

האם חיידקים משנים את השפה שלהם כשהם נכנסים לגוף דרך פצעים? תשובות מניסויים על פשפשים

Oliver Otti^{1*}, Peter Deines², Katrin Hammerschmidt³, Klaus Reinhardt⁴

¹אקולוגיה של אוכלוסיית בעלי חיים, אקולוגיית בעלי חיים, אוניברסיטת בֵּיירוֹן, בֵּיירוֹן, גרמניה

²המכון הזואולוגי, המחלקה לביולוגיה, אוניברסיטת Christian Albrechts קייל, קייל, גרמניה

³המכון למיקרוביולוגיה, המחלקה לביולוגיה, אוניברסיטת Christian Albrechts קייל, קייל, גרמניה

⁴זואולוגיה יישומית, המחלקה לביולוגיה, האוניברסיטה הטכנית בדרזדן, דרזדן, גרמניה

סוקרות צעירות

CELIA

גיל: 11



SHIERDEN

גיל: 9



חיידקים חיים כמעט בכל מקום על פני כדור הארץ, אפילו בתוך חיות ומחוץ להן, כולל חרקים ובני אדם. חלק מהחיידקים מסייעים לנו לעכל את המזון שלנו, אולם אחרים מזיקים ועשויים לגרום לזיהומים ולמחלות. אם אנו נפצעים, חיידקים מבחוץ יכולים להיכנס לגופנו דרך הפצעים. הגוף ייבבק כנגד החיידקים שנכנסים, ומאבק זה משפיע על החיידקים המועילים שלנו בשתי דרכים. ראשית, המאבק פוגע הן בחיידקים שנכנסים אל הגוף הן בחיידקים המסייעים שלנו. שנית, מאחר שהחיידקים הנכנסים עשויים גם להיות רעים לחיידקים המועילים, החיידקים שלנו עשויים להילחם כנגד החיידקים הנכנסים. כדי לעשות זאת הם משתמשים במולקולות מיוחדות כדי לדבר זה עם זה - קצת כפי שאנו משתמשים במילים. אנו חקרנו את ה"שיחה" של חיידקים של פשפשים מאחר שזו חיה שנפצעת לעיתים קרובות מאוד. רצינו להבין כיצד "שיחה" חיידקית משתנה כאשר חיידקים חדשים נכנסים אל גופה של החיה. מצאנו שלנקבות יש זני חיידקים אחרים לפני שהן נפצעות בהשוואה לאחר שנפצעו.

מיקרואורגניזם או מיקרוב (Microorganism or Microbe)

אורגניזם מיקרוסקופי שמופיע או כתא יחיד או כקבוצה (מושבה) של תאים.

סביבה (Environment)

המרחב שסובב את היצורים החיים כולל כל הגורמים שמשפיעים על ההישרדות שלהם ועל התפתחותם ורבייתם, כמו למשל טמפרטורה; לחות; זמינות מזון; טורפים; מיקרואורגניזמים וזמינותם של בני זוג להזדווגות.

מיקרוביום (Microbiome)

אוסף של חיידקים שחיים יחד ומתקשרים זה עם זה בחלל מוגדר.

פונדקאי (או מאכסן - Host)

אורגניזם שנושא אורגניזם אחר (יצור סימביוטי). ל"אורח" מסופקים הזנה ומחסה. אם המארח נשדד מהזנתו ונפגע על-ידי האורח אז אנו מדברים על טפיל. אם המארח מקבל משהו בתמורה (כמו למשל חומר הזנה נדיר או הגנה) האורח מכונה מוטואליסט (mutualist). אם המארח אינו מקבל שום דבר בתמורה ולא סובל מהאורח, האורח מכונה קומנסליסט (commensal).

מטה-אורגניזם (Metaorganism)

האורגניזם המארח וכל המיקרוביום שקשורים אליו.

חישת מניין (Quorum sensing)

חישת מניין היא המונח המדעי לתקשורת בין חיידקים. חיידקים יכולים לדבר עם חיידקים אחרים או להפריע לתקשורת שלהם על-ידי השתקת חיידקים אחרים או באמצעות הפחתת הגדילה של חיידקים אחרים.

מצאנו גם שהחיידקים תקשרו אחרת לפני שהנקבות נפצעו. המחקר שלנו מסייע לאנשים להבין כיצד תגובת החיה לפצעים והתקשורת של חיידקים בחיה עובדים יחד.

