



כיצד חשיפה לאור משנה תכונות חיידקים באבק ביתי

Sam Rosenberg, Sue Ishaq*, Julia May, Ashkaan K. Fahimipour

המרכז לביולוגיה ולסביבה בנויה, אוניברסיטת אורגון, יוג'ין, אורגון, ארצות הברית

סוקר צעיר

ADAM
גיל: 13



סביבה בנויה

(Built Environment)

אוסף של בניינים, כבישים, ערים, ואפילו פארקים שמהווים את סביבת המחיה שבנינו לעצמנו.

מיקרוב

(Microbe)

מושג כללי שמשמש לתאר אורגניזמים קטנים מאוד כמו חיידקים, פטריות ווירוסים.

האם ידעתם שישנם חיידקים שחיים באבק שנמצא בתוך בניינים רבים? מרבית החיידקים האלה לא מזיקים, אולם חלקם עשויים לגרום לנו לחלות. רצינו לבחון כיצד חיידקים שחיים באבק מושפעים מהאור: אלה סוגים יחוי, ואלה סוגים ימותו? כדי לבחון זאת, שמנו אבק במודלים משרדיים במשך 90 ימים, תחת תנאי תאורה שונים, ומדדנו את השפעות האור על החיידקים באותו אבק. מצאנו שסוגים מסוימים של חיידקים לא יכולים לשרוד בתוך מקום סגור כשאור היום נכנס לחדר דרך חלונות רגילים. הֶבְנַת האופן שבו סוגי מיקרובים שונים משגשגים או דועכים בסביבות שונות היא קריטית, מאחר שבעתיד אנו שואפים ליצור בניינים שיוכלו לסייע לנו להישאר בריאים, או לפחות לא יעודדו אותנו לחלות לעיתים קרובות.

מיקרובים נמצאים בכל מקום

בהרבה מקומות בעולם, אנשים מבלים את מרבית זמנם בתוך מבנים סגורים. אוסף הבניינים, הכבישים, הערים, ואפילו הפארקים שסביבנו הם סביבת המחיה שבנינו עבור עצמנו, והם נקראים **סביבה בנויה**. כשאנו בתוך בניינים, אי אפשר להימנע ממגע עם אבק שמצטבר שם. אבק מורכב מהרבה סוגי חומרים שונים, כולל אדמה, חתיכות זעירות של עור וסיבים מרהיטים ומבגדים. בתוך אבק ישנן תכונות חיות של **מיקרובים** שנקראות **מיקרוביוס**, שמורכבות

מיקרוביום (Microbiome)

חברה של הרבה סוגים שונים של מיקרוביום שחיים יחד.

מאורגניזמים קטנים כל כך שאתם יכולים לראות אותם רק באמצעות מיקרוסקופ. חברות האבק האלה יכולות להיות מורכבות ממאות מינים שונים של מיקרוביום כולל חיידקים, פטריות ווירוסים.

אבק והמיקרוביום שחיים באבק נמצאים בכל מקום סביבנו. מרבית השותפים המיקרוביים האלה לא משפיעים עלינו. אולם חלקם מסייעים לנו, כמו למשל אלה שמסייעים לנו לעכל מזון, בעוד שאחרים יכולים להיות מזיקים, כמו החיידקים שגורמים לנו לחלות. חשוב שנדע יותר על המיקרוביום האלה שחיים באבק, כדי להבין כיצד הגוף שלנו מגיב לאורח חיים שמבוסס על שהייה במקומות סגורים. הידע הזה יכול גם ללמד אותנו כיצד לעצב בניינים ולהשתמש בהם באופן שיסייע לווסת את סוגי המיקרוביום שחיים בהם.

אלה סוגי חיידקים שורדים באור יום?

דבר אחד שיכול להשפיע על מיקרוביום בתוך מבנים סגורים הוא חשיפה לאור. אור יכול לגרום לתגובות כימיות בתוך מיקרוביום, שפוגעות בדנ"א או בחלבונים שהם צריכים כדי לשרוד ולתפקד. קבוצת מחקר במרכז לביולוגיה ולסביבה בנויה רצתה לבצע ניסוי במטרה לגלות כיצד חיידקים שחיים באבק מושפעים מחשיפה לאור [1]. אלה סוגי חיידקים יחיו ואלה ימותו? הַבְּנֵת האופן שבו סוגי מיקרוביום שונים מושפעים בסביבות שונות יכולה לסייע לנו ליצור בניינים שיעזרו לאנשים להישאר בריאים, או לפחות לחלות לעיתים רחוקות יותר.

