



טעימה מהעתיד

מקרים חכמים שיתאימו את עצמם לכל ירק בנפרד, ולוויינים שידעו לזהות כמה חרקים יש במטע: בעתיד הלא רחוק, מהפכת הטכנולוגיה והמידע צפויה לשנות את איכות התוצרת החקלאית. השאלה היא אם כל זה יסייע לנו מול שינויי האקלים, שפוגעים כבר עכשיו בגידולים

יעל (פורינד) אברהם



אם יש אמת באומדנים שמתפרסמים, קרוב לעשרה מיליארד איש יאיישו את כדור הארץ כבר בשנת 2050. המשמעות היא תוספת של עוד כשני מיליארד פיות להאכיל, ואלה יתגוררו בערים ובמטרופוליני ענק לצד שטחי טבע וחקלאות מרדולים.

כבר בסוף המאה ה-18 הוזהר הדמוגרף הבריטי תומאס מלְתוּס מהפער המובנה שבין גידול אוכלוסיית העולם לגידול אספקת המזון; בעוד הראשונה גדלה באופן אקספוננציאלי, המשאבים – הכוללים גם את תוצרי החקלאות – גדלים באופן ליניארי, התוצאה לרדיו: קסטרופה ורעב כבד. אומנם "עקרון האוכלוסייה" של נעשה אכן יסוד בתולדות הכלכלה הדמוגרפית ולקחי שנו את מדיניות הרווחה במקומות מטיימים, אבל מלְתוּס נתפס על ידי מבקרים כפסימיסט חסר חוֹזֵן; ההתפתחויות החקלאיות, ההתקדמות המדינית והדוּחַ הטכנולוגי שישו את היחס שבין היצע לביקוש – לפחות במדינות מפותחות. כיצד תיראה החקלאות, אחד העיסוקים הקדומים והנפוצים בעולם, כשהטכנולוגיה מתפתחת ללא הרף, הטמפרטורה עולה ועולה, והאנושות מתיישבת על ארמית כוכבים אחרים? כדי לדאוג את העתיד הלא רחוק, מסבירים המומחים, צריך להבין את ההווה.

אחת הבעיות המרכזיות שלנו בעולם החקלאות כיום היא שאנחנו בקצה כושר הייצור שלנו", מקרימה ואומרת ד"ר כרמית זיו ממכון וולקני, שעוסקת בחקר איכותה של תוצרת חקלאית לאחר הקטיפ. "ברגע אנחנו נמצאים במצב שבאופן עקרוני יש מספיק אוכל לכלכל את העולם, אבל הוא לא מחולק בצורה מאוזנת. הצפי הוא שבשנת 2050 כבר לא נוכל לייצר את כמות המזון שאנחנו צריכים. הטענה של משרד החקלאות הישראלי ומקביליו בעולם היא שקודם כל חייבים לצמצם את אוּבֵּין המזון. רק לסכך את האזון כליש המזון שאנחנו מייצרים וראוי למאכל אדם מושלך לפח. זה קורה ממש שחי המרץ של יבול חקלאי מתצמצם בגלל ניהול לא נכון לאורך שרשרת

אחר – יאספו נתונים על השטח. מישור יצטרך לקבל את ההחלטה, אבל המערכות ינעו ויתנהלו באופן כמעט אוטומטי. נכון להיום בענף כרם היין – הזמירה, הבציר והריסוסים נעשים על ידי מכונות, וכמות ימי העבודה לדונם היא כבר נמוכה. אני צופה שהיא תרד משמעותית גם בענפי גידול אחרים.

ומה יהיה מקומו של החקלאי בכל הסיפור?
"תמיד יהיה לו מקום. החקלאי יעשה הכול, עם האלגוריתמיקה ומערכות קבלת ההחלטות המשוכללות. החקלאי ידרש לתת את חוות הדעת הפרטית שלו. מי שחושב שהכול יהיה אוטומטי מגיע כנראה מתחומי ההנדסה. אנחנו אנשי האגרונומיה לא נוותר על החקלאי."

