



פטריות כמחוללות מחלות בקרב צמחים

Demetrio Marcianò^{1†}, Chiara Mizzotti^{2*†}, Giuliana Maddalena¹, Silvia Laura Toffolatti^{1*}

¹המחלקה למדעי החקלאות והסביבה, אוניברסיטת מילנו, מילנו, איטליה

²המחלקה לביו-מדעים, אוניברסיטת מילנו, מילנו, איטליה

סוקרות צעירות

ANNA
גיל: 16



KATIE
גיל: 15



RIA
גיל: 15



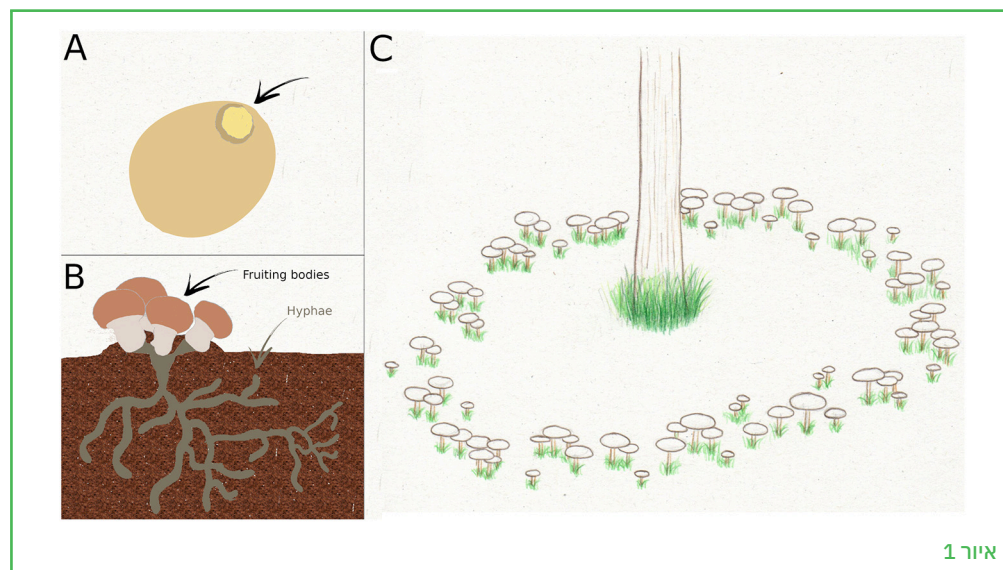
אם אי פעם השאתם במטבח פירות, ירקות, או אפילו לחם במשך זמן רב, ככל הנראה הבחנתם בכיסוי אפור ופלומתי שנוצר עליהם. מהם בדיוק הסיבים האפורים-לבנים האלה? האם הם מסוכנים עבורנו? מדובר ביצורים חיים, המשתייכים לקבוצת אורגניזמים שנקראת פטריות. הפטריות האלה גדלות על אורגניזמים אחרים, ומשתמשות בהם כמקור להזנה. במאמר זה נכיר לכם את הפטריות, ונתאר כיצד הן תוקפות צמחים, פירות וירקות.

פטריות יכולות לתקוף צמחים

רבים מאיתנו מכירים פטריות כאורגניזמים שגורמים למחלות, או כפטריות מאכל שגדלות על דשא או ביערות. דוגמאות אלה הן רק כמה מתוך קבוצות גדולות של פטריות, שמכילות אלפי פרטים. לדוגמה, שְמָרִים, שמדענים מכנים אותם שְמֵר האפייה – אורגניזמים חד-תאיים שמשמשים להתפחה של לחם או בצק פיצה, או להתססת יין ובירה, הם פטריות (איור 1A). ביכולתנו גם להפיק תרופות, כמו למשל אנטיביוטיקות, מפטריות מסוימות. אלה דוגמאות לאופן שבו פטריות יכולות להיות מועילות עבורנו.