ממה שכבר היה ידוע על האופן שבו אור משפיע על חיידקים, גיבשנו השערה לפני שהתחלנו את הניסוי. שיערנו כי: (1) אור יהרוג חלק מהחיידקים שחיים באבק; (2) סוגי אור שונים ישפיעו אחרת על מיני החיידקים; (3) מיני חיידקים קשורים יושפעו על-ידי אור בדרכים דומות.

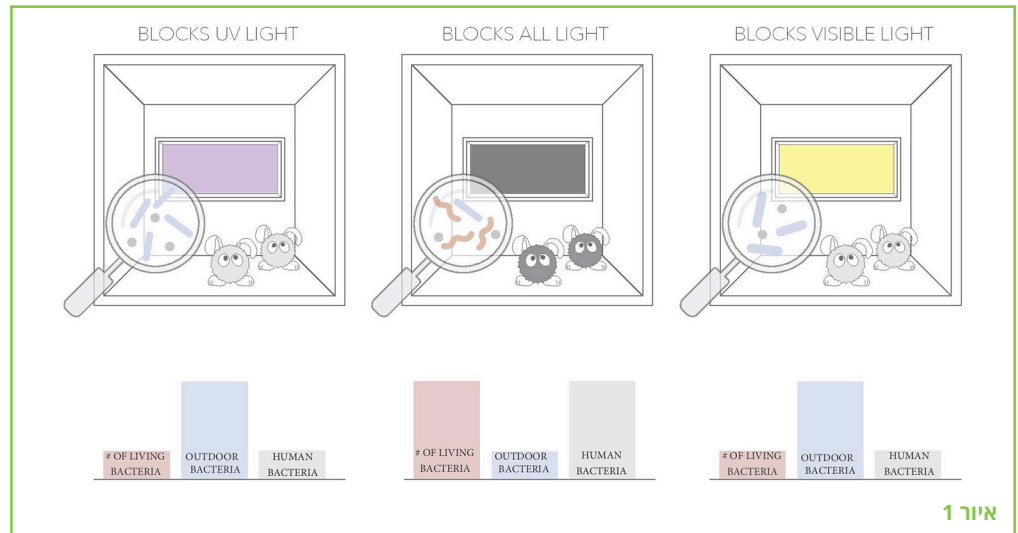
בניית מודלי חדר קטנים לבחינת ההשערה

במטרה לבחון את השפעות האור על חיידקים שחיים באבק, ראשית היינו צריכים להשיג אבק! אספנו אבק מהרבה בניינים ובתים שונים, וערבבנו את כולו יחד. ערבוב האבק יצר חברה מיקרובית אחת גדולה. לאחר מכן שמנו כמויות קטנות של האבק הזה בשלוש קופסאות אטומות לאור, שייצגו מודל של חדרים בבניינים. לכל אחת מהקופסאות האלה היה חלון בצד אחד (איור 1). החלון בכל קופסה היה מורכב מסוגי זכוכית שונים, שכל אחד מהם אֶפְּשֵׁר לסוגי אור שונים להיכנס לקופסאות (איור 2). חלון אחד נתן רק לאור הנראה (האור שהעיניים יכולות לראות) להיכנס, כמו חלון רגיל בבניין. חלון אחר נתן רק לאור אולטרה-סגול להיכנס, שזה פחות או יותר ההיפך מחלון רגיל מאחר שהוא חוסם את האור הנראה מלהיכנס לקופסה. חלון אחד היה מתכתי, מה שלא אפשר לאף סוג אור להיכנס לקופסה, כמו חדר חשוך.

