

מדענים ישראלים מסייעים להציל את האורז ואת החיטה מנזקי משבר האקלים

החוקרים שיפרו את עמידות הגידולים בתנאי סביבה קשיים, ופיתחו זנים שמסוגלים להגיע למקורות מים עמוקים יותר



ערן דגן, סטודנט במעבדה של ד"ר יותם זית, מודד פוטוסינתזה בתנאי יובש. פוטוסינתזה מהירה יותר תשפר את יעילות ניצול המים. צילום: יותם זית

גדעון לב

גלי חום חסרי תקדים פרוצים בשבועות האחרונים את כדור הארץ, והתחזית לעתיד היא שהמצב ילך ויחמיה. מהחום הרב סובלים מיליארדי בני אדם ובעלי חיים, אבל כנראה יותר מכל סובלים הצמחים, שאינם יכולים לברוח למחסה מוצל או לשנות את שעות הפעילות שלהם. לצד הנוק לאזורי טבע פראיים, שינויי האקלים מסכנים גם יכולים שתזווג האנושות תלויה בהם לחלוטין.

מחקר שפורסם החודש בכתב העת Nature Communications ציין תרשיש בעייתי במיוחד, שבו ייפגעו בעת ובעונה אחת באירועי אקלים חריגים כמה אזורים שמספקים את עיקר התבואה בעולם. נזק משולב כזה יסכן את הביטחון התזונתי הגלובלי. מחברי המאמר משערים שהסיכוי להתממשות של תרחיש כזה גבוה ממה שחזוים מודלים קיימים של תבואה חקלאית. פרופ' צבי פלג מהפקולטה לחקלאות, מוזן וסביבה על שם רוברט ה' סמית באוניברסיטה העברית אומר ששינויי האקלים משפיעים כמעט על כל סוגי התוצרת החקלאית. "הנקודה הכי בעייתית היא עלייה בתדירות של אירועי קיצון", מציין החוקר. למשל, אירועים כאלה הם ימים שיש בהם טמפרטורה גבוהה מאוד או שמשפיעים מרובים בתוך פרק זמן קצר.

"בוודאי שיהיה רעב", אומר פלג. "גם עכשיו יש רעב בכמה מדינות באפריקה וצפויה החמרה של תנאי האקלים. במדינות המערב אולי לא יסבלו מאזה, כי הן יוכלו לעמוד בעליית המחירים כתוצאה ממחסור בגרעיני גנים, אבל גם בישראל יש לשינויי האקלים השפעות ישירות הן על ייצור המזון המקומי והן על מזון מיובא, בגלל השפעתם על המדינות שמנה אנחנו מייבאים אוכל. "כתחילת משבר הקורונה המוסד הביא מסכות ומכונות הנישמה ממקורות עלומים, אחרי מאבק עם גופי ביון אחרים. אני צופה שמאבק דומה יתפתח סביב שקי חיטה. זאת לא תחזית אפריקליפטית, זה יכול לקרות בכל גע. אירועים של אקלים קיצוניים גיי בכמה אזורים כאותו זמן, כמו תואר במאמר, יכולים להביא למצב של מחסור במזון לאנושות. אי אפשר להתעלם מזה. מי שמכחיש את עצם קיומו של משבר האקלים מוזמן לבוא לעבוד איתנו בשדה".

מדענים רבים ברחבי העולם עמלים כעת על מציאת דרכים להתמודד עם הסכנה ששינויי האקלים מציבים לייבולים. "הארץ" שוחח עם חמיישה חוקרים ישראלים העוסקים בכך. שניים מהם פיתחו וניחו (התורמת 20% מהקלוריות

שהאנושות צורכת) ששולחים שורשים לעומק רב יותר באדמה וכן בעלי עמידות טובה יותר בפני מחלות ששכיחותן זינקה בעקבות שינויי האקלים. שלישי שי שיפר את תהליך הפוטוסינתזה בצמחי אורז (גידול שמספק עוד כ-20% מתצרוכת הקלוריות העולמית), וכך הפך אותם לעמידים יותר בפני יובש. חוקר רביעי יוצר הכלאות בין צמחים כדי להתמודד עם מליחות גוברת ועם טמפרטורות גבוהות. וחוקרת חמישית פיתחה רובוט שמשתמש בניינה מלאכותית ושמייצע את גידול הצמחים ואת הטיפול בהם ומצמצם ב-50% את השימוש בחומרי הדברה מזהמים. כולם יחד מבקשים לאפשר לחקלאים להמשיך בהזנת אוכלוסיית העולם המתרחבת, גם כאשר האקלים מוקשה עליהם לגדל מזון.