איור 1

דוגמאות שונות של פטריות. (A) תאי שמרים הם פטריות חד-תאיות קטנות במיוחד (בגודל 0.003-0.04 מ"מ), שמתרבים בעיקר באמצעות הנָּצָה, שבה תאי בת נפרדים מתא האם, ומשאירים עליו סימן נראה לעין (חץ שחור). (B) גדילה של קורים (Hyphae). מבנה הפטריות שאנו מכירים נקרא גוף הפרי (Fruiting body). (C) עיגולי פטריות, שלעיתים קרובות נקראים fairy rings, יכולים להופיע במדשאות וביערות. הם תוצאה של צורתו המעגלית של הפטיר תת-קרקעי.



איור 1

פתוגן

(Pathogen)

גורם (כמו וירוס, חיידק, או פטרייה) שיכול לגרום למחלה אצל אורגניזם חי.

פטרייה (רבים: פטריות)

[Fungus (pl. fungi)]

קבוצה של אורגניזמים חיים שאינם בעלי חיים, צמחים, או חיידקים. פטריות מוכרות הן פטריות מאכל, עובש ושמרים. הן סופגות את מזונן מאורגניזמים מתים או חיים, וחלק מהן יכולות לגרום למחלות אצל צמחים ובעלי חיים.

גוף הרבייה

(Fruiting body)

החלק של הפטרייה שבו מיוצרים הנבגים. בדרך כלל, הוא קשור לחלק של הפטרייה שאותו אנו אוכלים.

קור (רבים: קורים)

[Hypha (pl. hyphae)]

רצועות דקות שמוצרות על ידי פטריות במטרה לגדול ולצרוך מזון.

תפטיר (רבים: תפטירים)

[Mycelium (pl. mycelia)]

ה"גוף" העיקרי של פטריות, שמכיל רשת של קורים.

נבג

(Spore)

מבנה של רבייה. נבגים יכולים לשרוד במשך זמן רב בתנאים בלתי מועדפים.

אולם, ישנן גם פטריות שתוקפות צמחים, וגורמות להם למחלות. אורגניזמים גורמי מחלות, לרבות פטריות, נקראים **פתוגנים**. פתוגנים של צמחים משתמשים בצמחים המארחים שלהם כחומרי מזון, או כמקום להתרבות בעצמם, ועקב כך נגרם נזק לצמח. פתוגנים פטריתיים מסוכנים במיוחד עבור צמחים, ועלולים לגרום לאובדן של קציר יבולים או, במקרים החמורים ביותר, למוות של צמחים. פטריות עלולות גם להשפיע באופן שלילי על איכות היבולים, ולגרום להצטברות רעלים בתוך הצמחים. הרעלים שמוצרים על ידי חלק מהפטריות מסוכנים לבני אדם ולבעלי חיים.

מהי פטרייה?

כשאנו חושבים על פטריות, אנו בדרך כלל מדמיינים פטריות אכילות, כמו פטריות שמפינון. אולם, מבנה הפטריות הוא רק חלק אחד מהפטרייה, שנקרא **גוף הרבייה** (איור 1B). לפטריות יש מגוון צורות וצבעים. מרבית הפטריות נוצרות מרצועות דמויות-חוטים שנקראות **קורים**. אלה הם מבנים שמאפשרים לפטריות לגדול ולצרוך מזון, וביכולתם גם ליצור מבנים מתמחים שהכרחיים להישרדותן של פטריות, או מאפשרים להן לתפוס טָרֶף. לפטריות שאנו רגילים לראות יש קורים שגדלים בעיקר מתחת לאדמה, בצורת רשתות צפופות של רצועות, שנקראות **תפטיר**. התפטיר התת-קרקעי יכול לעיתים לגדול בצורה מעגלית, כשגופי הרבייה נמצאים בקצותיו (איור 1C).

פטריות מתרבות באמצעות ייצור **נבגים**, שהם סוג של זרעים שיכולים להיווצר ישירות על גבי התפטירים או על מבנים מתמחים אחרים. חלק מהפטריות מייצרות את גוף הרבייה של פטריות מאכל, שאותו אנו מכירים, במטרה להפיץ נבגים לסביבה. מנבג יחיד, פטרייה יכולה לייצר קורים חדשים שיגדלו להיות תפטיר חדש [1]. התפטיר יכול להיות מוגדר כ"גוף" הפטרייה האמיתי, בעוד שהנבגים מהווים צאצאים שלו.