כדי למדוד את כמות האור בתוך מודלי החדרים האלה וסביב להם, מיקמנו חיישנים אוטומטיים בתוך כל קופסה. מיקמנו גם חיישן מחוץ לקופסאות כדי למדוד את אור השמש. בשביל לשמור על הקופסאות בתנאים דומים לאלה שנמצאים במשרד או בכיתה אמיתיים, מיקמנו את הקופסאות בתוך קופסאות עץ גדולות יותר, שבהן יכולנו לשלוט בטמפרטורה, בלחות ובכמות האור. זה אפשר לנו לשמור על תנאים זהים בכל הקופסאות, כך שהדבר היחיד שהשתנה היה כמות האור שהאבק נחשף אליה. היו לנו גם הרבה דגימות זהות (העתקים) עבור כל סוג תאורה, כדי לוודא שההשפעות שראינו אינן אקראיות. חדרי המודל נשארו בקופסה הגדולה

איור 1

יצרנו מודל "משרדים" עבור "עובדי האבק". החלון בכל קופסה היה בנוי מחומר אחר שנתן לסוגי אור שונים להיכנס. החלון בקופסה משמאל נתן רק לאור אולטרה-סגול (UV) להיכנס, החלון במרכז לא נתן לאף אור להיכנס והחלון בקופסה מימין נתן לאור הנראה שמגיע מהשמש להיכנס. הגרפים שלמטה מציגים את הכמויות היחסיות של חיידקים חיים שנמצאו בדגימות האבק אחרי חשיפה לאור. העמודה האדומה בחלק השמאלי של הגרף מייצגת את כמות החיידקים החיים, העמודה הכחולה במרכז הגרף מייצגת את כמות החיידקים מבחוץ והעמודה הירוקה בחלק הימני של הגרף מייצגת את כמות החיידקים האנושיים. אתם יכולים לראות שהיו יותר חיידקים בקופסה ללא אור. הגרפים גם מראים את הכמויות היחסיות של חיידקים הדומים לחיידקים שמוצאים מחוץ למבנים, וחיידקים שמוצאים בבני אדם. הנתונים האלה מראים שפחות חיידקים שורדים באור, וכי אלה ששורדים נוטים להגיע מהסביבה החיצונית (מחוץ למבנים סגורים).



איור 1

הזו על גג בניין במשך 90 ימים. זוהי כמות הזמן הממוצעת שאבק מבלה בבתים שלכם לפני שהוא מתנקה. על הגג, הקופסאות חוו יום ולילה, ממש כמו חדרים בבניינים אמיתיים.

מדידת חיידקים אחרי הניסוי

אחרי שהדגימות בילו 90 ימים על הגג, אספנו אותן והכנו אותן לבדיקה. כל דגימת אבק נחצתה לשתיים: חצי אחד נשאר כמו שהוא, חצי אחר טופל באמצעות כימיקל שנקרא PMA. נקשר לדנ"א שנשפך החוצה מתאים מתים שנפתחו. עשינו את זה כדי להסיר את הדנ"א מתאים מתים, כך שנוכל לוודא שאנו מסתכלים רק על דנ"א מתאים חיים שנמצאים בדגימה. על-ידי השוואת דגימת האבק שטופלה עם PMA עם הדגימה הלא מטופלת, יכולנו להשוות את הדנ"א שנמצא באבק כדי להבין אלה סוגי חיידקים מתו כשהם נחשפו לאור.

הסרנו את הדנ"א מהחיידקים באבק הרגיל ומהאבק שטופל ב-PMA על-ידי פתיחת תאי החיידקים ושטיפה של כל דבר שאינו דנ"א. לאחר מכן השתמשנו בשיטה מעבדתית שנקראת ריצוף דנ"א, כדי לקרוא את הדנ"א. השווינו את רצפי הדנ"א החיידקי מדגימות האבק שלנו עם מאגר נתונים של חיידקים מוכרים, כדי להבין אלה סוגי חיידקים נמצאים באבק. זה קצת כמו לחפש את השיר האהוב עליכם באינטרנט, באמצעות מספר מילים בלבד. השווינו את סוגי החיידקים באבק בכל אחד מטיפולי האור שלנו, במטרה לראות אלה סוגים שרדו באלו תנאי תאורה.