מאיצים את האבולוציה

אם הכול ילך כמתוכנן, בעוד חמישים שנה סוגיית החקלאות תסריד לא רק את יושבי הארץ, אלא גם את מתיישבי מאדים החרישים. מארק וואטני, גיבור ספר המדע הבדיוני של אנרי ויר "לבד על מאדים", נקלע לברז לכוכב האדום ושדר בכדידות בזכות תושייתו. לא תסם הוא התגלגל לדמות בסרט בגילומו של מאט דיימון. פתרון לרעב מצאו וואטני ברמות תפוחי אדמה המתאימים לגידול בתוך המגורים. הוא השתמש בארמט מאדים, קומץ אדמה מכדור הארץ, ובצואה שלו ושל חבריו למסע כדי לגדל לעצמו את המזון. בניגוד אלינו, אנשי משימת מאדים ינחתו בבטחה ויהיו מצוידים בכל שניתן בתחשב במגבלת המשקל. גם הנושא החקלאי יצטרך לקבל מענה ראוי.

ד"ר גור פייס, חוקר בתחום הגנת הצומח במכון וולקני, עוסק בתחום ששמו ביולוגיה סינתטית. במהלך הפוסט־דוקטורט שלו באוניברסיטת קולורדו בארה"ב, הוא שיתף פעולה עם חוקר אחר שמתמחה בתחום, אדם ארקין. הוא

נחמד בתור גימיק, אבל זה לא יעבוד בכמויות מסחריות גדולות. זה טוב לגידולי עלים, לא למטעים או לתפוחי אדמה. החקלאות העירונית היא טרנד מוכר שנכנס הוא ייתן פתרון חלקי, אבל הוא מייקר מאוד את הגידול והוא מייצר בעיות אחרות, כמו התמוטטויות מפתריות בגלל הלחות הגבוהה. קשה לשמור על סטריליות. אני צופה לעולם המתחמם בעיות גדולות בתחום החקלאות, אם לא נעצור את המגמה."

משוה טוב עשוי לצאת מזה? אולי תתחיל לגדל בישראל גידולים טרופיים אקוטיים שלא חלמנו לגדל בארץ?
"גם אם כן, שכרנו בהפסדנו. את יודעת, זה כמו עם הקורונה. הרבר הטוב היחיד שקרה הוא שהנגיף דחף אותנו לטיפול בבעיות ישנות ולייעול. הגענו למצב משברי, והאנושות לא פועלת עד שאין לה משברים. אם לא נפעל עכשיו, לא יהיה לנו מה לאכול."

גם ד"ר ישי נצר מאוניברסיטת אריאל, חוקר בכיר במ"פ מרחה, חוזה מהפכה גדולה במישור האגרונומיה. כמי שעוסק בהשקיה וחקלאות מדייקת – בייחוד בכרמים – הוא מבין את הצורך בנתונים בכמויות גדולות וברזולוציה גבוהה. "אני מאמין שיהיו חברות או מערכות שלמות שיעסקו באופן אינטנסיבי במדעי הנתונים. לרשות החקלאי עומרים היום נתונים, אבל הם לא מספיק מפורטים. הנתונים יתמכו בכל הפעילות של החקלאי, החל ממכמה ההשקות, כמה לרסן, איפה לרסס ומתי. דבר חשוב מאוד הוא עניין הרפונצציה. נכון להיום אם יש לי בשטח 5,000 גפנים, אני נותן לכולם אותה השקיה ואותו דישון. אבל יש לי גפן שנמצאת בתחתית השטח לצד ערוץ ודימה סמוי מן העין, ויש אחת שיושבת על הסלע, והצרכים של שתיהן שונים לחלוטין. לא פלא שצמח אחד מניב במקטע אחד 1.8 ק"ג במקטע אחר 9.9 ק"ג. כבר