חיידקים ופטריית מתיקים מתאימים את עצמם מהר לסביבה, וכן מחריפות מחלות שפוגעות בצמחים

בשדה המחקר שלו הקים פרופ' פלג מערכת לבחינת גידולי המדמה בדרך מבוקרת כמה תרחישי אקלים. "אנחנו יוצרים תנאים שמתאימים למודלים של מדעני אקלים כדי לבדוק מה יהיה בעוד 40 שנה ולפתח פתרון נות", אומר החוקר.

כבר בעבודת המאסטר, שכתבה לפני יותר מ-20 שנה, חקר פלג עמידות של חיטה בפני יובש. "באותם ימים, בכל פעם שהצגתי את העבודה הייתי צריך להסביר למה אני עובד על זה. חשבו שזה לא חשוב. היום מבינים עד כמה זה קריטי. דרושות 10-15 שנים כדי להוציא זן חדש לשוק ואנחנו בפיגור אדיר מביחינת ויהי התכונות שיתאימו לאקלים המשתנה".

פלג וצוותו חוקרים מיני בר כדוגמת אם החיטה, שגילה באזור ישראל של ימינו לאורך מאות אלפי שנים וצבירה התאמות רבות לאקלים המתנה. "תהליכי תרבות והשבחה של החיטה הובילו לאובדן של ההתאמות האלה", אומר פלג. "הזנים היום מאוד אחידים וייצבים, כי חקלאים תמיד בחרו צמחים שנראים אותו דבר. זה התאים לתנאים טובים, אבל לא מתאים לאקלים של היום. מיני בר, לעומת זאת, פיתחו גמישות פנוטיפית כי אין בטבע מערכת השקיה ודישון. אנחנו מנסים להחזיר לגידולים את הגמישות הפנוטיפית ומחפשים מיני הבר תכונות שיאפשרו לזנים מודרניים להגיב בצורה יותר גמישה לתנאים משתנים".

אחת התכונות הגמישות שווהו בחיטת בר מאפשרת התארכות של מערכת השורשים. "כשיש מחסור במים הצמח מאריך את שורשיו עד לעומק של

שני מטרים, לעומת כמטר במצב רגיל. כך הוא יכול להגיע למי תהום עמוקים", אומר פלג. תכונה זו נמצאה בחיטת בר שאספו החוקרים באזור נחל ויתן. במחנה שדה יכולתה של החיטה להאריך את שורשיה הביאה לידי עלייה של 30% ביבולים בתנאי מחסור במים.

הממצא הזה תואר במאמר שפורסם השנה בכתב העת Journal of Experimental Botany. "אחרי הרבה שנים של הכלאות ואפיון גנטי מצאנו את הגן שמאפשר את הגמישות בהתארכות השורשים", אומר פלג. היום מחדירים את הגן הזה לזנים מודרניים כדי להפוך את הזנים המהונדסים גנטית למסחריים.

פרופ' עמיר שרון מבית הספר לאוניברסיטת תל אביב עוסק אף הוא בשיפור גידולים באמצעים גנטיים. "כשמסתכלים קדימה, הסיכון העיקרי הוא שהמשאבים הולכים להצטמצם", אומר שרון. "יהיו פחות מים, פחות אדמה לייב בגרף התפוקה החקלאית בעולם כבר נעצרה יחסית לשנים קודמות".