חשיפה לאור משנה חברות חיידקים באבק

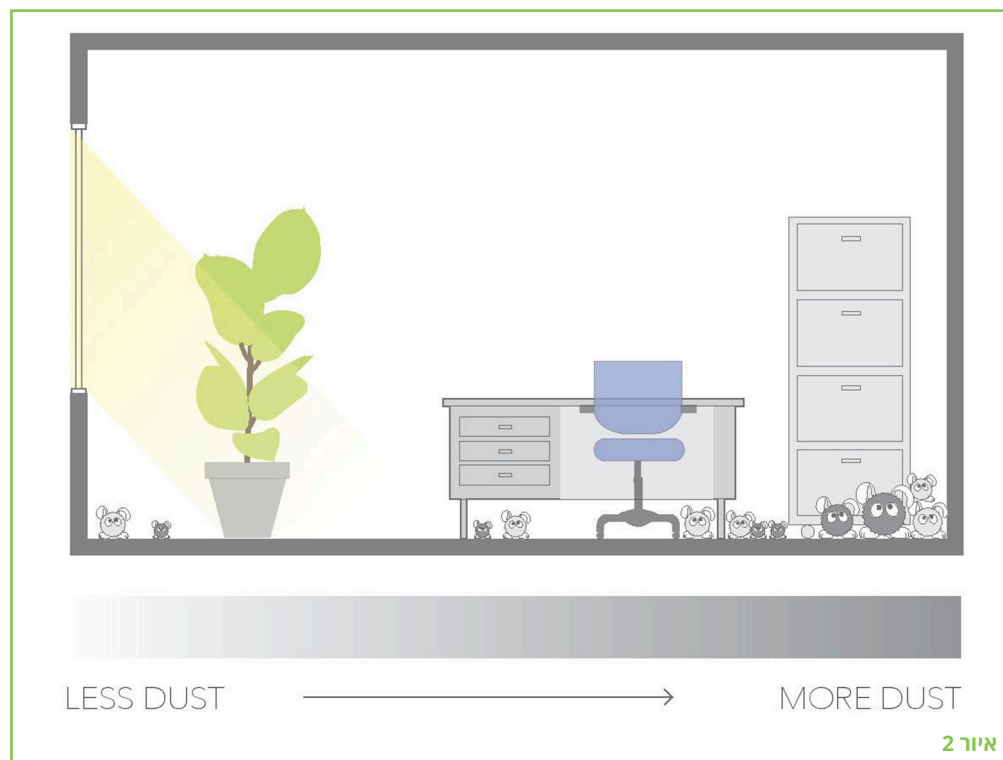
מצאנו שאור אכן השפיע על סוגי החיידקים שנמצאים בקופסאות! הדגימה שבילתה 90 ימים בקופסה החשוכה הכילה יותר סוגי חיידקים שונים משתי הקופסאות שאפשרו לאור להיכנס דרך חלון (איור 2). משמעות הדבר היא שהחושך אפשר ליותר מיני חיידקים לשרוד, ואנו חושבים שהסיבה היא שמיני חיידקים שרגישים לאור לא נהרגו. החיידקים ששרדו בקופסאות החשוכות נטו להיות דומים לאותם מינים שאנו יכולים למצוא על עור אנושי, שעשויים שלא להיות מסוגלים לסבול הרבה אור שמש.

PMA (Propidium Monoazide)

צבע כימי שנדבק לדנ"א ומונע ממכונות ריצוף לראות את הדנ"א.

איור 2

אחרי 90 יום במודל ה"משרדים", "עובדי האבק" שלנו נראו שונים זה מזה. פחות חיידקים היו חיים באבק שנחשף לשני סוגי האור, בהשוואה לדגימות האבק מקופסאות חשוכות. מיני החיידקים שעדיין היו חיים באבק שנחשף לאור היום דומים לחיידקים שנמצאים בדרך כלל בסביבות פתוחות.



איור 2

האבק מהקופסאות עם חלונות שנתנו לאור נראה או לאור אולטרה-סגול להיכנס הכיל פחות חיידקים חיים, מאחר שלא כל החיידקים יכולים לחיות באור השמש (איור 2). החיידקים ששרדו בטיפול האור היו דומים לסוגים שאנו יכולים למצוא צפים באוויר במקומות פתוחים, שבהם מיקרובים צריכים להתמודד עם אור באופן יומיומי. אולם היו הבדלים מסוימים בין סוגי החיידקים המסוימים שנמצאו באבק מקופסאות שאפשרו לאור אולטרה-סגול להיכנס ומקופסאות שאפשרו לאור נראה להיכנס. זה מציע שאור אולטרה-סגול עשוי להרוג חלק מהחיידקים שאור נראה לא הורג, ולהיפך (איור 2).