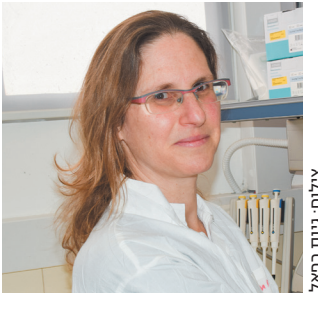
בעתיד אפשר יהיה להרחיב את זה, לא לקבוע רק לפי גודל ואיכות, אלא לפי נוכחות פתוגנים. לא תמיד צבע הפרי מעיד על מצבו, יש הרבה פירות שההבשלה שלהם לא באה לידי ביטוי בשינוי צבע. אומנם בעתיד אף אחד כנראה לא ילך לסופרמרקט, אבל כשצרכן יקנה את התוצרת החקלאית יהיו חיישנים שיגידו לו מה מצב הפרי, והוא יקנה על סמך ההעדפה שלו. אנחנו אוטוטו שם. עוד כמה שיפורים טכנולוגיים ויש לנו את זה. אם את שואלת על המישים שנה קדימה, אני מאמינה שהטכנולוגיות הדיגיטליות, אחסון מותאם אישית, אינדיקטורים למצב הבשלה ולמצב פיזיולוגי של הפרי, גם במערך המזון, גם במערך השיווק וגם במקררים הביתיים – ישנו את התמונה."

הנגיפים באים

או מקררים חכמים יהיו לנו, אבל גם הם לא יצליחו לסייע לנו עם העולם המתחמם. הרו"ח האחרון שיצא בתחילת אוגוסט ממכשי הפאנל הבידןממשלתי לשינוי האקלים של האו"ם, הציג מצב אקלימי טורד מנוחה. הוא התבסס על אלפי מקרים מדעיים ומאות מדענים דברכי העולם, ותיאר עלייה באירועי מזג אוויר קיצוניים, וטמפרטורה ממוצעת שצפויה להגיע למעלה וחצי יותר מזו ששרתה בעידן הטרום-עשייתי. כיצד תשפיע ההתחממות הגלובלית על החקלאות?

נושא ההתחממות הוא קריטי כי הוא משנה לחלוטין את כללי המשחק, אומרת זיו. "שינוי במעלה אחת הורג לנו את החצילים למשל. חלק מהגידולים שלנו רגישים מאוד לכל שינוי, ולצד זה גורם לפגיעה אדירה ביבול ובאיכות התוצרת. כבר היום רואים התפרצות של מחלות חדשות בעקבות החום. אנחנו רואים מחלות שידענו שנמצאות על אש קטנה ולא גרמו בעיות, ופתאום הפכו לצרה הגדולה של החקלאות. פתאום יש לנו כמות אדירה של וירוסים בתוצרת הטריויה, כיוון שהם מועברים על ידי חרקים וההתחממות הגלובלית הביאה לגידול אדיר בכמות שלהם. אנחנו לא מצליחים להשתלט על החרקים שמפיצים את הוירוסים, ואני חוששת לאן נגיע בנושא הזה בעוד כמה עשורים."

הנגיפים שבהם מדובר אינם מסוכנים לבני אדם, מרגיעה זיו. אז איפה ניכרת השפעתם? "אנשים אומרים 'משוה בטעם של המלפפונים לא אותו דבר', הם לא מחזיקים מעמד במקרה – זו השפעה ישירה של נוכחות הוירוסים. הם לא תמיד נראים על הפרי, אבל הם מפזרים על הפיזיולוגיה שלו ומשנים את הטעם. שמת לב שהיו לנו כמה עונות מוזעות של אבטיחים בלתי אכילים? מאיפה הם באו? הליקוע פתאום רגישות לפטריות. הן תמיד היו שם ולא היו בעיה, ופתאום 50 אחוזים מהדלעות נרקבות. אלה שינויים דרמטיים, וזו רק ההתחלה. למשל תפוצת כנימות עש הטבק, שהן וקטורים הרבה מאוד וירוסים, השתנתה כיוון שמחזור החיים שלהם תלוי טמפרטורה. ככל שחם יותר הן יופיעו מוקדם יותר ובמקומות שלא היו נפוצים קודם, והמשמעות היא עוד וירוסים. אנחנו חוקרים היום את ההשפעות של נוכחות וירוסים בגידולים שאף פעם לא נדרשנו להתייחס אליהם. זה כבר משפיע על כבר כיום עומדים לרשות החקלאי לוונינים, מטוסים וחפנים, אבל הפער המשמעותי ברזולוציה יעשה את השינוי. 'פיקסל אחד מלוויין מכסה כיום שטח של עשרה על עשרה מטרים. אלה עדיין לא הלוויינים הצבאיים שאתה יכול לקרוא בעיתונם כיתוב של מוצב', אומר נצר. "אני מאמין שעם השנים טכנולוגיות הלוויינים בחקלאות תגיע לרזולוציה שאפשר יהיה לדאוג עורק של עלה או לאתרו סוג של פרפר לילה על עץ הדימון. נוכל לצלם ולהגיע לרמת דיוק גדולה. התחום מצריך כמוֹבן אלגוריתמיקה, אמצעי צילום מרוויקים מאוד, תכיפות של צילומים ומהירות מחשב שיכולו לעבד באופן חזק ומהיר את המידע – כדי שיכולו לאמוד למשל מספר חיפושיות על עשרות דונמים. מעבר לזה אני מאמין שכל התחומים – השקיה, דישון, הגנת הצומח – יהיו מאמצעים אופטיים משוכללים, מערכות ניתוח ומערכות קבלת החלטות שיופעלו על בסיס האלגוריתמיקה הזאת. גם הכלים שיהיו בשטח – טרקטורים אוטונומיים או כל כלי תנועה



צילום: יוליה סאל



צילום: יוליה סאל

ד"ר כרמית זיו: "בעתיד כשצרכן יקנה את

התוצרת החקלאית, יהיו חיישנים שיגידו לו

מה מצב הכרם, והוא יקנה על סמך ההעדפה

שלו. אנחנו אוטוטו שם"

ד"ר ישי נצר: "לחקלאי תמיד יהיה מקום.

הוא יעשה הכול, עם האלגוריתמיקה

ומערכות קבלת ההחלטות המשוכללות.

אנחנו האגרונומים לא תוותר על החקלאי"

כתב מאמר על הדרך שבה התחום יתרום לקולוניזציה של כוכבי לכת אחרים, והוא אומר שהאסטרונוטים יהיו חייבים לייצר לעצמם את האוכל שלהם, לרפא את עצמם ממחלותיהם, למחור לעצמם את המים, ולייצר את המזון. הוצאת דברים מהאטמוספירה אל המאדים היא קרה מאוד. בעיני ארקין, אחד המפתחות המרכזיים למשימה הזו הוא ביולוגיה סינתטית, שבה אנחנו מהנדסים מיקרו אורגניזמים וצמחים כך שיתאימו לתנאי מאדים. "אני מאמין שהחקלאות במאדים תתחיל בקנה מידה מיקרוביאלי. אנחנו משתמשים במיקרובים כל הזמן; מייצרים אתם יין, אופים לחם עם שמרים, מכינים יוגורט עם פרוביוטיקה, וגם יודעים להנדס אותם. זה כבר לא מדע בדיוני. יש חוקר באוניברסיטת ברקלי שעובד על היתכנות חקלאות במאדים: יש לו חדר שלם שהוא סימולטור של מאדים, עם הארמה הכי קרובה למקור שיצרו מהאנליזה שקיבלו ממאדים, וטמפרטורה ולחץ אטמוספרי ששרורים שם, והוא מנסה לגדל שם כל מיני דברים. נצטרך להנדס את הביולוגיה לצרכינו, כיוון שדברים באופן

כשהחקלאי ישותל את המטע המדיע ויטמע, ויהיו מערכות שיכולו לתת את הצרכים לכל צמח בצורה דיפרנציאלית." כבר כיום עומדים לרשות החקלאי לוונינים, מטוסים וחפנים, אבל הפער המשמעותי ברזולוציה יעשה את השינוי. "פיקסל אחד מלוויין מכסה כיום שטח של עשרה על עשרה מטרים. אלה עדיין לא הלוויינים הצבאיים שאתה יכול לקרוא בעיתונם כיתוב של מוצב", אומר נצר. "אני מאמין שעם השנים טכנולוגיות הלוויינים בחקלאות תגיע לרזולוציה שאפשר יהיה לדאוג עורק של עלה או לאתרו סוג של פרפר לילה על עץ הדימון. נוכל לצלם ולהגיע לרמת דיוק גדולה. התחום מצריך כמוֹבן אלגוריתמיקה, אמצעי צילום מרוויקים מאוד, תכיפות של צילומים ומהירות מחשב שיכולו לעבד באופן חזק ומהיר את המידע – כדי שיכולו לאמוד למשל מספר חיפושיות על עשרות דונמים. מעבר לזה אני מאמין שכל התחומים – השקיה, דישון, הגנת הצומח – יהיו מאמצעים אופטיים משוכללים, מערכות ניתוח ומערכות קבלת החלטות שיופעלו על בסיס האלגוריתמיקה הזאת. גם הכלים שיהיו בשטח – טרקטורים אוטונומיים או כל כלי תנועה