פתוגנים פטרייתיים – אורגניזמים הרסניים

בתנאי אקלים מסויימים, פתוגנים פטרייתיים יכולים לגדול באופן מעריכי (אקספוננציאלי) ולהרוס יבולים. לדוגמה, פטרייה שנקראת בּוּטְרִיטִיס יכולה להרוס יותר מ-80% מפרחי

התות ופירותיו [2]. אותה הפטרייה יכולה גם לתקוף עגבניות, להשפיע על יותר מ-70% מצמחי העגבנייה ולגרום למוות בטרם עת. פטרייה זו מסוגלת להשפיע על יותר מ-1,400 מיני צמחים שונים, לרבות ענבים, פטל, אָסְנָה, שעועית, חסה, וכן על פרחים דוגמת ורדים, גַּרְבָּרוֹת, חניניות וסחלבים.

הוערך שפתוגנים פטרייתיים גורמים לאובדן של מאות מיליארדי דולרים ברחבי העולם מדי שנה. בני אדם יכולים לסבול ישירות מהתוצאות של מתקפות הנגרמות על ידי פטריות. לדוגמה, רָעַב תפוחי האדמה הגדול באירלנד (1845–1852), אשר גרם למותם של מיליון בני אדם, נוצר על ידי פתוגן שנקרא כְּמֶשֶׁן תפוחי האדמה, אשר הרס תפוחי אדמה – מקור המזון העיקרי של אנשים דלי אמצעים באותה התקופה.

מחזור המחלה של פתוגן פטרייתי

פתוגנים פטרייתיים יכולים לחיות בתוך צמחים או על פני השטח שלהם. לכן, כדי לשרוד, מחזור החיים של הפטרייה צריך לעקוב אחרי שלבי הגדילה של הצמח. חשבו על עצי תפוח: בסתיו הם מאבדים את עליהם, ובחורף הם חיים אך רדומים. פטרייה פתוגנית אשר חיה על עלים של עץ תפוח צריכה להיות מסוגלת לשרוד עד האביב, כאשר עלים חדשים זמינים. במקרים כאלה, פטרייה פתוגנית יכולה לייצר נבגים או קורים מיוחדים שנקראים סְקְלֶרוֹטִיָה, בכדי להתמודד עם תנאים בלתי מועדפים. פטריות אחרות מתחבאות בתוך הצמח, ומחכות לתנאים מועדפים יותר, או נעות לצמחים מארחים אחרים שפעילים במהלך תקופה בלתי מועדפת. חלק מהפטריות שורדות בחורף באדמה, על ידי כך שהן ניזונות מצמחים מתים ומחומרים שמקורם בבעלי חיים.

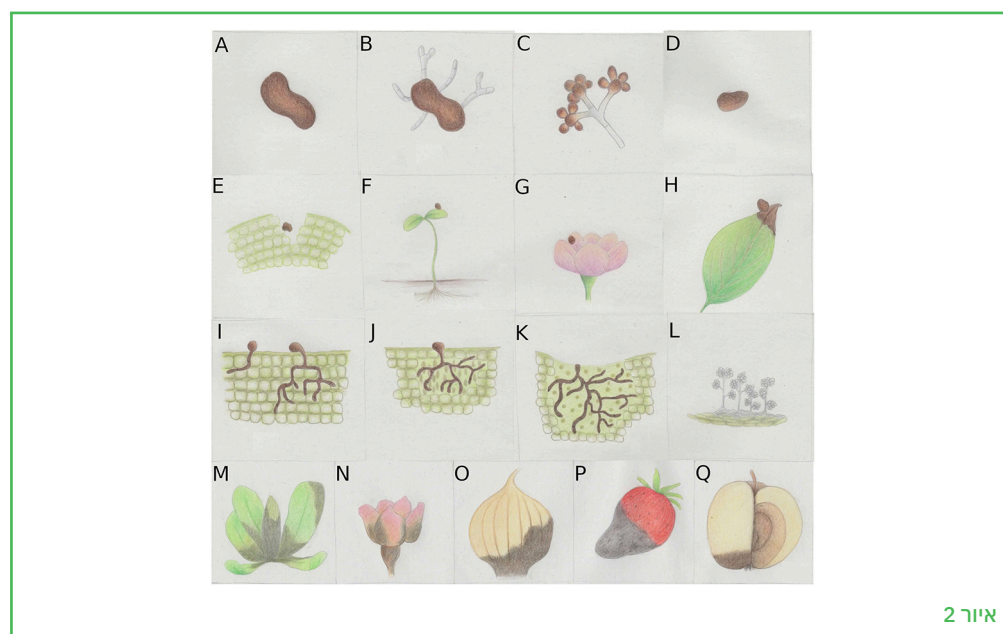
כאשר הצמח המארח נעשה זמין באביב, הפטרייה מוכנה להדביק (איור 2). כדי להגיע לצמח, הפטרייה מייצרת נבגים, שמועברים על ידי רוח, מים, או בעלי חיים, כמו חרקים. כשהם על הצמח, הנבגים נדבקים אל פני השטח שלו, וההדבקה מתחילה. הדבקה מכילה