מה יכול להיות אחראי לשינויים האלה?

איננו חושבים שכמויות גדולות של חיידקים נמצאו בקופסאות החשוכות מאחר שהחיידקים מתרבים בחושך, בגלל שלא היו מספיק מים בסביבת הקופסאות כדי לאפשר לחיידקים להתחלק. מצאנו שסוג החיידק השכיח ביותר בדגימה בקופסה החשוכה היה קבוצה שנקראת *Saccharopolyspora*, שבדרך כלל נמצאת באדמה ובבניינים במקומות כפריים שבאים במגע עם סביבות טבעיות. *Saccharopolyspora* עשוי לתרום למחלות נשימה שבני אדם מקבלים מהימצאות בפנים ומפגש עם החיידק הזה, אולם עדיין נדרש מחקר נוסף כדי להבין מתי ומדוע זה קורה.

מאחר ש-*Saccharopolyspora* וחיידקים אחרים לא נמצאו, או נמצאו בכמויות קטנות מאוד, בקופסאות שנחשפו לאחד מסוגי האור, זה מעלה אפשרות מעניינת שאור עשוי להיות מסוגל להגביל או לשנות גדילה של חיידקים שונים בבניינים שבהם אכפת לנו מאוד מנוכחות החיידקים, כמו למשל בתי חולים. ייתכן שאנו יכולים לעצב בניינים שיאפשרו ליותר אור טבעי, כולל אור נראה ואור אולטרה-סגול, להיכנס, ועל-ידי כך ישמרו על כמויות החיידקים בתוך

המבנה בכמויות נמוכות. אולם המחקר הזה לא בחן אם אחד מסוגי החיידקים שהיו רגישים לאור גם היו מזיקים לבני אדם, כך שאיננו יכולים להסיק מסקנות על השאלה אם הכנסת אור נוסף לבניינים תשפר את בריאות האנשים. יכולתו של מיקרוב לשרוד בסביבה סגורה היא מורכבת ומושפעת מהרבה גורמים, כולל זמינות של לחות והתדירות שבה בני אדם מוסיפים מיקרובים נוספים לסביבה הסגורה. נדרשים ניסויים נוספים כדי לקבוע את תכונות הָרֶג המיקרובים שיש לאור בתנאים שונים, כמו למשל בתנאי לחות גבוהה, שינויים בטמפרטורה, שינויים במיקום השמש ועוד. ניסויים אחרים צריכים להתייחס לאופן שבו חיידקים שרגישים לאור יכולים לתקשר עם אורגניזמים אחרים שנמצאים בחוץ, כמו למשל וירוסים, פטריות ופרוטוזואה.

כיצד אנו יכולים ליישם את הידע הזה כדי לעזור לאנשים?

תוצאות הניסוי שלנו מציעות שאור משפיע על אלה חיידקים יכולים לחיות בתוך הבניינים שלנו. משמעות הדבר היא שארכיטקטים ומומחי תאורה שמעצבים בניינים וקובעים כמה אור ואיזה סוג אור חדר מקבל, יוכלו לסייע לשלוט על אלה חברות מיקרוביות נמצאות איתנו בבתים, במשרדים ובכיתות. בעתיד, גורמים כמו לחות, מיקום הבניין, כמות הצל, מספר האנשים בבניין ואורור, בין השאר, צריכים להיחקר באותו הזמן כדי לקבוע את ההשפעה האמיתית של אור יום על חברות מיקרוביות בתוך הסביבה הבנויה.