תמשיכו בכל הכוח

◀ המשך מעמוד 13

מארה"ב ואירופה. הפחתה של בירוקרטיה שמתגלגלת בסוף גם לצרכן היא צורך עצום ונכון".

השר קובע

קאופמן פס, אחד המינוריים הסרוגים בממשלה הנוכחית, גדלה בבית ציונידתי בנתניה ("סניף נתניה מרכז, שבט ברמה. עכשיו כולם ידעו בת כמה אני", היא צוחקת). את הצלחתה היא מייחסת לעבודה קשה, ולערכים שספגה בבית הוריה. "הייתי תמיד תלמידה מאוד טובה, והיה לי חשוב שיהיו לי ציונים טובים. ההורים אמרו לי שהשמיים הם הגבול. אימא שלי תמיד אמרה לי שאני הכי חכמה, שאין שום דבר שעומד בפניי, שאני יכולה לכבוש כל מטרה".

היא עברה מסלול נורמטיבי של בת הציונות הדתית: שנתיים שירות לאומי, שליחות ציונית בארה"ב עם בני עקיבא, תארים באוניברסיטת בראון. אבל המסלול הרגיל לא מביא את כולנו בסופו להיות מנכ"לית של משרד ממשלתי חשוב, אני אומרת לה. "השכלה היא הדרך, ואחרי זה חריצות ומוטיבציה", היא משיבה. "הלכתי לאוניברסיטה אחרי שסיימתי שנתיים של שירות, מתוך מטרה ללמוד ולהתחיל לעבוד. תמיד הייתי ממוקדת במטרה. לכל אישה צעירה אני אומרת: קודם כול השכלה, אחר כך תעבדי קשה ותסמני מטרות. הרבה נחישות. אפשר להיות בכל מקום משפיע. כל אחת צריכה לממש את עצמה בדרכה, עם היכולות והרצונות שלה, ולכבוש כל פסגה".

גם אם את "דוסיית"?

"דווקא כי את דוסיית. איזה כיף זה להיות דתייה ולעסוק בהתיישבות, בחקלאות, בעבודה ציבורית. זה מתיישב עם כל הערכים שלנו. הערכים מהבית שגדלתי בו נתנו לי תפיסת עולם מאזנת ורחבה, עם הרבה חמלה. התמיכה מבית היא חשובה מאוד, כשאת אשת משפחה וגם אשת קריירה. בעלי הוא הרוח תחת כנפיי".

למגזר הציבורי היא נכנסה מיד עם תום לימודיה, ומבחינתה העבודה בו היא "הגשמת חלום". "כל דבר שאת עושה הוא בעל משמעות ציבורית", היא מסבירה, "כל מהלך, כל תקנה – ממלאים אותך מבפנים. זו שליחות. גם ביום רע אני עושה משהו טוב. גם ביום קשה אני מקדמת תהליך כלשהו. במעלה הדרך עשיתי שינוי מקצועי מיועצת משפטית למנהלת, שינוי שהוא לא מובן מאליו. אנשים נתנו לי הזדמנות. החשבת הכללית מיכל עבאדיי בווינג'ו נתנה לי את התפקיד הניהולי הראשון שלי. אחר כך סימנתי מטרות של תפקידים כלכליים בכירים. שר החקלאות נתן לי הזדמנות להיות מנכ"לית, שהוא התפקיד הכי משמעותי בשירות הציבורי. מי שמוכיל את הספינה, שמנהל תקציבים אדירים, 1,800 עובדים".

מה עושים אחרי תפקיד כזה?