סקלרוטיום (רבים): סקלרוטיה (Sclerotium (pl. sclerotia))

מְסָה קומפקטית של קורים שמוצרים על ידי פטריות במטרה לשרוד בתנאים קשים. הסקלרוטיום מאפשר גדילה של פטריות חדשות או נבגים שמייצרים מבנים כאשר תנאי הסביבה מתאימים.

איור 2

גדילה של הפטרייה הפתוגנית בוטריטיס (A) הסקלרוטיה, שהיא מבנה ההישרדות. (B,C) באביב, סקלרוטיה מתפתחת, ומייצרת קורים עם נבגים בקצותיהם. (D) נבגים משוחררים. (E-H) נבגים מגיעים לרקמות פצועות של צמחים או לאיברי צמחים. (I) נבגים מתפתחים, חודרים ופולשים לרקמות, ומייצרים קורים. (J,K) פטריות מזיקות לתאי צמחים כאשר הן ניזונות מרקמות הצמח האלה. (L) כאשר פטריות אוספות מספיק חומרי מזון, הן מייצרות נבגים חדשים, שנראים כמו טחב אפור (N), כדי לבצע שוב את המחזור. (M-Q) תסמינים משתנים כתלות במיני צמחים ובאיבר שנדבק [3].



איור 2

שני שלבים: חדירה אל רקמות הצמח המארח, והקמת מושבות בתוך רקמות אלה. הפְּדִיָּה אל רקמות המארח מתבצעת במטרה להגיע לחומרי המזון שבתוכו. הפטרייה יכולה לחדור דרך פתחים טבעיים בצמח, או להיכנס דרך פגיעות על פני השטח של הצמח, שנוצרו עקב נזק שגרמו חרקים, למשל. לחלופין, חלק מהפטריות חודרות לצמח באמצעות גרימת נזק לפני השטח שלו על ידי חומרים מתמחים או מבנים מתמחים. לאחר החדירה, הקורים מיוצרים. במהלך הקמת המושבה, הקורים גדלים ברקמות ומגיעים אל חומרי המזון. חלק מהפטריות הורגות את תאי הצמח באופן מיידי כדי לצרוך את חומרי המזון שלהם, בעוד שסוגי פטריות אחרים צורכים חומרי מזון מְּאָאִים חיים דרך מבנה מתמחה שמיוצר מהקורים.

חלק מהפתוגנים הפטרייתיים מבצעים רק מחזור הדבקה אחד בעונה, בעוד שאחרים מבצעים כמה מחזורים בעונה, על ידי יצירת נבגים חדשים בסיום תהליך הקמת המושבה. מספר מחזורי ההדבקה החדשים בעונה תלוי בתנאי מזג האוויר: אם תנאי מזג האוויר מתאימים, מתרחשים כמה מחזורים שניוניים, וגורמים נזק גדול לצמחים וליבולים [4].

תסמינים שכיחים של מחלות פטרייתיות

תסמינים הם ההשפעות הנצפות של מחלה שנגרמת על ידי פתוגן. פטריות שונות יכולות לתקוף צמחים שונים ואיברי צמחים שונים, ולכן זיהומי פטריות עשויים לגרום לטווח עצום של תסמיני מחלה, כמו למשל שינויים בצבע ובצורה; ריקבון, פציעה ונְבִילָה (איור 3). שינויי

איור 3

תסמינים שנגרמים על ידי פטריות. שינויי צבע על גפן (A) - downy mildew, מחלה של העלווה, בענבים ועל בזיליקום (B) - downy mildew, מחלה של העלווה, בבזיליקום). שינויי צורה על אפרסק (C) - peach leaf curl, נְמֶק על גפן (D) - grape black rot, רְקֵב על תפוז (E) - rot fungus. עובש שחור על לחם (F) - black bread mold. עובש על גפן (G) ועל עשב (H). פטריית בּוֹטְרִיטִיס על גפן ועל תות (I, J) ועובש שחור על ענבים (K). פטריית scab על תפוחים (L) ועץ אֶשׂוּר שמת מרקב יבש (M), נְמֶק בענבים (N) - downy mildew, מחלה של העלווה). נְבִילָה של גפן (leaf stripe disease - O). ריקבון יבש של גוף הרבייה (P).



איור 3

צבע יכולים להופיע כעלים צהובים, ולעיתים מלווים בשינויים במבנה העלה. מוות של תאים גורם לחלקים בצמח להירקב, וצובע את רקמות הצמח בצבע שחור כהה, שיכול להופיע כנקודות על העלים, או ככתמים רקובים על פירות. עובש אינו תסמין של מחלה – אלה החלקים הנראים של הפטרייה על פני השטח של הצמח, כולל התפטיר והנבגים. חלק מהמחלות הפטרייתיות גורמות לפצעים קטנים על איברי הצמח, שנקראים גלדים (scabs). תסמיני המחלה מסייעים לנו לפענח איזו מחלה פטרייתית משפיעה על הצמח, כדי שנוכל לספק את כלי ההגנה המתאימים לטיפול בזיהום.

בקרת מחלות

מאחר שצמחים לא יכולים לתקשר איתנו, לעיתים קשה להבין מתי הם חולים. יתרה מזו, בשלב שבו אנו מבחינים בתסמיני מחלה על רקמות של צמח, כבר לא ניתן לרפא את הצמח. מה שביכולתנו לעשות הוא רק לצמצם את הנזק על ידי הפחתת ההתפשטות של המחלה לאיברים שכנים ולצמחים בריאים, כלומר מניעה היא הדרך הטובה ביותר לנהל מחלות של צמחים. כמה שיטות משמשות למניעת מחלות פטרייתיות: תרבות של **מגוון יבולים** שעמידים לפטריות; שימוש בטכניקות חקלאות מתאימות, ושימוש בקוטלי פטריות – חומרים כימיים שמסוגלים להרוג פטריות.

יבול עמיד יכול להפעיל אסטרטגיות שונות כדי להתגבר על מתקפה של פטרייה והתפתחותה, כמו מחסומים פיזיים חזקים יותר או ייצור של רכיבים אנטי-פטרייתיים [5]. לרוע המזל, עמידותו של יבול עמיד היא רק למגוון מוגבל של פתוגנים פטרייתיים, ולעיתים הפטרייה יכולה להתגבר על עמידות הצמח. כך או אחרת, שימוש מתאים ביבולים שעמידים לפטריות יכול להפחית את הבעיות שנגרמות על ידי פתוגנים של צמחים.

טכניקות בחקלאות מְכַנְנֹת להפחית את התנאים שמעודדים התפתחות מחלות פטרייתיות. לדוגמה, על ידי הסרה והריסה מהירה של צמחים חולים, או על ידי חיטוי האדמה או זרעי הצמחים באמצעות חום או כימיקלים, חקלאים יכולים להפחית את כמות הפטריות שנמצאות בסביבת היבול. מחזור גידולים מפחית את מספר הנבגים באדמה, באמצעות שינוי סוגי היבולים שגדלים בשדה בכל שנה. כמו כן יש להשקות ולְדַשֵּן את היבולים במידה מאוזנת, כדי להימנע מייצור עודף של עלים, אשר מעודד את ההתפשטות של פתוגנים פטרייתיים.