מאמר המקור

Fahimipour, A. K., Hartmann, E. M., Siemens, A., Kline, J., Levin, D. A., Wilson, H., et al. 2018. Daylight exposure modulates bacterial communities associated with household dust. *Microbiome*. 6:175. doi: 10.1186/s40168-018-0559-4

מקורות

1. Fahimipour, A. K., Hartmann, E. M., Siemens, A., Kline, J., Levin, D. A., Wilson, H., et al. 2018. Daylight exposure modulates bacterial communities associated with household dust. *Microbiome*. 6:175. doi: 10.1186/s40168-018-0559-4

פורסם אונליין: 28 בינואר 2022

נערך על ידי: Vishal Shah

מנחה מדעי: Maskit Maymon

ציטוט: Rosenberg S, Ishaq S, May J and Fahimipour AK (2022) כיצד חשיפה לאור משנה תְּכָרוֹת חיידקים באבק ביתי. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2019.00148-he

Rosenberg S, Ishaq S, May J and Fahimipour AK (2020) How Light Exposure Changes Bacterial Communities in Household Dust. *Front. Young Minds* 7:148. doi: 10.3389/frym.2019.00148

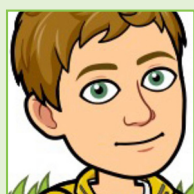
הצרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2020 © Rosenberg, Ishaq, May and Fahimipour 2022. 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.

סוקר צעיר

ADAM, גיל: 13

היי, קוראים לי Adam. אני גר עם ההורים שלי, אחי הגדול, כלב, דג ושתי ציפורים. אני אוהד מושבע של מדע והיסטוריה. אני אוהב לצייר, לכתוב ולקרוא. הספורט האהוב עלי הוא כדורגל. אני נהנה לשחות באוקיינוס ולשחק במשחקי וידאו.



הכותבים

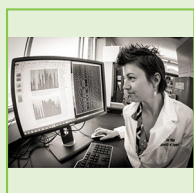
SAM ROSENBERG

Sam Rosenberg הוא בוגר טרי של אוניברסיטת אורגון, שמתמקד בביולוגיה ובמדעי המחשב. כיום הוא עובד כחוקר במעבדה הלאומית פסיפיק נורת'וסט בפורטלנד, אורגון, וחוקר איכות אוויר בתוך מבנים, קודים של בניינים ועילות אנרגטית בבנייני מגורים. התשוקות שלו הן רכיבה על אופניים, ספורט ימי, סביבתנות, קריאה ובילוי זמן עם חבריו ומשפחתו. בעתיד, Sam מקווה לשפר את העולם על-ידי מציאת דרכים אחריות יותר שבהן בני אדם יכולים לגדול ולהתפתח בעולם, תוך הפחתת השפעתם השלילית על הסביבה.



SUE ISHAQ

Sue Ishaq היא פרופסורית משנה למדעי החיות ווטרנירית באוניברסיטת מיין. הרקע המחקרי שלה מתמקד בהבנת חברות מיקרוביות, כיצד הן משתנות עם הזמן, וכיצד הן עשויות לשנות את הבריאות. אתם יכולים לעקוב אחרי העדכונים שלה דרך האתר www.sueishaq.org או דרך הטוויטר [Twitter@DrSueIshaq](https://twitter.com/DrSueIshaq). *sue.ishaq@maine.edu



JULIA MAY

Julia May לומדת לתואר שני בארכיטקטורה באוניברסיטת אורגון, בדגש על טכנולוגיה ברת-קיימא. לפני שהיא למדה באוניברסיטת אורגון, היא סיימה תואר ראשון בלימודי ארכיטקטורה עם תואר משני באומנות מאוניברסיטת מיזורי-קולומביה. עבודתה ב-ESBL כוללת ניתוחי אור יום, מחקר על סינון אוויר, ועיצוב גרפיקה עבור המעבדה לביולוגיה ולסביבה בנויה.



**ASHKAAN K. FAHIMIPOUR**

דוקטור Ashkaan Fahimipour הוא מדען באדמיניסטרציה הלאומית לאוקיינוסים ואטמוספירה, ובמחלקה למדעי המחשב באוניברסיטת קליפורניה, דייזיס. הוא משתמש במתמטיקה ובניתוח נתונים כדי לחשוף תבניות של נתונים ביולוגיים מורכבים, כשתחומי העניין שלו נעים מפונקציות שמקודדות על-ידי דנ"א של חיידקים, ועד לדרכים שבהן דגים מוצאים מזון.

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



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK