



כוח הצמח: מבט מקרוב על רבייה של צמחים

Katherine E. Dahlhausen^{1*}, David A. Coil¹, Luca Comai^{1,2}, Isabelle M. Henry^{1,2}

¹המרכז לנג'ום, אוניברסיטת קליפורניה, דייזיס, דייזיס, קליפורניה, ארצות הברית
²המחלקה לביולוגיה של הצמח, אוניברסיטת קליפורניה, דייזיס, דייזיס, קליפורניה, ארצות הברית

כולנו יודעים שמרבית המזון שאנו אוכלים מגיע מזרעים, משדות שתולים או ממתעים, אולם האם אי פעם חשבתם מהיכן הזרעים עצמם מגיעים? האם אי פעם הערצתם את יופיו של חלקו הפנימי של פרח? תאמינו או לא, שתי השאלות האלה קשורות! המשיכו לקרוא כדי ללמוד על הדרכים השונות שבהן צמחים יכולים להתרבות, וכיצד מדענים חוקרים רבייה של צמחים. אתם גם תלמדו על היתרונות של שיטות שונות של רבייה של צמחים, ומדוע האופן שבו צמחים מתרבים חשוב עבורנו, בני האדם.

חשוב ללמוד על רבייה של צמחים!

כולם יודעים שפרחי צמחים בדרך כלל גדלים מזרעים, אולם האם אי פעם תהיתם מהיכן הזרעים מגיעים? זרעים נוצרים כאשר **אבקה** (מהחלק הזכרי של פרח) מגיעה ל**ביצית** (מהחלק הנקבי של פרח). זה נראה פשוט למדי, אולם למעשה ישנן דרכים שונות שבהן צמחים יכולים להתרבות! במאמר הזה נלמד על חלק מהשיטות של רבייה צמחית, כמו גם על חלק מהיתרונות והחסרונות של שיטות הרבייה השונות האלה.

ישנן סיבות רבות לכך שחשוב למדענים לחקור רבייה של צמחים. לדוגמה, צמחים חשובים מאוד למזון שאתם, משפחותיכם, החברים שלכם והמורים שלכם אוכלים, ואפילו למה שחיות

סוקרים צעירים

ABDUL
גיל: 13



MERCY SCHOOL
גיל: 14-15



אבקה (Pollen)

גרגרים מיקרוסקופיים שגדלים על החלק הזכרי של פרחים בסופו של המאבק (ראו איור 1), שיכולים להפרות את החלק הנקבי של פרחים (ראו "ביצית").

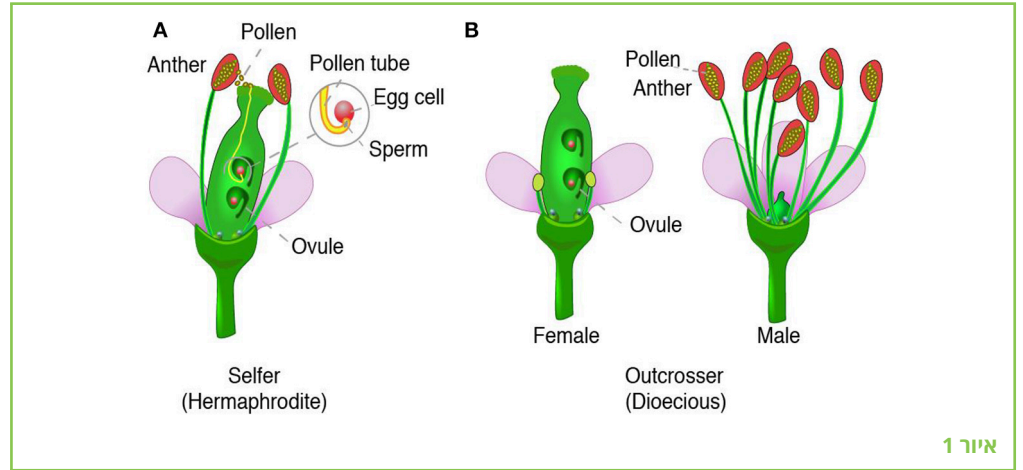
ביצית (Ovule)

החלק הנקבי של פרח שיכול להיות מופרה (ראו "אבקה").

איור 1

האנטומיה של פרחים עם שיטות שונות של רבייה צמחית. (A)

צמח המפרודיטי שמקיים האבקה עצמית. האבקה יכולה להפרות את הביציות שנמצאות בתוך אותו הפרח. (B) צמחים דו-ביתיים שמקיימים הכלאה הדדית, כאשר לצמח אחד יש רק פרחים נקביים ולצמח השני יש רק פרחים זכריים. האבקה מהצמחים הזכריים צריכה "לטייל" לביציות שבתוך הפרח של צמח הנקבה כדי להפרות אותן.



איור 1

צמח המקיים האבקה עצמית (Selfer)

צמח שמפרה את הביציות של עצמו באמצעות האבקנים שלו, כך שהוא יכול ליצור זרעים בעצמו. צמחים כאלה כוללים גם צמחים מונוסיים וגם צמחים הרמפרודיטים.

הרמפרודיטי (Hermaphroditic)

צמח שיש לו איברי רבייה זכריים ונקביים (שלעיתים קרובות) נמצאים באותו הפרח.

מונוסי (Monoecious)

צמח שיש לו איברי רבייה זכריים ונקביים שנמצאים בפרחים שונים.

צמח המקיים הכלאה הדדית (Outcrosser)

צמח שביציות שלו מופרות על ידי אבקנים של צמח שונה מאותו המין. לעיתים לצמחים כאלה יש איברי רבייה זכריים ונקביים באותו הצמח, אולם הם עדיין זקוקים להפריה מצמח אחר.

דו-ביתי (Dioecious)

צמח שיש לו רק פרחים זכריים או רק פרחים נקביים.

המחמד שלכם אוכלות. אנו יכולים לאכול צמחים באופן ישיר, כמו למשל פירות או ירקות. אנו זקוקים לצמחים גם עבור שאר המזון שלנו, כמו למשל עשב שפרות אוכלות כדי לספק לנו חלב, גבינה ויוגורט. באמצעות למידה על צמחים שאנו צריכים עבור מזון, מדענים יכולים להבין כיצד אנו יכולים לגדל יותר צמחים כאלה, כיצד לגדלם יותר ביעילות וכיצד להשתמש בפחות משאבים יקרי ערך כמו למשל אדמה ומים בגידול של המזונות האלה. חוץ ממזון, האם אתם יכולים לחשוב על דרכים נוספות שבהן אנו משתמשים בצמחים?