לעיתים קרובות, האמצעים האלה אינם יעילים בהשגת הגנה מלאה מפני מחלות פטרייתיות, וכדי למנוע זיהומים פטרייתיים, חקלאים צריכים לעשות שימוש בקוטלי פטריות [4]. חשוב לזכור שרק מומחים יכולים להשתמש בקוטלי פטריות, תחת תנאים מבוקרים, מאחר ששימוש בלתי הולם במוצרים אלה עלול להזיק לבני אדם, לאורגניזמים אחרים ולסביבה.

מנעו פטריות בביתכם!

לעיתים אתם מבחינים בפטריות שגדלות על המזון שלכם. חלקן עשויות להיות פתוגנים של צמחים שנישאו על פני השטח של המזון ישירות מהשדה, בעוד שאחרות יכולות להיות פטריות שנמצאות בביתכם!

מגוון יבולי (Crop variety)

קבוצה מסוימת של צמחים שנבחרה על ידי בני אדם בשל מאפייניה (לדוגמה, איכות הפרי או עמידות למחלות).

כדי לשמור על מזונכם בטוח לאכילה ולמנוע בזבז של מזון, ישנם כמה אמצעים שאתם יכולים לנקוט בהם במטבח הביתי:

- שמרו על מקומות אחסון המזון נקיים – במטרה להגביל נוכחות של נבגים.
- השליכו לפח במהירות מוצרים רקובים או מעופשים – כדי למנוע את התפשטות הפטריות.
- אחסנו מזון במקומות קרירים ויבשים ככל הניתן – פטריות גדלות בתנאים לחים וחמים.
- הקפידו על טיפול בצמחי הבית – בדקו באופן שוטף אם פיתחו תסמיני מחלה, והסירו עלים נגועים כדי למנוע התפשטות של מחלה. כאשר צמח מת, החליפו את האדמה בכלי שלו, כי ייתכן שהפטריות או הנבגים עדיין נמצאים באדמה.

באמצעות שיטות פשוטות אלה נוכל להגן על המזונות שלנו, ולסייע להפחית את מספר הפתוגנים של צמחים בסביבתנו!

הודות

אנו רוצים להודות לפרופסור Federico Zerbetto על התמונות של peach leaf curl באפרסק והעובש השחור שמוצגות במאמר, ולדוקטור Elisa Cadei על ציור האיורים. הפרויקט קיבל מימון מתוכנית האיחוד האירופי Horizon 2020-EU.1.2 מחקר פתוח ופעילות חדשנות FET, תחת הסכם מענק מספר 828940.

מקורות

1. Peter, M. 2006. Ectomycorrhizal fungi – fairy rings and the wood-wide web. *New Phytol.* 171:685–87. doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01856.x
2. Petrasch, S., Knapp, S. J., van Kan, J., and Blanco-Ulate, B. 2019. Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Mol. Plant Pathol.* 20:877–92. doi: 10.1111/mpp.12794
3. Guest, D., and Brown, J. 1997. "Plant defences against pathogens," in *Plant Pathogens and Plant Diseases*, eds J. F. Brown and H. J. Ogle (Armidale, NSW: Rockvale Publications). p. 263–86.
4. Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology, 5th Edn.* London: Elsevier Academic Press.
5. Holtz, G., Coertze, S., and Williamson, B. 2004. "The ecology of *Botrytis* on plant surface," in *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, eds Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, and D. N. Kluwer (Dordrecht: Academic Publishers). p. 67–84.

פורסם אונליין: 05 במאי 2023

נערך על ידי: Johnathan J. Dalzell

מנחה מדעי: Ryan Thomas Weir

ציטוט: Marcianò D, Mizzotti C, Maddalena G and Toffolatti SL (2023) פטריות כמחוללות מחלות בקרב צמחים. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.560315-he

Marcianò D, Mizzotti C, Maddalena G and Toffolatti SL (2021) The Dark Side of Fungi: How They Cause Diseases in Plants. Front. Young Minds 9:560315. doi: 10.3389/frym.2021.560315

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

© 2021 © COPYRIGHT Marcianò, Mizzotti, Maddalena and Toffolatti 2023. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) 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

ANNA, גיל: 16

רציתי לקחת חלק בפרונטיז – מדע לצעירים מאחר שחשבתי שזו תהיה הזדמנות נפלאה ללמוד עוד על העולם סביבי! אני אוהבת מדע, בפרט ביולוגיה ופיזיקה. בסיום בית הספר הייתי רוצה לעסוק בנושאים האלה.