הקדמה

כל האורגניזמים, כולל חיות, חיים בקשרים הדוקים עם חיידקים. חיידקים יכולים לחיות על כל משטח של החיה, והם שוכנים בתוך התאים שלה או ביניהם. חלק מהחיידקים יכולים להימצא רק במערכות איברים מסוימות, כמו החיידקים מייצרי האור באיבר האור של דיונונים מעוגלים, או החיידקים שבבטן הפרה. חֶבְרָה של חיידקים ושל מיקרואורגניזמים או מיקרובים (אורגניזמים מיקרוסקופיים) שחיים בסביבה מסוימת, כמו למשל הסביבה שבתוך חיה, נקראת מיקרוביום. כשאנו מדברים על חיה (שנקראת פונדקאי או מאכסן) והיא מקושרת למיקרוביום, אנו מכנים אותה מְטָה-אורגניזם [1]. מדענים הבינו שחשוב לחקור כיצד מיקרוביומים משפיעים על בריאותם של פונדקאים ועל רבייתם.

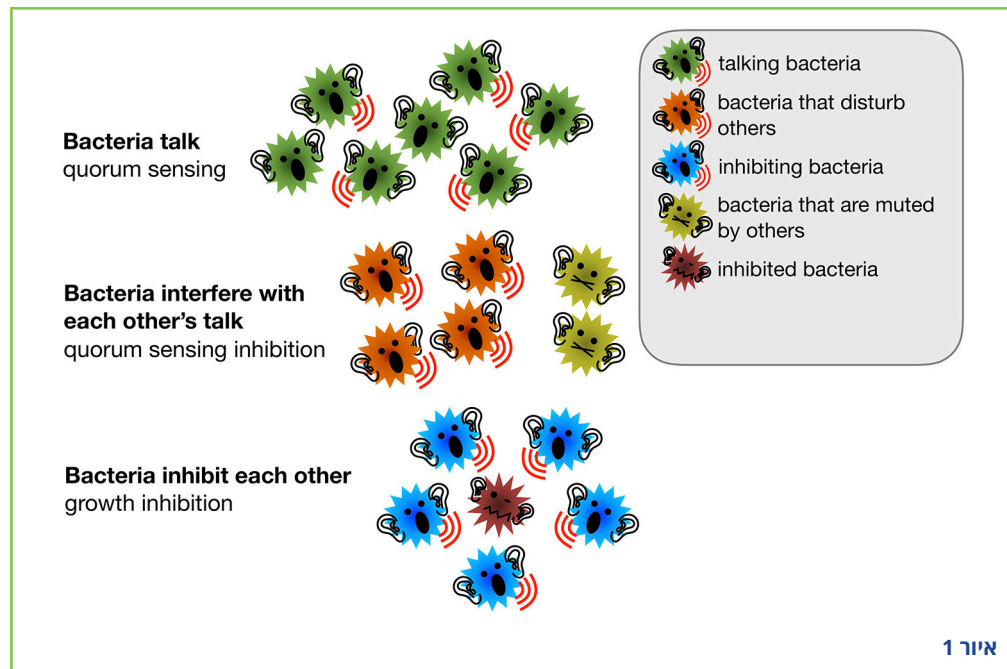
אינטראקציות רבות עם חיידקים מהסביבה מתרחשות על עורו של הפונדקאי. כאשר העור ניזוק מפציעה, חיידקים מהסביבה עשויים להיכנס לפצע ולהתפשט בתוך האורגניזם המארח. בזנים מסוימים היפצעות מתרחשת באופן קבוע, כמו למשל במהלך מאבק. בחיות אחרות פצעים נוצרים במהלך הזדווגות. חיידקים גם חיים על איברי הרבייה של זכרים ונקבות, ויכולים להיות מועברים בין בני הזוג להזדווגות. זה נכון עבור זני חיות רבים, כמו למשל חרקים, ציפורים ובני אדם [2]. עדיין איננו יודעים ממש כיצד חיות מכינות את עצמן למתקפות חיידקיות אחרי הזדווגות, וכיצד המיקרוביום של הפונדקאי מתנהג כלפי החיידקים הפולשים. בחלק מהמטה-אורגניזמים המיקרוביום המקומי מסייע לפונדקאי להילחם בחיידקים הפולשים. החיידקים של מיקרוביום מקומי עושים זאת באמצעות "שיחה" שהם מקיימים זה עם זה (אשר נקראת חישת מניין), ובאמצעות עצירת התקשורת של הזנים הפולשים (איור 1). אנו יודעים שהתקשורת הזו מסייעת לנו לְשַׁמֵּר גם את היציבות של קהילת המיקרוביום וגם את היציבות של המטה-אורגניזם כולו [1]. אולם איננו יודעים הרבה על האופן שבו התקשורת הזו בין המיקרוביום והחיידקים הפולשים מתרחשת.

מדוע חיידקים מתקשרים?