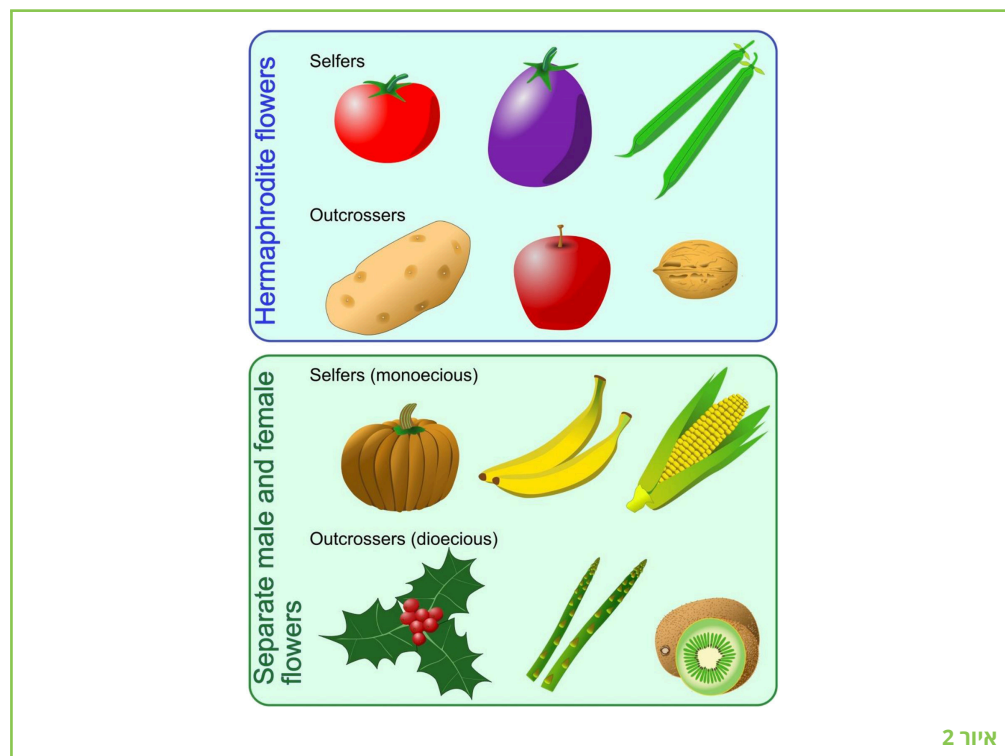
צמחים שמקיימים האבקה עצמית והכלאה הדדית: כיצד שני סוגי הצמחים האלה שונים?

צמחים שמקיימים האבקה עצמית (שנקראים באנגלית selfers מלשון self-עצמי), יוצרים אבקה שיכולה להפרות את הביציות של עצמם (איור 1A). אם לצמח יש חלקים זכריים ונקביים, הוא נקרא **הרמפרודיטי**. לעיתים ישנם פרחים נקביים וזכריים מופרדים, אולם הם עדיין נמצאים על אותו הצמח. הצמחים האלה נקראים **מונוסיים** (משמעות המילה היא "בית אחד"). צמחים מונוסיים הם דוגמאות לצמחים שמקיימים האבקה עצמית, מאחר שהם לא זקוקים לשני צמחים שונים כדי להתרבות. כמה מהצמחים שמקיימים האבקה עצמית ומופיעים באיור 2 אתם מכירים?

צמחים שמקיימים הכלאה הדדית (ידועים באנגלית כ-outcrossers), זקוקים לשני צמחים שונים כדי להתרבות. לעיתים, פרח יכול להכיל גם אבקה וגם ביציות, אולם הם לא יכולים להפרות זו את זו; זה נקרא אי-סבילות עצמית (self-incompatibility). כדי שצמחים שמקיימים הכלאה הדדית יתרבו, האבקה והביציות צריכות להיות מצמחים שונים. במקרים אחרים, שני המינים מופרדים לחלוטין, כאשר חלק מהצמחים מייצרים פרחים זכריים בלבד, ואחרים מייצרים פרחים נקביים בלבד. זה דומה לאופן שבו רבייה פועלת אצל מרבית החיות. מדענים קוראים לצמחים האלה **דו-ביתיים** (איור 1B). האבקה מהצמחים הזכריים צריכה "לטייל" אל הביציות של הצמחים הנקביים כדי לייצר זרעים. בסביבות 5% בלבד ממיני הצמחים הידועים הם דו-ביתיים, אולם זה לא אומר שהם לא שכיחים! [1]. כמה מהצמחים שמופיעים באיור 2 ומקיימים הכלאה הדדית אתם מכירים?

איור 2

כמה דוגמאות של צמחים עם פרחים המפרודיטים ופרחי זכר ונקבה מופרדים אתם מכירים? צמחים המפרודיטים שמקיימים האבקה עצמית כוללים עגבניות, חצילים ושעועית ירוקה. צמחים המפרודיטים שמקיימים הכלאה הדדית כוללים אגוזי מלך, תפוחי עץ ותפוחי אדמה. צמחים שמקיימים האבקה עצמית ומכילים פרחים שונים (מונוסיים) כוללים דלעת, בננה ותיירס. צמחים שמקיימים הכלאה הדדית ומכילים פרחים שונים (דו-ביתיים) כוללים צינית, אספרגוס וקיווי.



