לחיידקים. מתאי המין הנקביים מועברים החיידקים "אוטומטית" לדור הבא של המאכסנים, ללא צורך באמצעים נוספים (וכנראה שיש כאלה, אם כי הם עדיין לא מוכרים לנו). במילים אחרות, הגדלת מספר הנקבות באוכלוסייה היא בעצם שיפור "התנאים" של החיידקים במאכסן. הגדלת מספר הנקבות נעשית על-ידי החיידקים בשלוש דרכים:

1. השריית רביית בתולין, במינים בהם ביצים לא מופרות מתפתחות לזכרים, כאקריות, צרעות, ותרפס (thrips). התערבות החיידקים בתהליך המיזוג - בו נוצרים תאי הביצה, גורמת לכך שהמטען הגנטי של תאי הביצה יהיה דיפלואידי כמו תאי המוצא, ולא הפלואידי, וכל הצאצאיות תהיינה זהות לאם.
2. שינוי זכרים גנטיים לנקבות פנוטיפיות, מתבצע בשני מנגנונים שונים (לפחות). בעוברי סרטנים זכרים מתרבים החיידקים בתאי הבלוטה האנדרוגנית ומעכבים את הפרשת הורמוני המין הזכריים, ולכן זכרים אלה מתפתחים כנקבות. מנגנון שונה מתקיים בחרקים, אם כי פרטיו אינם ידועים.
3. קטילת עוברים זכרים - המנגנון שבו מתבצעת הקטילה אינו מוכר עדיין.

אותו זן עצמו של חיידק, אם הוא מאכלס מאכסנים שונים, נוקט בשיטות שונות, בהתאם לסוג המאכסן.

חוסר התאמה ציטופלסמתי: התמיינות והדברת מזיקים

במינים רבים של עכבישניים, סרטנים וחרקים, שבהם יש זכרים הפעילים ברבייה, גורמים חיידקים למצב של "חוסר התאמה ציטופלזמית" (Cytoplasmic incompatibility), שבו הצאצאים לא מצליחים להתפתח אם זכרים מודבקים מפרים נקבות שאינן מודבקות כלל, או שמודבקות בזן אחר של חיידקים: תאי הזרע של הזכרים אינם מכילים חיידקים (צפוף שם...), אך חיידקי ה-*Wolbachia* מעורבים בתהליך יצירת הזרע (spermatogenesis) ומשנים את הכרומוזומים של תא הזרע בצורה ייחודית האופיינית לכל זן חיידקי. לאחר ההפרייה, אם אין בתא הביצית חיידקים מאותו זן שיחזירו את הכרומוזומים לצורתם המקורית, אזי אין התאמה בזוגות הכרומוזומים של העובר המתפתח. תהליך החלוקה של תאי העובר (תהליך המיטוזה) נעצר, או שהוא ממשיך תוך כדי אובדן הכרומוזומים הזכריים. עד היום אין מידע על המנגנון המולקולרי המדויק של התהליך. כאשר שתי אוכלוסיות שונות של חרקים מאותו מין מודבקות בזנים שונים של *Wolbachia*, נוצר ביניהם מחסום התרבותי שבסופו של דבר, לאורך זמן, יכול להוביל להתפצלות המין לשניים.

כיום מנסים להשתמש בחרקים המודבקים ב-*Wolbachia* כאמצעי לצמצום כמות חרקים המזיקים לגידולים חקלאיים ולצמצום כמות היתושים. בתהליך זה מניחים כי זכרים מודבקים שישוחררו אל הסביבה יורידו משמעותית את כמות הצאצאים של הנקבות שיופרו על ידם. ניסיונות מוצלחים - שנוסו ביינתיים רק במעבדה, נעשו עם זבוב הפרות הים תיכוני (*Ceratitis capitata*) - שבאזור הים התיכון אינו מודבק ב-*Wolbachia* - לאחר שמצאו בברזיל זן נושא חיידקים: בהכלאה של זכרים מודבקים מהזן הברזילאי עם נקבות טבעיות (לא מודבקות) לא היו צאצאים כלל. ניסיונות דומים נעשו עם היתוש המצוי (*Culex pipiens*), זבוב הדובדבנים האירופי (*Rhagoletis cerasi*) ועש השקדים (*Cadra cautella*).

לסיכום

חיידקי ה-*Wolbachia* הם אנדוסימביונטיים של חסרי חוליות שונים. הם תורמים לפתוגניות של התולעים החוטיות בבני האדם וביונקים אחרים. בעזרת טיפול אנטיביוטי עתידי כנגד החיידקים הסימביונטיים יופסקו ההתפתחות של התולעים והתרבותן, כך שיש תקווה למיליוני המודבקים בתולעים אלה. בחרקים ובפרוקי רגליים אחרים החיידקים גורמים לתופעות מיוחדות כגון אי התאמה ציטופלזמתית, שמובילה להתמיינות של מינים חדשים, לרביית בתולין, לפמיניזציה, ולהרג זכרים. אפשר לנצל את תופעת האי התאמה הציטופלזמתית להדברה ביולוגית של חרקים המזיקים לחקלאות ולאדם.

<https://telem.openu.ac.il/courses/c20237/wolbachia-g.htm>