KATIE, גיל: 15

בבית הספר אני לומדת כיום ביולוגיה, כימיה וגיאוגרפיה. אני אוהבת מוזיקה ולבלות בחוץ, ובאמצעות פרונטיז – מדע לצעירים אני מקווה ללמוד עוד על אנשים ועל העולם!



RIA, גיל: 15

אני רִיָּה. אוהבת לרקוד, לקרוא, להאזין למוזיקה ולבלות עם חברים. אני מתעניינת בפרונטיז – מדע לצעירים מאחר שברצוני לפתח קריירה שמערכת מדע!



הכותבים

DEMETRIO MARCIANÒ

מאז ילדותי, תמיד התעניינתי והייתי סקרן לגבי הַבְּנֵת תופעות טבע והעולם שסובב אותי. יש לי תואר במדעי החקלאות, ואני לומד על פטריות פתוגניות בצמחים ועל דרכים חדשות להילחם בהן.



**CHIARA MIZZOTTI**

צ'יאָרָה מִיזוֹטִי עשתה תואר ראשון במדעי הביולוגיה ואת הדוקטורט שלה בביולוגיה של הצמח. היא טכנאית ב-Plant Platform באוניברסיטת מילנו, במחלקה לביו-מדעים. עבודתה מתמקדת בהבנת המנגנונים המולקולריים ששולטים בהתפתחות של פירות וזרעים במיני צמחים שונים. היא מקווה לזהות פתרונות חדשים שמטרתם לעכב הבשלה של פירות ולמנוע אובדן של פירות. צ'יאָרָה אחראית ללמד אנשים לגבי הפרויקטים של המעבדה שלה, וההיבט החדש הזה של עבודתה נעשה חשוב ומעניין יותר בכל יום: הגֵבֶרֶת התשוקה של אנשים למדע! [*chiara.mizzotti@unimi.it](mailto:chiara.mizzotti@unimi.it)

**GIULIANA MADDALENA**

ג'וליאנה מַדָּלֵנָה היא פוסט-דוקטורנטית באוניברסיטת מילנו, במחלקה למדעי החקלאות. מראשית דרכה בתחום, גילתה עניין גדול בהשתתפות במחקר מדעי על הגורמים למחלות יבולים. היא נהנית באופן שוטף מהאתגרים שהמחקר מביא. בשלב מוקדם של הקריירה שלה התמקדה במחלות של גֵפְנִים שנגרמות על ידי פטריות, מה שהגביר את תשוקתה לתחום. בעבודתה הנוכחית היא מתמקדת במציאת אסטרטגיות חלופיות להגנה על צמחים.

**SILVIA LAURA TOFFOLATTI**

סילביה לְאָוֶרָה טוֹפּוֹלָטִי התמחתה בלימודים קלאסיים בבית הספר התיכון, עשתה תואר ראשון במדעי הביולוגיה ואת הדוקטורט שלה באקולוגיה חקלאית. כיום היא סייעת פרופסור באוניברסיטת מילנו, במחלקה למדעי החקלאות, מלמדת פתולוגיה של צמחים ומנחה מספר סטודנטים. עבודתה מתמקדת במחלות פטרייתיות של גֵפְנִים, ובטיפול בהן. היא מקווה שעבודתה על אינטראקציות פתוגן-צמח, ביולוגיה של פטריות ואופטימיזציה בשימוש בקוטלי פטריות תסייע להגדיל את הקיימות בניהול מחלות של גֵפְנִים. [*silvia.toffolatti@unimi.it](mailto:silvia.toffolatti@unimi.it)

†מחברים אלו תרמו לעבודה זו בצורה שווה.

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