איור 2

איצד מדענים חוקרים צמחים דו-ביתיים?

ישנן עדיין תעלומות רבות בנוגע לאופן ולסיבה לכך שחלק מסוגי הצמחים שמקיימים הכלאה הדדית הם דו-ביתיים. מדענים החליטו להסתכל בדנ"א של סוגי צמחים דו-ביתיים שונים רבים, כדי לנסות להבין מה גורם להם להיות זכריים או נקביים. יש הרבה דברים שאפשר ללמוד מהדנ"א שלא כל כך פשוט ללמוד מהסתכלות על צמח או מגידולו. רצף הדנ"א דומה לאותיות על מקלדת: האותיות עצמן לא אומרות כלום, אולם כשאתם מחברים אותן יחד אתם יכולים ליצור מילים. ה"מילים" האלה בדנ"א נקראות גֵנִים, והן מספקות לצמחים מידע כמו למשל מה תהיה צורת העלים שלהם, האם הם יגדלו קוצים או לא, או האם הם יהיו זכריים או נקביים.

מדענים השוו בין גֵנִים של כמה צמחים דו-ביתיים במטרה להבין אלה גנים חשובים בקביעת הזכריות או הנקביות של הצמח. הם גילו שישנן כמה דרכים שבהן צמח יכול לקבוע את המין שלו. לדוגמה, יכולים להיות גנים בדנ"א שגורמים לצמח להיות זכרי או גנים שמונעים ממנו להיות נקבי [1].

התבוננות על דנ"א של צמחים היא לא הדרך היחידה שבה מדענים יכולים ללמוד על ההבדלים שבין צמחים זכריים ונקביים. לדוגמה, הם יכולים לחקור את הבדלי הצורה בין פרחים זכריים ונקביים. אתם גם יכולים לעשות את זה!

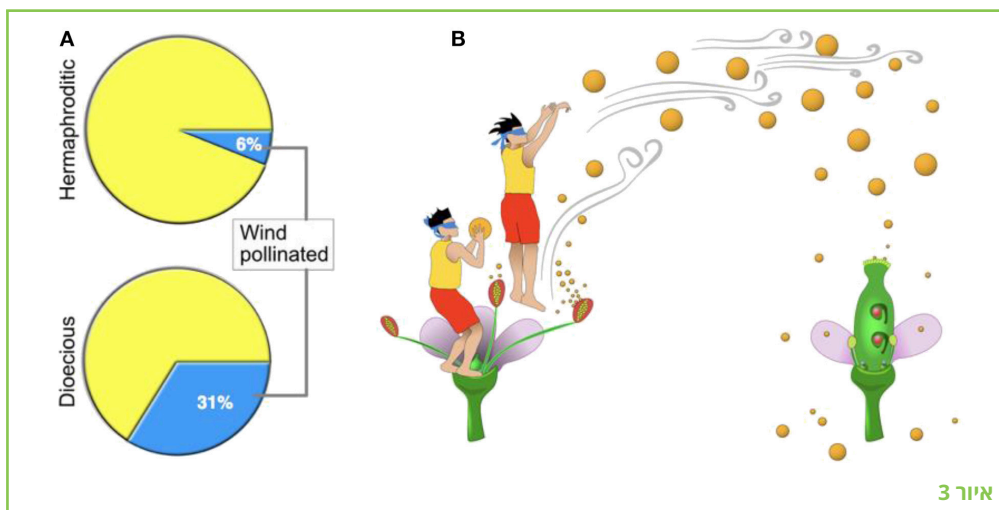
יתרונות וחסרונות של שיטות רבייה

שלא כמו בני אדם, צמחים לא יכולים לזוז. משמעות הדבר היא שצמחים צריכים להשתמש באסטרטגיות אחרות כדי להזיז אבקה לביציות לצורך ייצור זרעים. עבור צמחים המקיימים הכלאה הדדית, הצמחים הזכריים לא צריכים להשקיע את האנרגיה שלהם ביצירת זרעים, אז

איור 3

צמחים דו-ביתיים רבים משתמשים ברוח כדי

שתייע בהאבקה. (A) רק 6% מהצמחים שמקיימים האבקה עצמית, לעומת 31% מהצמחים הדו-ביתיים, משתמשים ברוח עבור האבקה. (B) האבקה באמצעות הרוח דורשת הרבה יותר אבקה! ממש כמו קליעה לסל, ככל שאתם נמצאים יותר רחוק מהטבעת (ביצית הנקבה), כך תזדקקו ליותר "זריקות" (גרגירי אבקה) כדי להגדיל את הסיכויים להגיע ל"חישוק".



הם יכולים להשקיע יותר אנרגיה ביצירה של אבקה איכותית ובהפצתה. באופן דומה, מאחר שצמחים נקביים לא צריכים לייצר אבקה, הם יכולים להשקיע יותר אנרגיה ביצירת ביציות איכותיות. משמעות הדבר היא שהם יכולים להעביר יותר משאבים לצאצאים שלהם כדי לשפר את סיכוייהם לשרוד. יתרה מזו, מאחר שצמחים דו-ביתיים זקוקים לשני סוגי צמחים שונים כדי להתרבות, הצאצאים יכולו מגוון רחב יותר של גנים שהם מקבלים מהוריהם. זה חשוב במיוחד אם הסביבה משתנה, מאחר שצאצאים עם מגוון גדול יותר של גנים יהיו בעלי סיכויים גבוהים יותר להכיל גנים שמסייעים להם להסתגל לסביבה חדשה. מצד שני צמחים שמקיימים האבקה עצמית, שהצאצאים שלהם קיבלו גנים רק מהורה אחד, יכולו מגוון קטן יותר של גנים ועשויים לחוות קשים בהסתגלות לשינויים בסביבה. זהו יתרון די משמעותי עבור צמחים שמקיימים הכלאה הדדית! למדתם קודם שרק 5% ממיני הצמחים מתרבים באופן הזה – זה לא הרבה. האם אתם יכולים לחשוב על סיבות לכך שהכלאה הדדית עשויה שלא להיות האסטרטגיה הטובה ביותר עבור התרבות של צמח?

למדענים יש כמה רעיונות מדוע צמחים שמקיימים הכלאה הדדית אינם שכיחים כמו צמחים שמקיימים האבקה עצמית. ראשית, מאחר שצמחים זכריים ונקביים שמקיימים הכלאה הדדית זקוקים לסביבה ולמשאבים דומים כדי לשרוד, הם צריכים להתחרות זה בזה אם הם קרובים אחד לשני. 31% מהצמחים הדו-ביתיים נמנעים מעניין התחרות באמצעות הסתמכות על הרוח שתישא את האבקה לצמחים הנקביים. זה הרבה יותר מאשר 6% של צמחים שמקיימים האבקה עצמית שמשמשים בהאבקה באמצעות הרוח (איור 3A) [1]. בעוד שהצמחים כבר לא מתחרים על משאבים כשהם משתמשים ברוח עבור האבקה, הזכרים צריכים ליצור הרבה יותר אבקה כדי להגדיל את הסיכויים שהאבקה שלהם תגיע לביציות הנקבות המרוחקות. אתם יכולים לחשוב על זה כמו זריקת כדורסל אל הסל (איור 3B). להיות צמח שמקיים האבקה עצמית זה כמו לזרוק כדורסל ממש מתחת לחישוק הסל. להיות צמח דו-ביתי זה כמו לזרוק כדורסל לסל שנמצא במרחק של חצי מגרש: אתם צריכים הרבה יותר כדורים כדי להגדיל את הסיכויים שלכם לקלוע לסל.

הסיבה השנייה לכך שצמחים שמקיימים הכלאה הדדית עשויים שלא להיות שכיחים כמו צמחים שמקיימים האבקה עצמית היא שגם הזכרים וגם הנקבות לא מסוגלים לייצר צאצאים ללא המין השני. אם כל הזכרים או כל הנקבות ימותו, אז מיני הצמח יכחדו. צמחים בעלי האבקה

עצמית לא צריכים לדאוג לגבי העניין הזה מאחר שהם לא תלויים בצמחים אחרים עבור ייצור של זרעים.

כיצד המידע הזה מסייע לחקלאים?

חקלאים חשובים מאוד עבורנו מאחר שהם מגדלים את המזון שאנו אוכלים. מדענים יכולים לחלוק עם חקלאים את מה שהם לומדים על צמחים, כך שהם יוכלו לגדל יותר מזון ובאופן יותר יעיל. בואו נאמר שאתם חקלאים ושאתם רוצים לגדל גפני קיווי, שאתם יודעים שהוא דו-ביתי. כחקלאים, אתם צריכים לגדל עצי קיווי זכריים, שלא מייצרים פירות קיווי אולם נדרשים כדי לייצר אבקה לעצי הקיווי הנקביים. אתם יכולים לשאול מדענים מהי כמות גפני הקיווי הזכריים הקטנה ביותר שצריך במטרה להאביק את גפני הנקבה, כך שלא תצטרכו לבזבז משאבים כמו מים ואדמה כדי לגדל גפנים זכריים מיותרים. יתרה מזו, כחקלאי קיווי אתם יודעים שאתם צריכים לגדל את הגפנים שלכם במשך כמה שנים לפני שהם מתחילים להניב פירות. כאשר גפן קיווי הוא צעיר, קשה לומר אם הוא זכרי או נקבי. אתם יכולים לבקש ממדענים להסתכל על הדנ"א של גפן הקיווי הצעיר שלכם במטרה להבין אלה גפנים זכריים ואלה נקביים. אתם יכולים להשתמש במידע הזה כדי לוודא שהצמחים הזכריים מפוזרים טוב בחווה שלכם, ושאינ יותר מדי גפנים זכריים בסך הכול.

מסקנות

נעת, משלמדתם על האופן שבו רבייה צמחית פועלת, אתם יכולים להסתכל אחרת על צמחים. בפעם הבאה שתראו פרח, אולי תרצו להסתכל עליו מקרוב יותר. האם אתם יכולים להניד אם יש לו חלקים זכריים, או נקביים, או שניהם? בפעם הבאה שתראו צמח שהזכרנו במאמר הזה, אולי תספרו על כך לחברים או למשפחה שלכם. "היי, האם אתם יודעים שהקיווי בצלחת שלי הוא צמח דו-ביתי?!"

מאמר המקור

Henry, I. M., Akagi, A., Tao, R., and Comai, L. 2018. One hundred ways to invent the sexes: theoretical and observed paths to dioecy in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 69:553–75. doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040615

מקורות

1. Henry, I. M., Akagi, A., Tao, R., and Comai, L. 2018. One hundred ways to invent the sexes: theoretical and observed paths to dioecy in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 69:553–75. doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040615

פורסם אונליין: 24 בפברואר 2022

נערך על ידי: Johnathan J. Dalzell

מנחה מדעי: Musharraf Jelani, Fares Najar

ציטוט: Dahlhausen KE, Coil DA, Comai L and Henry IM (2022) כוח הצמח: מבט מקרוב על רבייה של צמחים. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00008-he

Dahlhausen KE, Coil DA, Comai L and Henry IM (2020) Flower Power: A Close Look at Plant Reproduction. Front. Young Minds 8:8. doi: 10.3389/frym.2020.00008

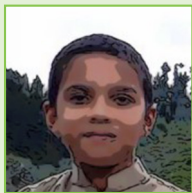
הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2020 © Dahlhausen, Coil, Comai and Henry 2022. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפרומואים 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.

סוקרים צעירים

ABDUL, גיל: 13

Abdul מתעניין מאוד במגוון ביולוגי, עם תשומת לב מיוחדת למינים שנכחדו או שנמצאים בסכנת הכחדה. הוא אוהב את החיים באוקיינוס ובהרים, והוא מקווה שגם ימצאו חיים בחלל. יש לו אהבה נפלאה לציור תרשימי טבע שונים.



MERCY SCHOOL, גיל: 14-15

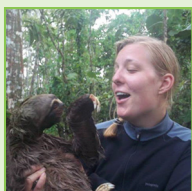
אנחנו קבוצה של ממציאנים! אנו אוהבים לבנות וליצור כדי למצוא פתרונות לבעיות בעולם האמיתי. התלמידים שלנו מגיעים מכל רחבי האזור להשתתף בשיעורי בית הספר.



הכותבים

KATHERINE E. DAHLHAUSEN

Katherine השלימה את לימודיה בקולג' לואיס וקלארק בפורטלנד, אורגון, עם תואר ראשון כפול בפיזיקה וביולוגיה. לאחר מכן היא עברה לקליפורניה והתחילה את הדוקטורט שלה באוניברסיטת קליפורניה, דיוויס, תחת הנחייתו של בוס מגניב ביותר, דוקטור ג'ונתן אייזן. ל-Katherine יש מגוון רחב של תחומי עניין וחינוך, אולם המחקר העיקרי שלה מתמקד בהבנת האופן שבו תרופות משנות חברות מיקרוביות בקוֹאֵלוֹת. הדברים שהיא הכי אוהבת לעשות הם לבלות עם ילדים ולחקור את הטבע! katdah@ucdavis.edu



DAVID A. COIL

David חוקר מיקרובים באוניברסיטת קליפורניה, דיוויס, במעבדה של דוקטור ג'ונתן אייזן. הוא קיבל את הדוקטורט שלו בשנת 2005, כשהוא חקר את האופן שבו וירוסים נכנסים לתאים. מאז הוא עבד על חיידקים מזיקים ועל מגוון רחב של מיקרובים מעניינים ממקומות מגניבים, כולל ישבנים של התולים, צופיות, עשבי ים ותחנת החלל. David מתעניין במיוחד בחינוך ובתקשור המדע לציבור.





LUCA COMAI

Luca הוא פרופסור באוניברסיטת קליפורניה, דיוויס, שם הוא מוביל קבוצת מחקר שחוקרת כיצד הדנ"א של צמחים מאורגן. הוא גדל באיטליה, שם הוא קיבל את התואר הראשון שלו בחקלאות מאוניברסיטת בולוניה. הוא עבר לארצות הברית כדי להמשיך בלימודיו, וקיבל את הדוקטורט שלו בנושא מחלות צמחים בשנת 1980. מאז, הוא עבד על מגוון רחב של פרויקטים וכמות כמעט זהה של מיני צמחים, והוא תמיד מתעניין בהבנת האופן שבו הם מתפקדים, ובמיוחד מה קורה כשהכרומוזומים שלהם משתנים. בין שאר תחביביו הוא נהנה לצייר, כפי שאפשר לראות באיורים שכלולים במאמר הזה.



ISABELLE M. HENRY

Isabelle היא מבלגיה, במקור, אולם היא קיבלה את הדוקטורט שלה מאוניברסיטת וושינגטון בסיאטל, שם היא חקרה כיצד צמחים מגיבים לשינויים במספרי הכרומוזום. היא הייתה מדענית פרויקטים במרכז הנג'ום של אוניברסיטת קליפורניה, דיוויס, וחברה במחלקה לביולוגיה של הצמח מאז 2011. היא מתעניינת בהבנת החשיבות של מספר הכרומוזום על תפקוד הצמח במגוון רחב של יבולים ומיני צמחים. לדוגמה, היא חוקרת כרומוזומי מין של צמחים באפרסמון, או את ההשפעה של הוספה או הסרה של פיסות כרומוזומים בהיווצרות עץ בעצי צפצפה.

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