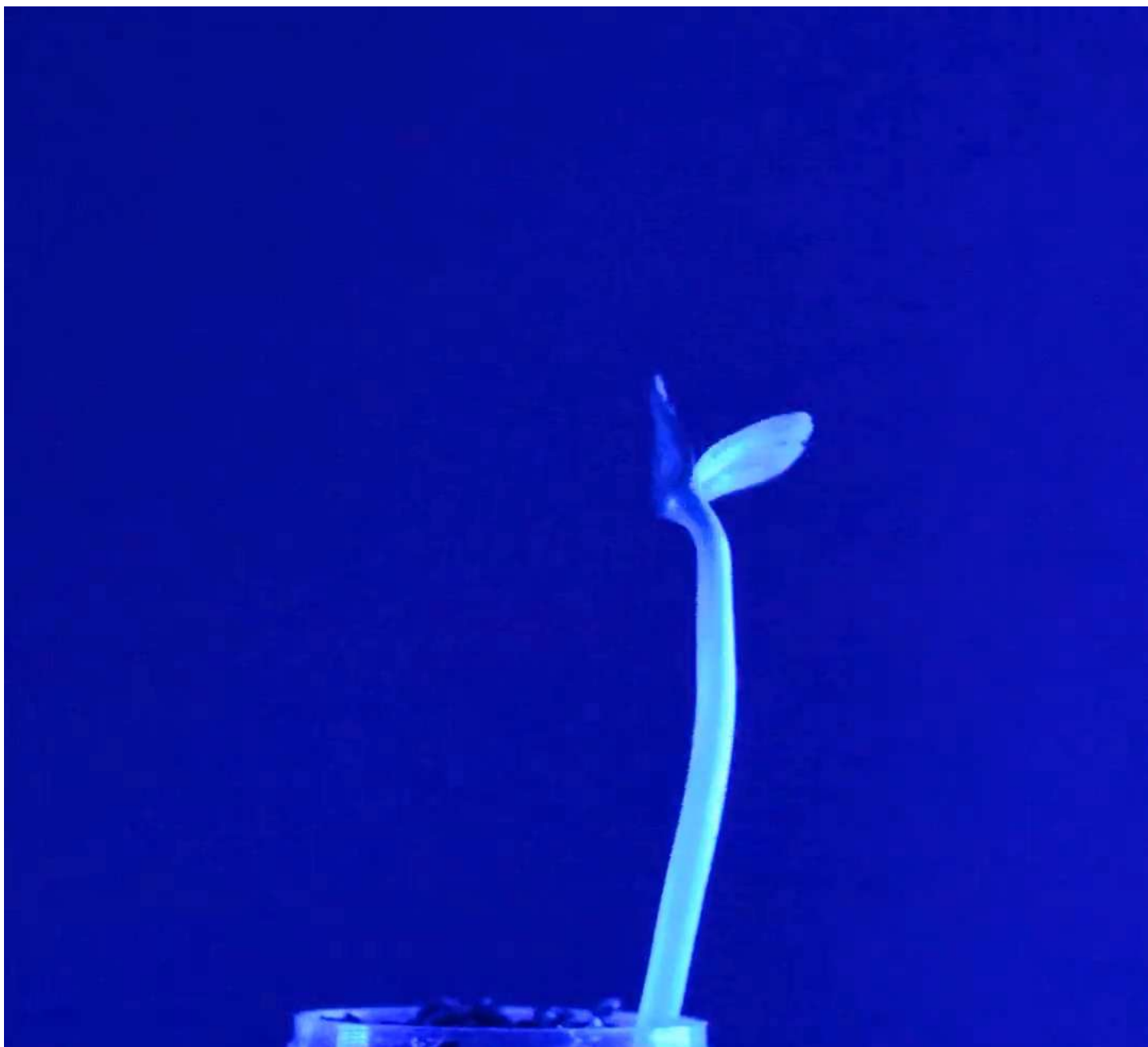


הארץ

הם שומעים, זוכרים, מרכלים ואפילו מחשבים ממוצע. מבט לעולמם הנסתר של הצמחים

מחקר אחר מחקר, מתברר שלצמחים יש חושים מחודדים, אינטליגנציה מפותחת ויכולות קוגניטיביות מפתיעות. יש מי שסבור שהגילויים האלה מחייבים אותנו להתחיל להתייחס להם לנמר אחרת





צמח חמנייה מחליט לאיזה כיוון לצמוח לפי מקור האור: צילום: רוני קמפינסקי, המעבדה של ד"ר יסמין מרוז


עקוב

נטע אחיטוב
פורסם ב-27.05.21



צ'רלס דרווין האמין בכל לבו שצמחים מסוגלים לשמוע. היה לכך נימוק הגיוני: האבולוציה, בדרכה המופתית, בוודאי העניקה יתרון לצמחים עם יכולת שמיעה על פני האחרים. הוא החליט לבחון בעצמו את ההשערה המדעית הזאת, והחל לנגן בבסון לעציצי המימוזה הביישנית שלו, מקווה לעורר בהם תגובה כלשהי. התגובה לא הגיעה, ודרוין לא הצליח מעולם להוכיח את השערתו. מתוסכל מהכישלון, הוא פסק שהניסוי שערך היה "אווילי".

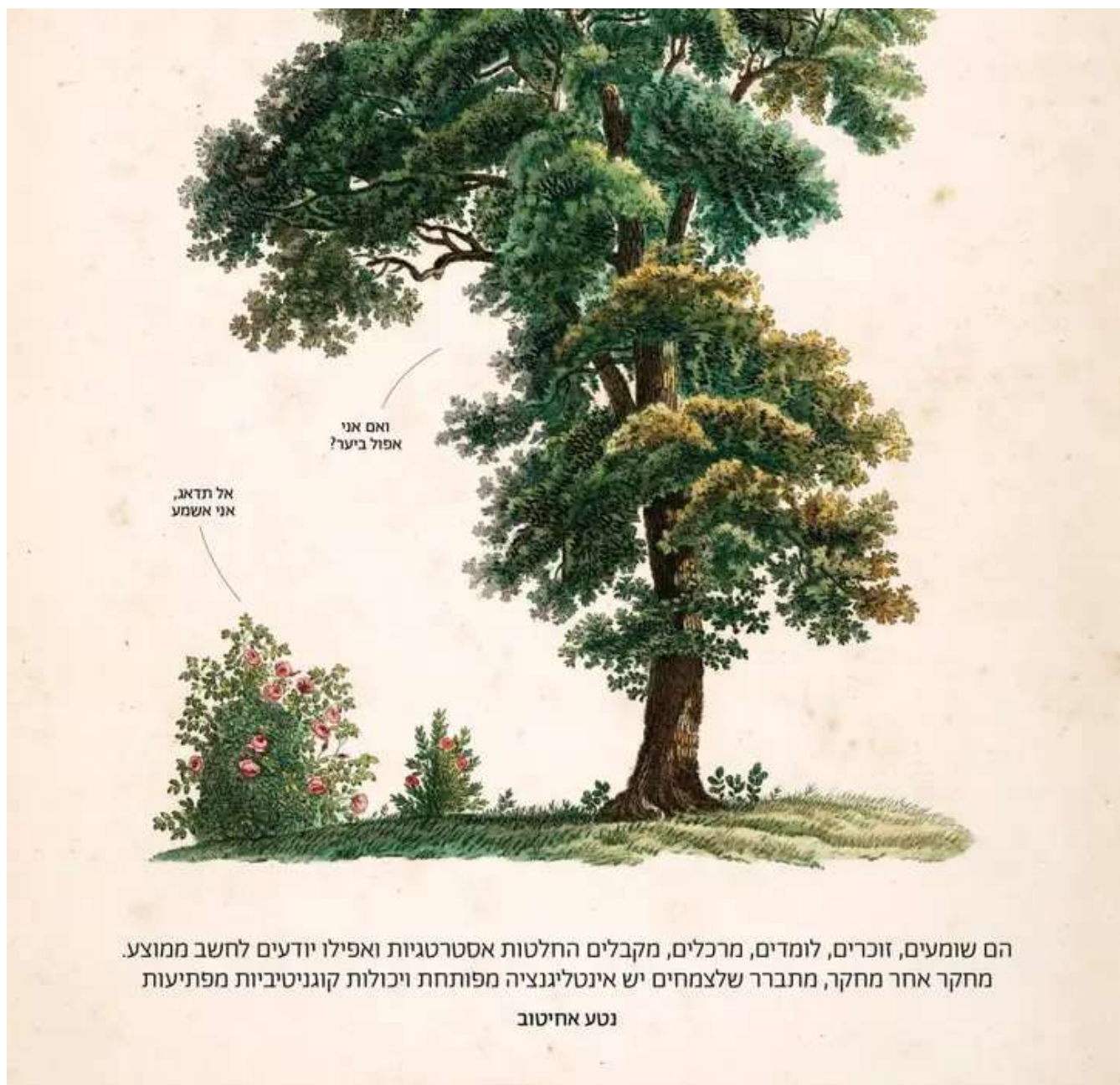
האזינו לכתבה (הוקלט באולפני הספרייה המרכזית לעיוורים ולבעלי לקויות קריאה)



צדק בהנחתו — ואפילו נכתבה מוזיקה שמטרתה
לשמח עציצים — איש מעולם לא הצליח להוכיח
אחרת. וכך ההנחה המדעית היתה תמיד
שצמחים לא מסוגלים לשמוע.

מוסף הארץ
28 05





פרופ' דני חיימוביץ: החיים שלנו תלויים בצמחים – אבל אנחנו לוקחים אותם כמובן מאליו

סודות הדיבור של הצמחים נחשפים

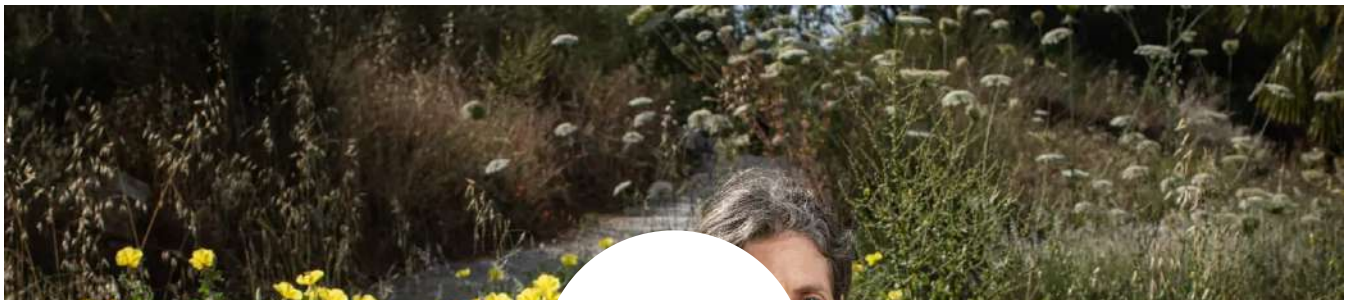


עשור את רב המכר המדעי-פופולרי "צמח מה הוא יודע?" בספר, שסקר מחקרים על מנגנונים חושיים של צמחים, כתב חיימוביץ כי "בהיעדר ראיות מוצקות כלשהן, אנחנו חייבים להסיק לפי שעה שהצמחים חירשים — שהאבולוציה לא סיפקה להם חוש שמיעה".

במהדורה המעודכנת של הספר המשפט הזה כבר לא מופיע. למעשה, 120 שנה אחרי נגינת הבסון של דרווין, התברר שהאינטואיציה של מחבר "מוצא המינים" היתה נכונה. בניסוי פורץ דרך, שתוצאותיו פורסמו ב-2019, הוכיחה החוקרת הישראלית פרופ' לילך הדני שצמחים — או לכל הפחות פרח נר הלילה — אכן שומעים.



"הוכחנו שכאשר אנחנו משמיעים לפרחי נר הלילה הקלטה של דבורה, בתוך שלוש דקות הם מייצרים צוף יותר מתוק במידה משמעותית",
אומרת הדני מבית הספר למדעי הצמח ואבטחת מזון בפקולטה למדעי החיים באוניברסיטת תל אביב. "אבל כאשר משמיעים להם הקלטה של עטלף הם לא עושים זאת". כלומר, לא רק שהפרחים שומעים, הם גם יודעים להבחין בין צלילים של בעלי חיים שונים ולהגיב בהתאם.
"כשאני מסתכלת היום על פרחים, אני רואה אוזניים בכל עבר", היא מסכמת.





צילום: אבישג שאר ישוב



חיימוביץ, שלקח חלק במחקר החדש, לא מופתע מכך שהתגלה עוד פרט מסעיר על יכולות החישה של צמחים. "קשה להפתיע אותי עם צמחים כי אני מודע ליכולות המופלאות שלהם", הוא אומר. "דווקא מפני שצמחים לא יכולים לברוח בשעת סכנה, הם נאלצו לפתח מנגנונים מרתקים להתמודדות עם הסביבה, שאנחנו רק מתחילים לגרד את הקצה שלהם מבחינת ההבנה שלנו".

וזה רק מחקר אחד, על צמח אחד. שורה ארוכה של מחקרים שנערכים בשנים האחרונות בארץ ובעולם חושפים לפני האנושות את כישוריהם המרתקים של צמחים. לא רק שמדובר בישויות בעלות חיישנים רגישים שמסוגלים לעבד מידע

ועל אישיות מופלאה

ועל אישיות מופלאה



שום בעלי קוגניציון של נוש. וצנזורים זכורים,

חושבים אסטרטגית, מנתחים מצבים, יודעים ללמוד, משתפים פעולה ביניהם, עורכים חישובים מתמטיים ומנהלים סחר חליפין. מחקר ישראלי אחד אפילו מצא שצמחי אפונה מרכילים זה עם זה. לא פחות.



מימוזה ביישנית

הצמח למד שנפילה מגובה אינה מסכנת אותו והפסיק להתגונן

צילום: shutting / Shutterstock.com

בני האדם נוטים להיות עיוורים ליכולות הללו. חיימוביץ נזכר בקורס מבוא לעולם הצמח שנהג ללמד סטודנטים בשנה א'. "הסטודנטים היו

המורים ללמוד שנים

המורים ללמוד שנים



ו וויין", ווא נוטפן. "ווייני אוננו / ווא שווען עו

העץ יודע מה צבע החולצה שלהם, שהוא יכול להבחין שהצמח לידו חולה בזכות חוש הריח שלו, ושהוא מכיר היטב את עונות השנה כי הוא סופר את שעות החשיכה. העיניים של הסטודנטים היו נפקחות בתדהמה".

המחקרים החדשים מקווים להסיר חלק קטן ממעטה ההתנשאות האנושית על עולם הצומח. הם מגלים כי הצמחים אולי חסרי תודעה, אבל הם בהחלט אינטליגנטיים הרבה יותר מכפי שמקובל לחשוב. גילויים אלה יוצרים סדקים בנטייה האנושית להתעלם מהצומח ולראות בו במקרה הטוב תפאורה לפעילות האנושית. יש מי שמשוכנעים שצריך לקהי את ההכרה בצומח



סובייקטיביות בעלות זכויות.

זה לא מקרי שלילך הדני היא זו שהצליחה להוכיח את ההשערה של דרווין. הדני, שבדרך כלל עוסקת בתיאוריה של אבולוציה, מספרת שהתגלגלה לניסוי הזה מתוך "השתעשעות בחידה אבולוציונית". "חשבתי שאם צמחים לגמרי חירשים, אז זה לא יעיל אבולוציונית מבחינתם, כי הם באינטראקציה עם בעלי חיים", היא אומרת. "הם בהמון אינטראקציה עם המון בעלי חיים, שמשמיעים המון קולות".

ביחד עם שותפיה, פרופ' יוסי יובל וד"ר יובל ספיר מאוניברסיטת תל אביב, חשבה הדני מה המנגנון שבו הכי חשוב לצמחים להגיב לקולות. "האבקה

יצא הכרטיס

כחול" הוצג וצמחים



צאצאים, זו ב"יו וז"א וזו בו וזו וזני ב'ונו .

"באינטראקציה עם בעלי חיים שמשמיעים קולות יש חשיבות לתגובה מהירה — כי החרקים המאביקים תמיד יכולים לעבור לצמח השכן". לצמחים משתלם להשקיע אנרגיה בייצור צוף מתוק יותר, כך שיהיו אטרקטיביים יותר בעיני מאביקים שיעזרו להם להעמיד צאצאים, ולא יבזבו משאבים על מי שלא יעזרו להם להתרבות.

בשלב הראשון של הניסוי, גילו החוקרים שהפרח רגיש במיוחד לזמזום הדבורה. אבל איך הוא שומע אותה? כדי לבדוק באיזה איבר של הצמח נקלטים הקולות, חזרו החוקרים על הניסוי בשנית, עם הבדל אחד: הפעם הם כיסו את הפרח בצנצנת מבודדת רעש. התוצאה היתה חד־משמעית:

המחקר נסגר

המחקר לוגי ומדויק



ננוצא בפנינו עצנו. וזוהי נוסח נאפו נטון

חיצונית, המקום שבו ויברציות מהאוויר הופכות לויברציות של תאים צמחיים", מסבירה הדני. "בדרך כלל חושבים על עלי הכותרת הצבעוניים כעל איבר שנועד למשוך את תשומת לבם הוויזואלית של מאביקים, אבל מהניסוי שלנו עולה שייתכן שיש עוד גורם סלקציה שהוביל לצורת הפרח".



צילום: Shutterstock.com

פרח נר הלילה היה הצמח הראשון שהדני

שייחסו קצתו נבל

שייחסו קצתו נבל



נווטיפוא, וניטוי נוערה גם שאורה על וווו קים

המאביקים עצמם. "אנחנו יודעים שהזמזום שהם משמיעים הוא תוצר לוואי של תעופה, אבל אולי הם מזמזמים יותר מהדרוש בשביל שצמחים יתכוננו לקראתם ויכינו להם צוף טעים עם ערך אנרגטי גבוה?" היא תוהה.

אם צמחים רגישים כל כך לרעש של דבורה, אז הם בטח רגישים גם לרעשים חזקים יותר של אתר בנייה או כביש סואן. יכול להיות שאיי התנועה הפרחוניים הם בעצם התעללות בפרחים?

"יכול להיות, אבל הם בטח מתרגלים, כי אחרת הם כל הזמן היו מכינים צוף מתוק יותר בלי

לשיש וצמחים יכול

שימשיה דבורה וכו"



או פטציה זו א נוגיבים בנזו זו עשים. אבו או

המאביקים שמצליחים להגיע אליהם בתוך העיר
הסואנת מקבלים צוף עני באנרגיה וזה פוגע גם
בצמחים וגם במאביקים".

לא הרחק משם, במעבדה אחרת באותה
הפקולטה, הגיעה גם ד"ר יסמין מרוז למסקנה
מפתיעה במיוחד: צמחים יודעים לחשב ממוצע.
בשיא הרצינות. יש להם את היכולת המתמטית
הזאת.



צילום: אבישג שאר ישוב

הנחיה לזכות בו



מרכז שומרים מועיל



אור (פוטוסינתזה ופיוז). ידוע שצמחים גדלים / ניזון

האור וקל לתת גירויים מבוקרים בזמן ובעוצמה משתנים של אור", היא מסבירה. אם מספקים לצמח אור בעוצמה מסוימת לזמן קצוב ואז בודקים את זווית נטיית הצמח לכיוון האור, אפשר ללמוד על עוצמת התגובה שלו. אם מספקים אחר כך עוצמת אור גבוהה יותר או משך זמן רב יותר, הצמח מגיב בהתאם וזווית הפנייה שלו אל האור גדולה יותר.

"החלק המעניין הוא כשנותנים אור במשך דקה, ואז מחשיכים למשך כמה דקות, ואז שוב מספקים אור למשך דקה", אומרת מרוז. "הצמח מגיב כאילו נתנו אור לשתי דקות רצופות, כלומר הוא סוכם את משך הזמן. כשיאירחנו משנים את משך



האור לפי משך ועוצמת האור הממוצעים. לא רק

שהצמח 'יודע' לספור או לצבור גירוויים, הוא גם 'יודע' לחשב ממוצע. זה בוודאות הליך מורכב של עיבוד אינפורמציה. זה מלהיב כי זה מוביל אותנו להשערה שצמחים מקיימים הליכים של קבלת החלטות".

לא רק שצמחים יודעים לערוך ממוצע, הם גם לומדים. כך הוכיחה החוקרת האיטלקייה ד"ר מוניקה גגליאנו במהלך עבודתה באוניברסיטת מערב אוסטרליה. כמו דרווין, גם גגליאנו ועמיתיה בדקו את יכולות הלמידה של המימוזה הביישנית, שמתאפיינת בכך שהיא סוגרת את עליה בתגובה לאיום.



ובדקו איך היא מגיבה. הבחירה בהפלת הצמח אינה מקרית: זו חוויה שהמימוזה מעולם לא נתקלה בה במהלך ההיסטוריה האבולוציונית שלה, ולכן היא אידיאלית כדי לבחון את תהליך הלמידה שלה.

החוקרים ציפו כי בפעם הראשונה שהמימוזה תיפול, היא תחוש באיום ותסגור את עליה. כך באמת היא עשתה. אבל בפעמים הבאות היא כבר למדה. כשנוכחה שלא נגרם לה נזק מהנפילה, בפעמים הבאות שבהן נפלה מגובה, העלים שלה נותרו פתוחים.

שנתיים לאחר מכן הוכיחו גגליאנו ועמיתיה למידה מורכבת עוד יותר — כזו שקושרת בין שני גורמים סביבתיים שונים. החי' יצתלו אפונת גינה



לגדול לשני הקצוות כרצונם, בחרו כמובן לגדול לכיוון הזרוע עם האור והאוויר. כשחזרו על הניסוי ללא אור, אלא רק עם אוויר, נוכחו החוקרים לראות שהצמחים צמחו לכיוון מקור האוויר בלבד. הם הפנימו את ההתניה — היכן שיש אוויר יש גם אור. "התוצאות שלנו מראות שלמידה אסוציאטיבית היא מרכיב מהותי בהתנהגות צמחים", כתבו החוקרים במאמר שפורסם על המחקר ב-2016, "מכאן שלמידה אסוציאטיבית היא מנגנון אדפטיבי אוניברסלי שאותו חולקים גם בעלי חיים וגם צמחים".



ב-2013 גילתה קבוצת חוקרים קנדית שפרחים מסוג אימפטיאנס פלידה, המכונים "תכשיט חיוור", מזהים אם הצמחים הסמוכים להם הם קרובי משפחה או לא, ומגבשים אסטרטגיה בהתאם. כשנוטעים את הפרח לצד קרובי משפחתו, הוא גדל כרגיל. אבל כשנוטעים אותו לצד זרים, הוא מקדיש חלק גדול יותר מהמשאבים שלו לגידול עלים על חשבון השורשים. האסטרטגיה הזאת ככל הנראה מקנה לו יתרון בתחרות על אור השמש — ומפחיתה חלוקה של מינרלים דרך השורשים עם זרים.

יש אפילו צמחים שיודעים לאמוד את הגובה של השכנים המתחרים שלהם — עוד לפני שהם

הורגים את השכנים

הכלל הנושן עליו ד"ר



ווב'ב בשם ונושן וווז נוג'ב באופן שוננו נאשו

הוא נשתל לצד צמחים הרבה יותר גבוהים ממנו לעומת אדנית שבה הוא נשתל לצד צמחים קצת יותר נמוכים ממנו.

"ראינו שהצמחים מסוגלים לאמוד את הגובה שהשכנים שלהם יגיעו אליו בעתיד וכך ולהעריך את מידת התחרות שתהיה להם על אור השמש, ובעקבות המידע הזה לבחור באסטרטגיה מתאימה", מסבירה גרונטמן. "כשהפרחים היו מוקפים בצפיפות בצמחים נמוכים יחסית, הם הזדקפו לגובה. אבל כשהם היו מוקפים בצפיפות בצמחים גבוהים, הם 'ויתרו' על העלייה לגובה ופיצו עליה בהגדלת שטח הפנים של העלים שלהם, מה שמאפשר להם להתמודד טוב יותר עם המחסור בנטיזו".



ג'ו ינו שוופו וזים יו עים זקנב וזוז טוז נווני

להשתמש באיזו אסטרטגיה רק על סמך הערכת הגובה העתידי של המתחרים, עוד לפני שהמתחרים בכלל האמירו לגבוה הסופי שלהם".

יש כבר מי שמנסה לרתום את יכולות התכנון הצמחיות הללו לצרכים טכנולוגיים. האיחוד האירופי השקיע באחרונה שבעה מיליון יורו בפרויקט מחקר שאפתני בשם GrowBot שמקווה להשתמש בתנועת הצמחים כדי לבנות רובוטים מזן חדש.

תשע מעבדות בעולם לוקחות חלק בפרויקט, ואחת מהן היא המעבדה של ד"ר מרוז. "הרעיון הוא לפתח רובוט בהיי-טק צמחים מטפסים",



והם נעים בדומה לבעלי חיים. הגוף שלהם קבוע ונע ממקום למקום. אבל אם מניחים רובוט כזה בהריסות של עיר, למשל, במקום לא מובנה ובלי תבנית קבועה, הוא יתקשה לנוע — כמו שרוב החיות או בני האדם יתקשו".

מי כן יודע לעבור מכשולים בצורה קלה? צמחים מטפסים. "צמחים כאלה יודעים לעבור מעץ לעץ, לטפס על קירות, אבנים ואפילו לסדוק סלעים במידת הצורך", אומרת מרוז. "יש הבדל מהותי בין תנועה של צמח לתנועה של חיה. במקום הנעה עצמית, כפי שקורה אצל בעלי חיים, הצמחים מוסיפים לעצמם חומר. כלומר הם גדלים, וכך הם נעים. כך, רובוט שיהיה מבוסס על צמחים, ישנה כל הזמן את צורתו ויוסיף לעצמו חומר".



שעל בסיסם יוכל הרובוט המטפס "להחליט" לאן לצמוח. "נניח שהצמח מקבל אור מצד שמאל, אבל מצד ימין יש זיז שהוא יכול להיאחז בו", מדגימה מרוז, "אז אנחנו בודקים מה יותר חשוב לו ואיך הוא מחשב את זה. מה יגרום לצמיחה אופטימלית? אם צמח מטפס מגיע לעצם כלשהו שאפשר לטפס עליו, איך הוא 'יודע' שזה יציב ושזה יוביל אותו למקום הנכון? איך הצמח 'מחליט' שהענף הזה, שהולך הצדה, פחות טוב לו מהענף שהולך למעלה? בצילומים שעוקבים אחר צמחים מטפסים אפשר ממש לראות מחשבה. רואים שהם לא סתם נתפסים לכל דבר שהם מוצאים, אלא בודקים ואז מחליטים אם זה יציב ואם זה עולה למעלה או הצדה. יש אסטרטגיה התשובות לשאלות האלה יופכות למודלים



"בזכות המחקרים שאני עושה, אני יודעת שצמחים הם מדהימים ואינטליגנטיים, אבל מרבית האנשים לא מודעים לזה", אומרת מרוז. "נוטים לחשוב על צמחים כמשהו קרוב יותר לבלטה מאשר דבר מה חי, ואני משערת שזה בגלל שצמחים זזים לאט מכדי שנוכל לתפוס את תנועתם, ולכן אנחנו מתקשים לראות בעין את 'החוכמה' שלהם. אבל אם מדמיינים יקום מקביל שבו צמחים זזים באותו הקצב שלנו, אז כנראה שלא היינו מתייחסים אליהם בתור בלטות, אלא יותר קרוב לבעלי חיים".



כדי להמחיש לציבור עד כמה מתוחכמת התנועה שלהם, יצרה מרוז מיצג אמנותי יחד עם האמנית ליאת סגל. העבודה, שמוצגת בימים אלה בגלריה האוניברסיטאית לאמנות בתל אביב, כוללת עשרים גבעולים ענקיים – גבוהים בערך פי שניים מגובהו של אדם – שנעים באופן עצמאי בחלל באמצעות חיישנים, בהתאם להשתנות האור במקום. התוצאה מסתורית ומהפנטת ומאפשרת למבקרים להביט בפוטוטרופיזם בקנה מידה עצום.

"הרובוטים־צמחים נעים בחלל כמו צמחים, אבל בקצב שבני אדם יכולים להבחין בו", אומרת מרוז. "באופן הזה ביקשנו להפוך צמחים למשהו

שיוצא לראשונה לאור

שיוצא לראשונה לאור



ד"ר תמיר קליין מעיד על עצמו שהעריץ עצים
מאז ומעולם. לכן לא מפתיע שבחר להקדיש את
חייו לחקר עולמם — ולחקר התקשורת שהם
מקיימים עם סביבתם. כן, עצים מתקשרים. הם
מתקשרים זה עם זה, עם פטריות וגם עם
חיידקים.



במסגרת מחקר שערך באוניברסיטת באזל
בשווייץ, הוכיח קליין שלא רק שהעצים מתקשרים
זה עם זה, אלא שהם סוחרים זה עם זה בחומרי
מזון — בראש ובראשונה בפחמן — באמצעות
רשת תת־קרקעית של הייביות. ההשערה



שהתהליך אכן מתרחש ביער.

התוצאה הדהימה את עולם המדע: התברר שכ-40% מהפחמן בקצוות השורשים של עצים מגיע לא מפוטוסינתזה של הצמח, אלא מרשתות הסחר בין העצים. כלומר, עצים מנהלים כלכלה שיתופית משגשגת.

באחת החממות של מכון ויצמן אני פוגשת את קליין עם עוזרת המחקר, ד"ר יערה אופנהיימר-שאנן, והדוקטורנטית סופי אוברשטיינר. אופנהיימר-שאנן מסירה ניילון אטום מאדנית שקופה של עצי אלה ירוקים-אפרפרים, ומערכת שורשים יפהפייה נגלית. החוקרים בוחנים את התקשורת בין העץ לבין החיידקים שבאדמה. ידוע שצמחים

זמרייזר זכ עמ זכ

זמרייזר זכ עמ זכ



ווווייז'יקים נועני'יקים / צנווויים נוינו / יים שוניים —

אבל לא רבות ידוע על האופן שבו הם מתקשרים
זה עם זה.

בזכות המחקר שנערך כאן במעבדה, היום ידוע
קצת יותר. החוקרים הבחינו בכך ששורשי הברוש
ביער מפרישים חומרים שונים בקיץ ובחורף,
והחליטו לבדוק את החומרים הללו במעבדה. כך
זוהו 13 חומרים שעצי הברוש הפרישו באופן
מיוחד בקיץ, בתקופת היובש. בעזרת החומרים

הללו, חוקרים מצאו

דרכים לשמור



והחייזקים באמת עזרו. כשהחוקרים בחנו את המינרלים והחומרים השונים בעלים בזמן יובש, הם גילו שחלה בהם עלייה בכמות הברזל, האבץ והפוספט. כלומר, העצים "קראו" לחייזקים ספציפיים כדי שיעזרו להם להתמודד עם היובש. כדי להבין עד כמה זה מתוחכם, צריך לדעת שבקרקע יש כעשרה מיליון מינים שונים של חייזקים. מתוך כל המגוון הזה, העצים זימנו אליהם חייזקים ספציפיים שיכולים לעזור להם להתמודד עם יובש. איך הם עשו זאת?

"אם כל חומר שהעץ מפריש הוא אות, אז אפשר להרכיב בעצם צירופי אותיות לכדי מילים ובאמצעותן 'לקרוא' לחייזקים הרצויים", מסביר

דליה גולדמן

דליה גולדמן



ספציפיות שקווא אונד זין / זוא . / זוא ' זין ' זין ,

כאשר משיבים לעץ את המים, הוא מפריש חומרים אחרים, כלומר משדר לסביבה צרכים אחרים. "מצאנו באיזו שפה הצמח מדבר עם החיידק הספציפי שהוא זקוק לו", מוסיפה אופנהיימר-שאנן.

בחממה אחרת במכון ויצמן בודקים קליין וחוקריו את התקשורת בין צמחים לבין פטריות. "היה נהוג לחשוב שבין עצים ממינים שונים יש רק תחרות, אבל היום יודעים שמתחת לפני השטח נרקמים גם דילים של עזרה הדדית באמצעות הפטריות", אומר קליין. "גילינו שלכל מין של עץ יש רשת של קשרים עם פטריות ספציפיות. זה כמו מועדון, שבו פטרייה ממין מסוים מאגדת סביבה

זמנך כל זמנך

כמה מונח של זמנך



גם אפונה, מתברר, יודעת לתקשר עם סביבתה, בטח ובטח כשהיא שרויה במצוקה. "כשצמח סובל ממשהו, הוא מפריש מגוון רחב של חומרים וכך מתקשר עם צמחים בסביבה", אומר פרופ' אריאל נובופלנסקי. "זו שפה שמובנת להם". נובופלנסקי, מנהל מכון שוויצריה לחקר אנרגיה וסביבה של אזורים צחיחים באוניברסיטת בן-גוריון, מצא שצמח של אפונה שעומד ליד צמח שסובל מחום או יובש, מגיב לעקת היובש — גם אם הוא עצמו לא סובל ממנה.

ויותר מזה, צמח שמגיב לאותות מצוקה משדר בעצמו אותות מצוקה לצמחים שכנים נוספים וכך מתקבלת תגובת שרשרת כמו במשחק טלפון

יורה מתדרכת

יורה "זו מעין רבוליו"



נובופלנסקי ועמיתיו מצאו גם כי לתגובה של צמחים לאותות מצוקה של שכניהם יש משמעות בהמשך. צמח שקלט תשדורת של שכניו על מצוקת יובש זכר אותה. כשהוא נחשף לאחר מכן בעצמו לתקופת יובש, הוא שרד אותה בהצלחה גדולה יותר יחסית לצמחים שלא קלטו אותות מצוקה מוקדמים משכניהם.

התגליות הללו מעלות נקודה מהותית לגבי יכולותיהם של צמחים — הם מסוגלים לחוש, ללמוד ולזכור מחקרו. י הדנוחו זגח ושור



על מחקריה ששופכים אור על מנגנוני הזיכרון של צמחים. דין הוכיחה שצמחים "זוכרים" תקופות קור, ובאמצעות הזיכרון הזה הם יודעים מתי לפרוח.

החלק הנשגב בצמחים הוא שאת כל זה הם עושים בלי שיש להם מוח או מערכת עצבים. העובדה הזאת מובילה למחשבה: האם ההתמקדות שלנו במוח — כאיבר שבו שוכנת התודעה, האינטליגנציה ותהליכי קבלת ההחלטות — מוגזמת? מרבית החוקרים שעוסקים בצמחים מסכימים עם הקביעה הזאת. לדבריהם, לבני אדם יש נטייה לחשוב שהמוח הוא חזות הכל, ולא כך הוא.



צילום: אמיל סלמן



"אל לנו לשכוח שגם אצלנו, בני האדם, יש זיכרונות שלא נמצאים בתוך המוח, אלא בשרירים ובמערכת החיסון", אומר חיימוביץ. "אם אני מנגן בפסנתר, השרירים שלי זוכרים את התנועות. אם אני חולה, מערכת החיסון שלי זוכרת את החיידקים. כנראה שאנחנו צריכים מוח על מנת לקיים את השיחה שאת ואני מקיימים עכשיו, אבל הצמחים מוכיחים שאפשר לשרוד מיליוני שנים גם בלי לקיים את השיחה הזאת".



ז'ין וזו נ'י. ג'ג'ג' / נווושב אין נויו וניט, יש עוו

דרכים לעבד מידע. צמחים הם יצורים חיים שמגיבים לסביבתם, שזוכרים מידע, מעבדים אותו, מגיבים בהתאם וגם מתקשרים. בקרב בני אדם תקשורת אקוסטית היא חשובה, ומי שאין לו תקשורת אקוסטית חושדים בו שהוא לא חושב. לכן, במובן הזה אני מאמינה שהגילוי שלנו, שיש לצמחים גם תקשורת אקוסטית, יסייע לקידום יחסי הציבור שלהם. ידוע שצמחים מגיבים לאור, מה שאומר שיש להם סוג של חוש ראייה. הם גם מגיבים לחומרים נדיפים, כלומר סוג של חוש ריח. הוכיחו גם שהם מגיבים למגע, אז חוש מישוש. ועכשיו התגלה שהם גם מגיבים לקולות, כלומר נוסף גם חוש שמיעה מסוים. הם בוודאות בעלי יכולות יותר גבוהות משיי היי לחשוב".



המחקר של נובופלנסקי על רכילות וזיכרון הרכילות בקרב צמחים שימש השראה לטקסט מדובר במיוחד שפירסם ב-2012 הפילוסוף הבאסקי מייקל מארדר ב"ניו יורק טיימס". "דמיינו ישות שמסוגלת לעבד, לזכור ולשתף מידע", כתב מארדר. "רובנו נחשוב על אדם או על חיה, אבל אף אחד לא יעלה בדעתו צמח. אבל מאז 2 בנובמבר 2012, אחת התשובות האפשריות לחידה הזאת היא האפונה המצויה".



נובופי/נטקי ואז ונוווו: /אוו נוו שיו וע /נו ע/

התודעה של אפונה, האם זה אתי לגדל ולאכול אותה? רבים יצחקו לקריאת המשפט האחרון, וכך אכן קרה בתגובות הרבות שפורסמו בעקבות המאמר. אבל מארדר ממשיך ומתעקש שלכל הפחות יש לשאול את השאלה המוסרית-פילוסופית הזאת. שנה לאחר מכן עשה זאת גם בספר פרי עטו בשם "חשיבה צמחית: פילוסופיה על חיים צמחיים".

"ממצאי המחקר אמורים לגרום לנו לחשוב מחדש על הקשר שלנו לצמחים", הוא כותב במאמר. "האם מבחינה מוסרית מותר לנו להיכנע לאינסטרומנטליזציה מוחלטת של יצורים חיים, שאף על פי שאין להם מערכת עצבים מרכזית,

זדוורר כונח

כח ממולוח ללמוד



או ישימם כלפיו, בעוז שטבו של בעלי זויים

מעורר תחושות עזות של רחמים וחמלה? ככל הנראה, אמפתיה היא לא הקרקע המתאימה ביותר לאתיקה כלפי צמחים, אבל האינדדיקציות החדשות שנוגעות לתגובת הצמחים והאינטראקציה שלהם עם הסביבה וביניהם, מספיקות כדי לערער את האקסיומות שלנו לגביהם. כשמדובר בצמח, מתברר שהוא לא רק מה, אלא גם מי. הוא סוכן בסביבתו, בעל ערך מהותי משלו".



”נוו זיבו ווצנווו” שפיו טנווו ג-טז, וזיא

מתארת את היכולות הקוגניטיביות הגבוהות של צמחים כפי שהתגלו במחקרים שונים. משם היא תוהה שמא לא הגיעה העת להעניק להם זכויות יסוד משפטיות, כפי שיש לבעלי חיים. "הממצאים מטילים בספק את החלוקה הדיכוטומית הקלאסית בין צמחים לבין בעלי חיים", היא כותבת בספר. "ההתפתחויות המדעיות האלה מדגישות עוד יותר את הצורך בהענקת זכויות משפטיות לסביבה, כך שיכללו גם צמחים".

בהמשך הספר מתארת גגליאנו כיצד השיח על זכויות בעלי חיים זכה בהתחלה לאותן תגובות של בוז ולעג, אבל לבסוף הצליח למתוח במעט את הגבול המסורתי בין חוקים עבור בני אדם לבין

הזכויות החדשות

הזכויות החדשות



צילום: גלי איתן



חוקרים רבים יטענו שמארדר וגגליאנו הלכו צעד אחד רחוק מדי. חיימוביץ אומר כי אין שום שאלה מוסרית לגבי אכילת צמחים, פשוט מכיוון שהם לא חשים שום כאב. "אנחנו, בעלי החיים, חשים כאב מכיוון שיש לנו סוגים ספציפיים של קולטנים שמתוכנתים להגיב לכאב", הוא מסביר. "לצמחים אין קולטנים כאלה. השאלה המוסרית בדבר אכילת צמחים יוצאת מנקודת הנחה שכאשר אנחנו חותכים צמח הוא סובל, אבל זה אנתרופומורפיזם (הענקת תכונות אנושיות לדברים לא אנושיים; נ"י) זה מוסרי לחלוטין



הזה הם מפזרים את הזרעים שלהם ומעמידים דורות של צאצאים".

בהמשך לכך, חיימוביץ מבקש להיזהר מלייחס לצמחים תודעה. הוא טוען שהמנגנונים של הצמחים, מדהימים ככל שיהיו, לא מוכיחים דבר על תודעה, אלא רק על הווייה מתקדמת משחשבנו בעבר. להערת האזהרה הזאת מצטרפים חוקרים נוספים. אחד מהם הוא פרופ' מרסלו שטרנברג, מבית הספר למדעי הצמח ואבטחת מזון באוניברסיטת תל אביב. "בכל המחקרים הללו שמייחסים אינטליגנציה לצמחים יש תחושה של האנשת יתר. אנחנו לא חייבים להבין מערכות טבע רק דרך הסתכלות עליהם

הצמחים הם

הצמחים הם



בנווה ימים אבולוציוניים שוונו וזשו בנושן אז פי

שנים ונועדו לייצר צאצאים בריאים ופוריים. זה עולם מרתק, שרב הנסתר בו על הגלוי, אבל חשוב לתת לצמחים מספיק כבוד בשביל לא להפוך אותם לאנשים משונמכים, אלא להביט בהם כשלעצמם. אחרי הכל, הם נמצאים פה הרבה לפנינו וככל הנראה גם ימצאו פה הרבה אחרינו".

איך מפתים זבוב? המלכודות הערמומיות של הצמחים הטורפים

לחרק שמתיישב בין העלים היפים של הדיוניאה אין כמעט סיכוי להינצל. העלים בנויים כמו צדפה, ולוקח להם פחות מעשירית שנייה להיסגר. כשהם יפתחו שוב כעבור שעה, לא יישאר

מחבר: מוטי דרור

מחבר: מוטי דרור



זכינוי נזכרו וזכובים של זכוט .

דרווין כינה את הדיוניאה "אחד הצמחים הנפלאים ביותר בעולם". הוא לא היה היחיד שמצא עצמו מרותק לקבוצת הצמחים הטורפים, שמוכיחים שלא בהכרח צריך מוח, מערכת עצבים, שרירים ודרכי עיכול כדי לאכול אורגניזמים מורכבים כמו חרקים. הדיוניאה אף סיפקה השראה לקבוצת חוקרים מאוניברסיטת מיין, שב-2011 בנתה רובוט קטן בדמותה. הרובוט, שבנוי מעלי מתכת, מחקה את מנגנון לכידת החרקים של הדיוניאה. "צמחים טורפים דוגמת הדיוניאה הם בעלי אינטליגנציה מובנית כאסטרטגיה ללכידת טרף", כתבו החוקרים, "וזה יכול לשמש את עולם הרובוטיקה".



דיוניאה. העלים נסגרים בפחות מעשירית שנייה צילום: Todd

Boland / Shutterstock

מתברר למשל, שהדיוניאה יודעת לספור עד חמש. במאמר שפורסם ב-2016 בכתב העת Nature, בחנו חוקרים מגרמניה כיצד מגיבה הדיוניאה למגע המדמה תנועת חרק. התברר שהצמח אדיש לנגיעה בודדת. למעשה, הדיוניאה סוגרת את עליה רק אם היא חשה שתי נגיעות בפחות מ-20 שניות. כשהצמח חש חמש נגיעות, הוא מתחיל להגור או ימפרקו אח החרקה



בפקולטה למדעי החיים באוניברסיטת תל אביב, מסביר איך עובד המנגנון. "כמו אצל בני האדם, גם בצמחים יש מעבר של סיגנלים חשמליים. בדיוניאה, בכל עלה שמשמש כמלכודת יש כמה שערות. כשחרק נוגע בשערה אחת, מתקבל אות חשמלי. אם החרק יעמוד ולא יזוז יותר, לא יקרה שום דבר והצמח לא יטרוף אותו. אבל אם החרק נוגע בעוד שערה, נוצרים שני אותות חשמליים צמודים והם אלה שגורמים לסגירת המלכודת".

החוקרים סבורים שהמנגנון של הדיוניאה בנוי כך כדי למנוע בזבוז משאבים. זה, למשל, מה שמאפשר לדיוניאה לא להיסגר בגלל טיפות גשם או בשל עצם דומם שנופל בין עליה. צמד חוקרים מספרד והולנד שערכו מחקר המשך טוענים כי זה גם מוכיח שצמחים יכולים ללמוד.



כדי שצמחים יוכלו לטרוף חרקים נדרשת שרשרת פעולות מורכבת. זה מתחיל בכך שהם מפתים אליהם חרקים בשלל דרכים ערמומיות. חלקם מפרישים ריח שדומה לצמחים אחרים בעלי צוף מתוק במיוחד. צמח טורף בשם שופרית, למשל, מפריש ריח שדומה לזה של סיגליות מתוקות. צמחים אחרים מושכים את טרפם באמצעות צבעים מרהיבים או ברק שגורם לדמיון בינם לבין צמחים אחרים שאינם טורפים.

לאחר שפיתו את החרק אליהם, הצמחים הטורפים לוכדים אותו במהירות. גם כאן יש יותר מדרך אחת. יש צמחים עם מנגנון לכידה דמוי קפיץ, דוגמת הדיוניאה. צמחים אחרים, כמו

חללית וממוצת נורח - לכוזרד ואלוכס

חללית וממוצת נורח - לכוזרד ואלוכס



העלה, וכך נלכד. אחרי שלכדו את החרק,
 הצמחים מעכלים את החרק ומטמיעים אותו
 בתוכם.

בקבוצת הצמחים הטורפים יש כ-600 מינים
 מוכרים לאדם. בישראל גדלו בעבר שני מינים —
 נאדיד המים ונאדיד עדין — אבל עם ייבוש
 הביצות הם נעלמו מהטבע המקומי.

| Recommended

כתבות נוספות שעשויות לעניין אותך

by



/ איך
להפחית
את השונ
מסביב
לבטן
ולירכיים.

אם
הקרקפת
שלך לא
מפסיקה
לגרד,
זה
בשבילך

ויארוז
פרישתה
של דוריה
למפל
מזמינה
אותנו
לצלול...

ממומן
צרכנות כ
ננסית נכ
ה / דרמו
בביטוחינ
מנכ"ל
סוכנות
לביטוח
חושף
את...

ממומן
וואלה! מ
ומלצים /
דיאטה:
הבדיקה
שעזרה
לעומר
לרדת
23 ק"ג

מגזין /
כתבים
ופרשנים
יקרים,
אני שוב
מתחנן:
תפסיקו...
מגזין /
"אפשר
להיות
גיי
ברוסיה,
אבל לא
בגלוי.
אני..."



ממומן

המערבולת

מחקרים מראים: אפשר לשפר תסמיני דיכאון, חרדה...

ממומן

Beauty / Tips

נשים מודות: התוסף קולגן הזה חסך לנו את...

מגזין /

איש לא ידע איך לכנות את המנהיג שעזב. עיתון...

מגזין /

הטרטור פסק והשקט החדש עוכר שלוה. האם נסתדר...

תגובות

להוספת תגובה מזוהה

לבחירת השם כנינוי קבוע

שם

הזינו שם שיוצג באתר

תגובה



משלוח תגובה מהווה הסכמה לתנאי השימוש של אתר הארץ

שלחו



צרו קשר
רכשו מנוי
פרסמו באתר
בלוגים
שירות למנויים
תנאי שימוש

להורדת האפליקציה

© כל הזכויות שמורות