כפי שצינו קודם, חיידקים יכולים לתקשר עם חיידקים מהסוג שלהם וגם עם סוגים שונים של חיידקים [3]. התקשורת יכולה לסייע לשלוט בכמות החיידקים שחיים במרחב הסובב. הדבר אף יכול לסייע לקבל מידע על מספר החיידקים, שהוא חשוב אם חומרי ההזנה דלים או אם החיידקים מתחרים על אותם חומרי הזנה. אולם לא רק חיידקי הפונדקאי מתקשרים; החיידקים הפולשים יכולים גם הם לעשות זאת. לדוגמה, חיידקים פולשים מתקשרים כשהם פועלים יחד במהלך זיהומים. התקשורת יכולה לסייע לחיידקים פולשים להימנע מתגובות חיסוניות של הפונדקאי, ויכולה לשפר את סיכוייהם של הפולשים לזהם את הפונדקאי. לבסוף, הן החיידקים המארחים הן החיידקים הפולשים יכולים להפריע זה לזה לתקשר, ויכולים להפסיק את הגדילה אחד של השני.

איור 1

מודל פשטני של תקשורת חיידקית. חישת מניין היא מונח מדעי עבור תקשורת בין חיידקים. חיידקים יכולים לדבר עם חיידקים אחרים או להפריע לתקשורת שלהם על-ידי השתקת חיידקים אחרים או באמצעות הפחתת הגדילה של חיידקים אחרים.



איור 1

האם הפונדקאי יכול "לדבר" חזרה עם החיידקים שלו?

הדברים אפילו מעניינים יותר מאחר שהמארח עצמו יכול לתקשר עם החיידקים הפולשים. היות שמתקפות חיידקים יכולים להיות רעות מאוד עבור הפונדקאים, הפונדקאים יכולים להפריע לתקשורת החיידקית ולהאט את המהירות שבה מידע מתפשט בין חיידקים מזהמים, או להפריע לגדילה החיידקית כדי למנוע זיהום. לדוגמה, פונדקאים יכולים להעלות את הטמפרטורה של הרקמה שבה החיידקים חיים, את חומציותה או אפילו את מידת הדיקוה שלה כדי להפחית את יכולתם של החיידקים לגדול.

עדיין איננו יודעים הרבה על שני הסוגים האלה של תקשורת חיידקית - תקשורת בין החיידקים עצמם ובין המיקרוביום והפונדקאי. הניסויים שנספר לכם עליהם כאן עושים את הצעד הראשון בכיוון הזה: בפשפשים, אשר חווים פציעות באופן קבוע, בחנו את הצד החיידקי של התקשורת לפני היפצעות הפונדקאים ואחריה.

כיצד זכרי פשפשים פוצעים נקבות במהלך ההזדווגות?

הפשפש הממוצע הוא באורך של כ-5 מילימטרים, הוא חום ונראה קצת כמו חצי עדשה. הוא מתחבא בסדקים וחללים חלולים במיטות או בקירות של חדרי שינה, מאחר שהוא ניזון מדם אנושי. מדי פעם פשפשים מגיחים בלילה וניזונים על-ידי מציצת דם מבני אדם ישנים. פשפשים זקוקים לשש ארוחות כדי להפוך לבוגרים. הפשפש הזכר הוא בעל איבר הזדווגות שדומה למחט (אשר נקרא **Paramere**) שבאמצעותו הוא עוקץ את הנקבה (חותך את עורה ויוצר פצע) בכל פעם שהם מזדווגים [4] (איורים 2A, 2B ו-3). התנהגות ההזדווגות הזו נקראת "הַזְרָעָה טראומטית". הדבר נשמע מוזר אולם הוא מתקיים במספר לא מועט של חיות [5]. חיידקים נמצאו על איבר הרבייה של הזכר והם יכולים להיות מועברים לנקבה. לפעמים זה גורם למותן של נקבות הפשפש [6, 7]. בתגובה, הנקבות פיתחו איבר חיסוני

Paramere

חלק מאיבר הרבייה החיסוני של חרקים זכרים. אצל פשפשים האיבר הזה יוצר איבר הזדווגות שדומה למחט, אשר באמצעותו הפשפש הזכר עוקץ את הנקבה (חותך את עורה) בכל פעם שהם מזדווגים.

Mesospermalege

איבר ייחודי למשפחת הפשפשים. נקבות הפשפשים פיתחו את האיבר החיסוני הזה בתגובה לעקיצות ההזדווגות של הזכרים. האיבר הזה מלא בתאים חיסוניים אשר מסייעים לנקבות לחיות במשך זמן רב יותר.

שנקרא **Mesospermalege**. האיבר הזה מלא בתאים חיסוניים שמסייעים לנקבה לחיות זמן רב יותר, למרות נוכחות החיידקים. קושי אחד בניסוי שלנו היה שנקבות פשפשים לעיתים קרובות מזדווגות אחרי שהן ניזונות, לכן היינו צריכים להעלות רעיון שיאפשר לנו לוודא שאנו מסתכלים רק על ההשפעות של ההיפצעות ולא של ההזנה.

היו לנו שלוש מטרות לניסויים שלנו: (1) לזהות את החיידקים שחיים על איברי הרבייה של הפשפש; (2) לחקור כיצד היפצעות והזנה משפיעות על המיקרוביום של נקבות הפשפש; ו-(3) להבין אם החיידקים במיקרוביום של הפשפש יכולים לתקשר זה עם זה.

חברות מיקרוביות של נקבות פשפשים משתנות אחרי היפצעות

חקרנו את החיידקים של שמונה חברות פשפשים שונות על-ידי גידולן בתרבית בצלחות פֶּטְרִי (צלחות קטנות מלאות במזון מוצק שעליו החיידקים גדלים) (איור 2A). זיהינו את כל החיידקים מהסביבה של הפשפש וגם מעורם של הזכרים והנקבות, ה-Paramere של הזכר, דמה של הנקבה וה-Mesospermalege (איור 2A). השווינו גם נקבות מזווגות עם נקבות שמעולם לא הזדווגו, כך שיכולנו להסתכל בנפרד על ההשפעה של הזנה ושל היפצעות על המיקרוביום.

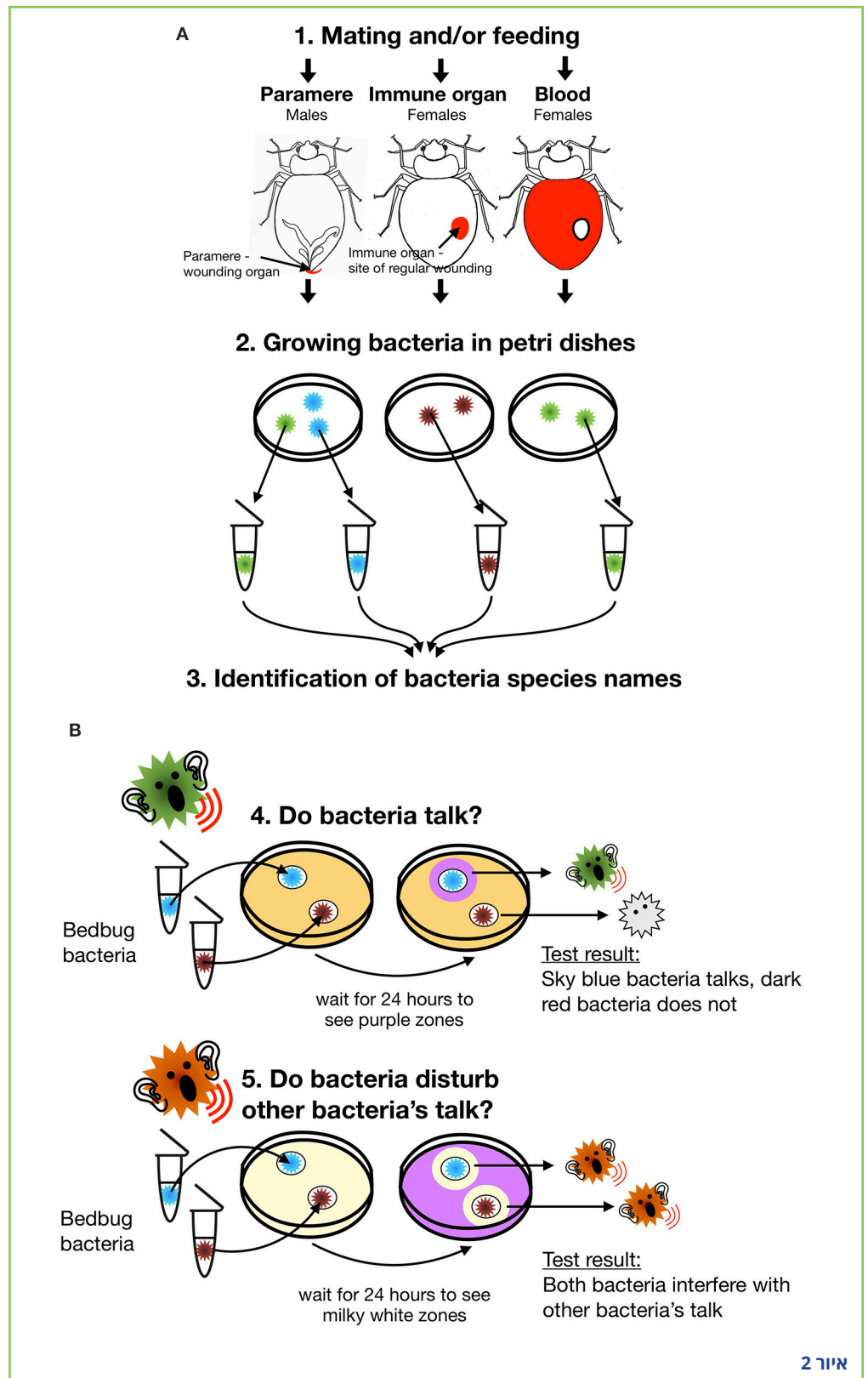
סך הכול מצאנו 20 זני חיידקים שונים: 10 בסביבת הפשפשים, 11 באיברים הנקביים ורק שניים באיבר ה-Paramere של הזכרים. חלק מהזנים נמצאו ביותר ממיקום אחד. מספרם וסוגם של החיידקים היה שונה בין פריטים מזווגים ובלתי מזווגים; בין נקבות מזווגות ובלתי מזווגות ובין איברים שונים. רק ל-30% מהנקבות המזווגות היו חיידקים ב-Mesospermalege שלהן בעוד של-62% מהנקבות שלא היו מזווגות לא היו חיידקים שם. ראינו את אותו הדפוס בדם (ל-20% מהנקבות המזווגות ול-31% מהנקבות הבלתי מזווגות היו חיידקים). מספר זני החיידקים היה גדול יותר עבור נקבות שהזדווגו ביחס לנקבות שלא הזדווגו (7 לעומת 3 זנים). נקבות שניזונו היו בעלות סיכוי גדול יותר להיות בעלות חיידקים (7 מ-8 נקבות) מאשר נקבות שלא ניזונו (3 מתוך 8 נקבות). לא נמצאו חיידקים בנקבות שהיו מזווגות אבל שלא ניזונו. חלק מההתצאות האלה היו מעט מפתיעות עבורנו אולם הממצאים שזכרים ונקבות נושאים מקרוביומים שונים תואמות לממצאים של זנים רבים אחרים, כמו למשל בני אדם, עכברים וזבובים. מציאת חיידקים מעטים יותר ב-Mmesospermalege אחרי הזדווגות מציעה שאיברי הנקבה האלה עשויים לשחק תפקיד מרכזי בשליטה על חיידקים על-ידי מערכת החיסון של הנקבה.