בעיה גדולה שמגדלים ומדענים מתמודדים עמה היא החרפה של מחלות שפוגעות בצמחים, בגלל שינויי האקלים. מחוללי המחלות, חיידקים או פטריות, ניחנים ביכולת התאמה מהירה מאוד לסביבה. הצמחים, לעומתם, הם אורגניזמים מורכבים בהרבה, ולכן התאמתם איטית יותר שרון מספר, למשל, כי מחלה ששמה חילדון צהוב כמעט לא היתה מוכרת באירופה, וכיום היא פוגעת בשדות נרחבים ביבשת. "זו ממש מגפה, וזו רק דוגמה אחת".

מכון המחקר ששרון וצוותו עובדים בו מחזיק ורעים של 17 אלף צמחים מ-20 מינים של צמחי בר ממשפחת הדגניים שנאספו בישראל ב-50 השנים האחרונות. "אם תסתכל על גורם של בני אדם, תמצא שיש שם שונות מאוד גדולה. באותו אופן, גם הצמחים בטבע מאוד שונים בתכונותיהם. אנחנו הולכים לזנים הבר ומחפשים בתוך השונות את התכונות שמתאימות לנו. לדוגמה, אם אני רוצה תכונה של עמידות למחלה פטרייתית, אני לוקח את האוכלוסייה, מאתגר אותה עם הפטרייה ומחפש פריטים שעמידים בפניה. בשלב הבא אנחנו עושים ריצוף גנטי ומחפשים את התכונות שאפשרו לפריטים האלה לשרוד".

גנים שמקנים לחיטה עמידות בפני מחלות למיניהן בודדו בשיטה זו במעבדה של שרון, בשיתוף עם מעבדות אחרות בעולם. הם תוארו בשני מחקרים שפורסמו בכתבי העת Nature Genetics ו-Nature Communications. כעת הם בשלבי בחינה, בדרך לפיתוח זני חיטה

שישמשו חקלאים בפועל. "עבור דות דומות נעשות גם בתפוחי אדמה, בעגבניות ובגידולים נוספים רבים", אומר שרון.

ד"ר יותם זית מהפקולטה לחקלאות באוניברסיטה העברית חוקר את הפוטוסינתזה באקלים משתנה. פוטוסינתזה היא התהליך שבו הצמח מנצל את האור ואת הפחמן הדו-חמצני שיש באוויר טמנוספירה כדי לייצר סוכר, שהוא קוק לו לשם גדילתו. תנועת הפחמן הדו-חמצני בתוך הצמח מתאפשרת בעזרת אנונים שמשנה את צורת המולקולה. במעבדה של זית מביאים את האנונים הזה לכלל פעולה במגוון אורחים בתוך הצמח, כדי שהתנועה שלו מהאטמוספירה ועד שהוא נכנס לתוך מעגלי הפוטוסינתזה תתרחש הרבה יותר מהר. יש לכך חשיבות רבה במצבי יובש או חום גבוה. "כדי לעשות פוטוסינתזה העלה צריך לפתוח חורים ועיירים בפני השטח שלו, שנקראים 'פיוניות'. המחיר הוא איבוד מים. כלומר, כדי לעשות פוטוסינתזה זה הצמח חייב לאבד מים. אבל אם הוא יעשה את הפוטוסינתזה יותר מהר, הוא ישפר את היעילות של ניצול המים", אומר זית. זית ושותפיו הנדסו מבחני גנטיים צמחי אורז, כדי שיקלטו את הפחמן הדו-חמצני במהירות רבה יותר, הישג שדווח במאמר שפורסם בכתב העת New Phytologist. "אתה מיישם אותם שבועות אחדים ממשקים לעשות פוטוסינתזה", אמר החוקר. כמה מקווי האורז החדשים שהונדסו נבחנו כעת בניסוי שדה במרכז החקר העולמי לאורז, שפועל בפיליפינים.