חיידקים מאיברי רבייה של פשפשים יכולים לתקשר ולעצור חיידקים אחרים מלתקשר זה עם זה

כדי למצוא אם החיידקים האלה יכולים לתקשר ולעצור חיידקים אחרים מלתקשר זה עם זה (איור 2B), ערכנו שני מבחנים. במבחן הראשון גידלנו חיידקים על גבי מזון מיוחד שהופך סגול אם החיידקים שנאספים מאיברי הפשפשים יוצרים מולקולות שנדרשות כדי לתקשר. במבחן השני השתמשנו במזון אחד שהופך לבן חלבי אם חיידקים עוצרים את מולקולות האיתות של חיידקים אחרים (איור 2B).

איור 2

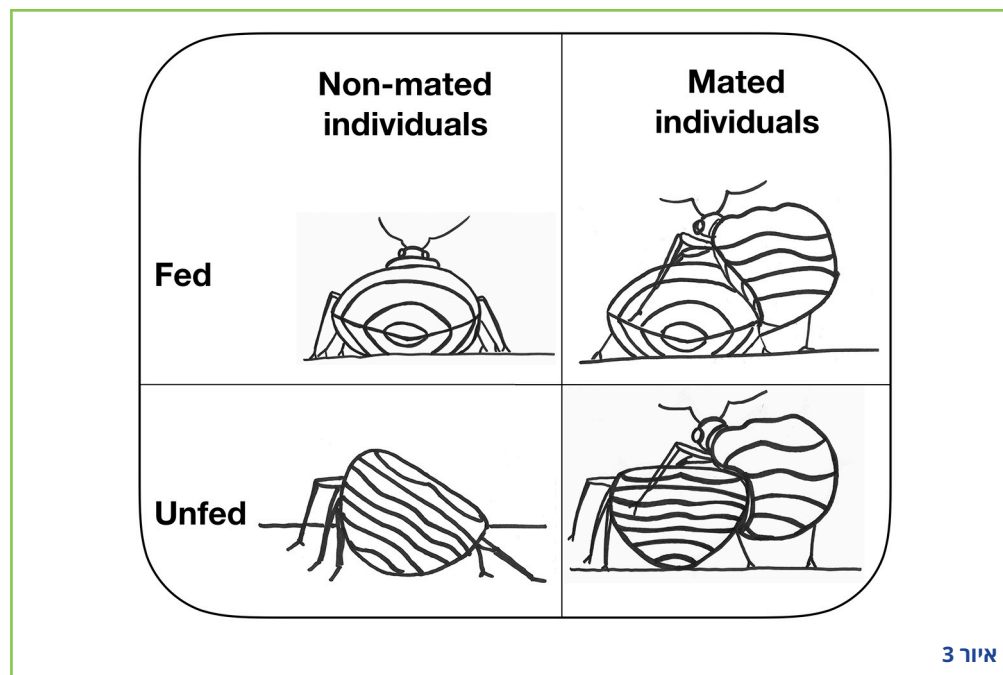
תרשים פשטני של המחקר שלנו והשאלות שעליהן ניסינו לענות (A). שלבים 1-3 מראים כיצד אנו קובעים את שמותיהם של זני החיידקים שנמצאים באיברים מסוימים. ראשית, זיווגנו ו/או הזנו נקבות וזכרים. לאחר מכן, הסרנו את איבר הרבייה (ה-Paramere) של הנקבות והאיבר החיסוני (Mesospermalege) מהנקבות. הסרנו גם מעט דם עם מזרק קטן. גידלנו את החיידקים מהדוגמיות האלה על צלחות פֶטְרִי, וכשהחיידקים גדלו בחרנו אותם וזיהינו את שמות הזנים של החיידקים השונים שמצאנו. (B) שלבים 4-5 מראים כיצד מדדנו את יכולתם של חיידקי הפשפשים לתקשר או להפריע לתקשורת של החיידקים האחרים. כדי לעשות זאת השתמשנו בצלחות פטרי עם חיידקי בוחן מיוחדים שיכלו לשנות את צבעם כתלות בסוג התקשורת החיידקית שהתרחשה. אם אחרי 24 שעות של גידול לא נוצרו אזורים צבועים סביב לחיידקים המשמעות היתה שחיידקי הפשפשים לא היו מסוגלים לתקשר עם חיידקי הבוחן. אזורי צבע סגול הראו לנו שחיידקי הפשפשים האלה יכלו "לדבר". אזורים לבנים חלביים הראו לנו שחיידקי הפשפשים שנוספו היו מסוגלים להפריע לתקשורת של החיידקים האחרים.



יותר ממחצית זני החיידקים היו מסוגלים לתקשר, ובסביבות שלושה רבעים (72%) היו יכולים לעצור חיידקים אחרים מלתקשר. מחצית מזני החיידקים היו אפילו מסוגלים לעצור את הגדילה של חיידקים אחרים. אף על פי שעצירת הגדילה של חיידקים אחרים אינה ממש

איור 3

ייצוג של מערך המחקר עם ארבע קבוצות הנקבות שמהן אספנו את החיידקים. פריטים מזווגים (Mated); מזווגים (Fed) ובלתי מזווגים (Unfed) מוצגים מימין, ופריטים מזווגים ובלתי מזווגים שאינם מזווגים (Non-mated) מוצגים משמאל. לזכרים יש איבר הזדווגות שצורתו כמו של מחט. באמצעות המחט הזו זכרים מנקבים את בטן של נקבות ומעבירים זרע לתוך הנקבה. זה נקרא "הזרעה טראומטית". נקבות אינן יכול להגן על עצמן מפני הזדווגות שכו, במיוחד לא כשהן זה עתה ניזונו (משבצת ימנית עליונה בתמונה).



איור 3

תקשורת, חיידקים שמסוגלים לעשות זאת מעלים בצורה מרשימה את אפשרותם לשרוד ולקבל חומרי הזנה.

מרבית איברי הרבייה שהסתכלנו עליהם נשאו חיידקים שיכלו גם לתקשר וגם לעצור אחרים מלתקשר (איור 4). אף אחד מזני החיידקים מדמן של נקבות מזווגות לא היו מסוגלים לתקשר, אולם כמחצית מהחיידקים ב- Mesospermalege של נקבות מזווגות היו מסוגלים לתקשר ולעצור אחרים מלתקשר. מצאנו את ההיפך בנקבות בלתי מזווגות: חיידקים היו מסוגלים לתקשר ולעצור אחרים מלתקשר בתוך הדם, אולם לא ב- Mesospermalege (איור 4). איננו יודעים בוודאות אולם הממצאים שלנו מציעים שתקשורת חיידקית עשויה להיות שונה על איברים שונים, וגם בין נקבות שהזדווגו לאחרונה ובין נקבות שלא הזדווגו.

מה למדנו על פשפשים ועל החיידקים שלהם?

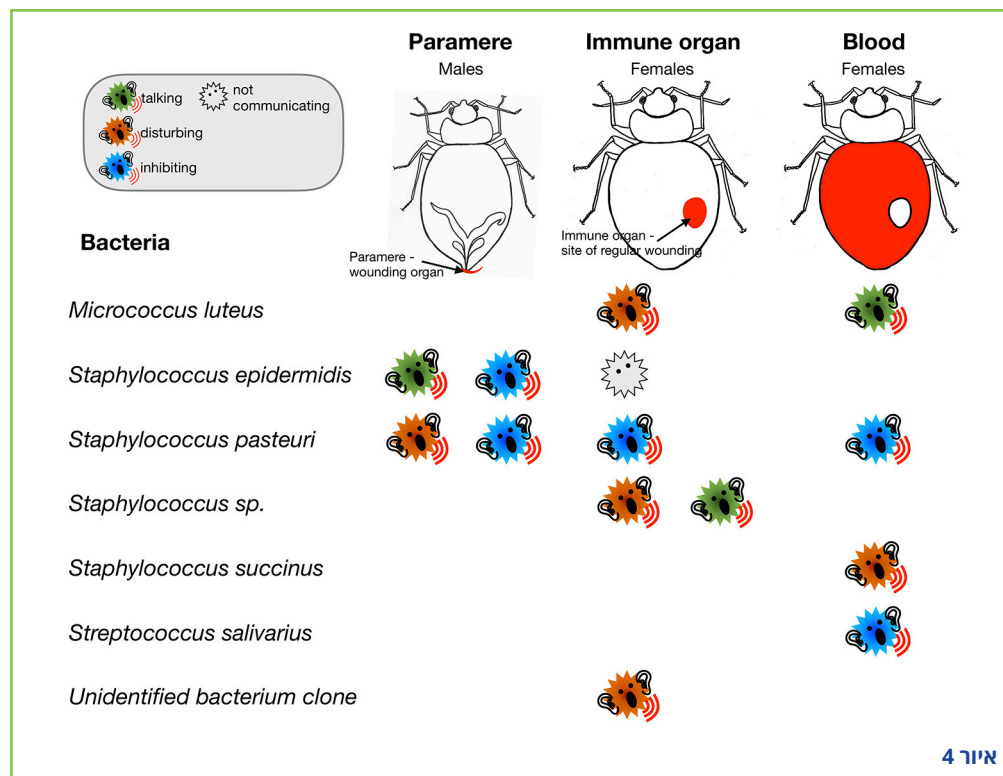
המיקרוביום הוא מרכיב מרכזי בכל חיה, כולל פשפשים. הוא עובר שינויים מסוימים כתוצאה מההיפצעות שמתרחשת במהלך הזדווגות. הראינו שההבדלים בין זכרים ונקבות, כמו גם התנהגויות ההזנה וההזדווגות של החיידקים, משפיעים בצורה חזקה על תערובת זני החיידקים במיקרוביום ועל היכולת של חיידקים אלה לתקשר. הממצאים שלנו בחנו את אחד הצדדים של תקשורת חישת המניין – זה של החיידקים. עבודות עתידיות יכולות לבחון אם חישת מניין יכולה גם להתבצע על-ידי תאים של פונדקאים. באופן כללי, פשפשים יכולים להיות מערכות טובות לחקר האופן שבו תקשורת חישת מניין פועלת במערכת טבעית.

תרומות המחברים

OO הכין את הטייטה הראשונה של הטקסט. PD ו-KH כתבו את החלקים על תקשורת חיידקית. OO ו-KR כתבו את החלקים על ביולוגיה של פשפשים; אינטראקציות מארח-פיתוּן

איור 4

חיידקים בפשפשים משנים את ההתנהגות התקשורתית שלהם כתלות באיזה גוף הם נמצאים. השמות של חלק מזני החיידקים שמצאנו רשומים בטור שבצד שמאל של האיור. אתם יכולים לראות שגם ה-*Staphylococcus epidermidis* וגם *Staphylococcus pasteuri* נמצאו באיברים זכריים ונקביים, בעוד שחיידקים אחרים נמצאו רק בנקבות. אתם יכולים גם לראות שהתקשורת החיידקית השתנתה בין איברים זכריים ונקביים.



איור 4

והתוצאות של המחקר. OO הכין את האיורים. כל המחברים תרמו לכל חלק באמצעות סקירת כתיבתם של האחרים.

תודות

אנו מודים ללינה אָמי ולמינה הייטר, שתי תלמידות בנות 12 מדרזן ומשפילד, עבור הערותיהן יקרות-הערך על הטייטה האחרונה של הטקסט שלנו, במיוחד עבור ליטוש הסגנון הלשוני ושיפור מילון המונחים.

מאמר המקור

Otti, O., Deines, P., Hammerschmidt, K., and Reinhardt, K. 2017. Regular wounding in a natural system: bacteria associated with reproductive organs of bedbugs and their quorum sensing abilities. *Front. Immunol.* 8:1855. doi: 10.3389/fimmu.2017.01855

מקורות

1. Bosch, T. C. G., and McFall-Ngai, M. J. 2011. Metaorganisms as the new frontier. *Zoology* 114:185–90. doi: 10.1016/j.zool.2011.04.001

2. Lockhart, A. B., Thrall, P. H., and Antonovics, J. 1996. Sexually transmitted diseases in animals: ecological and evolutionary implications. *Biol. Rev.* 71:415–71. doi: 10.1111/j.1469-185X.1996.tb01281.x
3. Otti, O., McTighe, A. P., and Reinhardt, K. 2013. In vitro antimicrobial sperm protection by an ejaculate-like substance. *Funct. Ecol.* 27:219–26. doi: 10.1111/1365-2435.12025
4. Reinhardt, K., and Siva-Jothy, M. T. 2007. Biology of the bed bugs (Cimicidae). *Ann. Rev. Entomol.* 52:351–74. doi: 10.1146/annurev.ento.52.040306.133913
5. Reinhardt, K., Anthes, N., and Lange, R. 2015. Copulatory wounding and traumatic insemination. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 7:a017582. doi: 10.1101/cshperspect.a017582
6. Reinhardt, K., Naylor, R. A., and Siva-Jothy, M. T. 2005. Potential sexual transmission of environmental microbes in a traumatically inseminating insect. *Ecol. Entomol.* 30:607–11. doi: 10.1111/j.0307-6946.2005.00730.x
7. Waters, C. M., and Bassler, B. L. 2005. Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Ann. Rev. Cell Dev. Biol.* 21:319–46. doi: 10.1146/annurev.cellbio.21.012704.131001

פורסם אונליין: 09 ביולי 2020

נערך על ידי: Michele Johnson, Trinity University, United States

ציטוט: Otti O, Deines P, Hammerschmidt K and Reinhardt K (2020) האם חיידקים משנים את השפה שלהם כשהם נכנסים לגוף דרך פצעים? תשובות מניסויים על פשפשים. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00001-he

תורגם והותאם:

Otti O, Deines P, Hammerschmidt K and Reinhardt K (2019) Do Bacteria Change Their Language When They Enter the Body Through Wounds? Answers From Bedbug Experiments. *Front. Young Minds* 7:1. doi: 10.3389/frym.2019.00001

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2019 © Otti, Deines, Hammerschmidt and Reinhardt 2020. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרות צעירות

CELIA, גיל: 11

אני אוהבת לשחות, אני אוהבת את הצבע הסגול ואני גם אוהבת מדע. צבעתי את השיער שלי בסגול ובדיוק סיפרתי אותו להיות ממש קצר. יש לי שתי חיות מחמד, כלב ששמו מרקו וחתול ששמו פולו. הם זוג חמוד



ביותר. הגלידה האהובה עליי היא שוקולד צ'פס-מנטה. אני גם אוהבת לבשל. אני פעילה בצופים ועוגיות הצופים האהובה עליי היא thin mints.

SHIERDEN, גיל: 9

אני תלמידת כיתה ד. הנושא האהוב עליי הוא קריאה. הנושא הכי פחות אהוב עליי הוא מתמטיקה. יש לי חגורה חומה בקרטה. יש לי אח קטן. אני אוהבת לקפוץ על הטרמפולינה שלי ולשחק משחקים.

הכותבים

OLIVER OTTI

אני ביולוג אבולוציוני שעובד כיום באוניברסיטת בייֶרֶיֶט בגרמניה. המחקר שלי בוחן את האופן שבו רבייה וחסינות קשורות. אני עושה זאת באמצעות שילוב בין מחקרים על יחסי טפיל-פונדקאי ועל הקונפליקט שבין זכרים לנקבות. אני גם מתעניין באופן שבו נמלים ודבורי בומבוס (bumblebees) משתמשות בארס שלהן כדי להגן על עצמן ממיקרובים. כשאני עובד אני אוהב לבלות את זמני עם משפחתי או לצפות בציפורים.
*oliver.otti@uni-bayreuth.de

PETER DEINES

אני אקולוג מיקרוביאלי באוניברסיטת קייל, גרמניה. המחקר שלי חוקר את האינטראקציות השונות בין פונדקאים למיקרובים, אשר כוללים טורף-טָרֶף, פונדקאי-פתוגן וסימביוזה. כיום אני חוקר אקולוגיה ודינמיקה אבולוציונית של מיקרובים ומיקרוביומים והאינטראקציות בין חברי המיקרוביום.

KATRIN HAMMERSCHMIDT

אני ביולוגית אבולוציונית שעובדת באוניברסיטת קייל, גרמניה. כיום אני חוקרת בעיקר את המקורות האבולוציוניים של רב-תאיות, כלומר את המעבר מאורגניזמים חד-תאיים לאורגניזמים שמורכבים מתאים מרובים, כמו למשל חיות, צמחים וצורות חיים מורכבות אחרות. מאחר שכל המעברים הם עתיקים ולכן קשים לחקירה, אני משתמשת בחיידקים חד-תאיים כדי לפתח רב-תאיות פשוטה במעבדה.

KLAUS REINHARDT

אני פרופסור לזואולוגיה יישומית באוניברסיטה הטכנית של דרזדן בגרמניה. אני חוקר ביולוגיה של הזרע; האבולוציה של זנים חדשים והקונפליקט בין זכרים לנקבות בחרקים. אני חושב שחשוב להבין כיצד רבייה פועלת מאחר שזה נותן לנו תובנות לגבי האבולוציה של טקטיקות רבייה שונות אצל זכרים ונקבות. המחקר בתחום רבייה יכול גם לסייע לנו להבין טוב יותר כיצד מינים מתפתחים.



Hebrew version provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ע.ר.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