"בעתיד יתפתח מאבק בין ארזוני ביון על מזון", מעריך פרופ' צבי פלג מהאוניברסיטה העברית

בזמן שזית מתמקד בפוטוסינתזה, פרופ' שמעון רחמילביץ' מהמכון לחקר המדבר על שם יעקב בלאושיטין באוניברסיטת בן-גוריון בנגב מתמקד בשורשים. אולי, ליתר דיוק, בחלק של הצמח שמצוי מתחת לאדמה ושמוכנה בשפה מקצועית "כנה" (לעומת "נוף", שהוא החלק שמעל לפני הקרקע). "אם מסתכלים על מגוון זנים, מגלים שיש כאלה שפחות מושפעים משינויי האקלים, ולפעמים מקור העמידות הוא הכנה", מסביר רחמילביץ'. במקרה כאלה אפשר "להרכיב" נוף של צמח רגיש לשינויים על כנה שנמצאה עמידה. בתהליך ההרכבה הנוף והכנה נחתכים בחיתוך אלכסוני, מוצמדים זה לזה ואחרי כן נעטפים כמו בגבס עד שמושג איחוי. בעצים ובגפנים ניצירת הרכבות היא תהליך מקובל מאוד ורחמילביץ' צופה שבעתיד ישתמשו בשיטה גם

בזנים רבים אחרים. "אפשר, למשל, לחבר כנה של תפוח אדמה לנוף של עגבנייה. זה יעיל, כי תפוח אדמה עמיד יותר לתנאי מליחות". ניסוי כזה אכן בוצע בהצלחה, ותואר במחקר שפורסם לפני שנתיים בכתב העת Scientia Horticulturae. הניסויים שרחמילביץ' מבצע מתחילים בכמה עשרות כנות בתנאי מעבדה ובחממות. את הכנות שנמצאו עמידות יותר החוקרים מעבירים לניסויים בשדה. "אנחנו מנסים לזהות את המנגנונים הפיזיולוגיים, הביוכימיים והגנטיים שמאפשרים לכנה מסוימת להיות יותר עמידה מאחרות. אם זו עמידות למלח, למשל, מחפשים איך כנה מסוימת מצליחה להקטין את כניסת המים בגלל מאפיינים ייחודיים".

כתב העת Plant Science לפני כמה חודשים. לצד התאמת הצמחים לתנאי האקלים הקשים המדענים גם מפתחים טכנולוגיות חדשות וטובות יותר לטיפול בצמחים. המרכז לרובוטיקה חקלאית ביולוגית קוגניטיבית באוניברסיטת בן-גוריון בנגב נחשב לאחד המובילים בעולם בפיתוח רובוטיקה חקלאית. יוזמת המרכז והמנהלת שלו, פרופ' יעל אידן, אומרת שחוקריו כבר פיתחו רובוטים שעובדים בשדות, אף שהמחקר עודנו בעיצומו ולהערכתה יעברו עוד כעשר שנים עד שייפכו רובוטים למוצרים מסחריים. "הכוונה היא לפתח רובוטים שיידעו לנטר את השדה ולתת מידע מהיר ברמה של כל צמח כדי לטפל בו בצורה מיטבית – השקיה, דישון ויהיו מחלות במיקום ובזמן הנכון לצמח הנכון. הרובוט יכול לעבור במהירות רבה ובתדירות גבוהה, לזהות בעיות באיכות מאוד גבוהה ולתת טיפול נקודתי, מהיר וחסכוני". החוקרים הראו, במאמר שפרסמו בכתב העת Journal of Field Robotics, שריסוס נקודתי שהרובוט מבצע בעיתוי ובמיקום מדויקים עשוי לחסוך 50% מחומרי הדברה. "זה חיסכון אדיר מבחינת זיהום סביבתי וגם מבחינת העלויות לחקלאי", אומר רת אידן. "הרובוטיקה משתמשת בניינה מלאכותית לזיהוי מחלות, עקה ופגעים או כמויות פרי ובישולות כדי לקבל החלטות. צפוי מחסור אדיר במים, והרובוטיקה מייצלת את כל הביצועים בכות הטיפול הנקודתי בזמן מיטב". אידן אף מבצעת כיום מחקר משותף מהובלת מכון וולקני, שבו משתמשים ברחפנים באיתור תולדות השקיה באמצעות חישה תרמית. "רחפנים הופכים כבר עכשיו לכוח משמרי סקים בניטור ובאיסוף נתונים", היא אומרת. "תמיד נודקק לחקלאות והיא צריכה להיות יעילה, היום יותר מתמיד".