"אני עוד לא חושבת על זה. יש קדנציה ארוכה לפנינו, הממשלה יציבה, יהיה לנו תקציב מדינה. חלק מההצלחה וההתקדמות זה להיות עד הסוף במקום שבו אני נמצאת ולהגשים את היעדים שלי".

בניגוד לתפקידים הקודמים שלך, מנכ"ל משרד ממשלתי הוא תפקיד בתווך שבין המקצועי לפוליטי. את מרגישה את הפוליטיקה בתפקיד הזה?

"אני לא עוסקת בפוליטיקה. מנכ"ל הוא משרת אמן, אבל גם התפקיד המקצועי הבכיר ביותר במשרד. עובדי ציבור צריכים חר'משמעות לקיים את מדיניות השר והממשלה. זה הדבר הנכון והבריא. אני בכירה שמאחוריי קריירה, היכרות ממשלתית וניסיון מקצועי, ואני באה לממש את מדיניות השר ולעשות זאת במקצועיות מקסימלית. אני לא גורם נבחר, אני גורם מבצע. אני יכולה להציף סוגיה ולהגיד מה אני חושבת, אפשר להביע עמדות ודרכים לפעילות, אבל יש שר שמכריע ומוביל את המדיניות הממשלתית. ברגע שהשר מחליט אנחנו נממש את המדיניות שלו". ●

ריקי ממן

אביב, הסטודנט דן אלון וד"ר קרין מיטלמן. הרעיון הוא לבחון בעזרת טכנולוגיית קריספר, אם ניתן לזהות מוזיקים בכמעט אפס כבידה. עד כה יצא שמעה של הטכנולוגיה בעיקר בזכות פוטנציאל העריכה הגנומית שלה, ובכך שזיכתה את החוקרות שמאחוריה בפרס נובל. כיום היא משמשת את פינס ועמיתיו ככירוסנסור, כלי אבחון שמוזהה את אויבי החקלאות בעזרת רצף גנטי.

הניסוי ממשך למעשה את פועלו של פינס על הכוכב שלנו: "כיום אנחנו משתמשים בקריספר במכון וולקני כדי לזהות כל מיני מוזיקים בחקלאות. בדיוק פרסמתי עם ד"ר זיו שפיגלמן מאמר שבו אנחנו מבחינים בין שני וירוסים שקיימים בעגבנייה. אפילו שהם דומים מאוד מבחינה גנטית, הטכנולוגיה עזרה לנו לזהות הבדל קטן ברצף".

גם בעיית זחלי זבובי פירות, אימת החקלאים הישראלים, עשויה להיות בעתיד מאחורינו. בבגרותם זבובי הפירות קלים לאבחנה, אך נכון להיום הזחלים קשים מאד לזיהוי גם לעין מומחה. האויב המעופף מהווה גורם לעיכוב בייצוא סחורה חקלאית, בשל בדיקות ארוכות וניטור בישראל ובארץ היעד. "החזון שלנו הוא לייצר מעין ערכת בדיקה שהגנר בשדה יוכל להשתמש בה בעצמו, כי יתרונה של המערכת הספציפית הוא שהיא כמעט אינה דורשת מכשירים. להערכתנו תוך שעתיים נדע מה יש לנו ביד. פתרונות כאלה יהיו נפוצים בעתיד, בדיקות מהירות ואמינות. אנחנו מתכננים גם לדגום בתי חולים ולברוק בעזרת הטכנולוגיה אם יש עלייה בכמות הגנים שעמידים לאנטיביוטיקה".

אחד השימושים המעניינים של הכלי האבחוני תהיה להקנות פתרון לאסטרונוטים שעתידיים לבלות זמן רב בנסיעות ארוכות, ובזמן הנסיעה והנחיתה יהיו מנותקים מכל מקור סיוע. "הם יצטרכו ללמוד להסתדר לבד. אני מאמין שבעזרת הכלי הזה, שהוא כלי פשוט יחסית, הם יוכלו לעשות דיאגנוסטיקה לעצמם ולמצב היבולים שהם יגדלו. הם יוכלו לזהות וירוסים, רימות, פטריות. כמוכן כל זה בהנחה שמדובר באויב שאינו חיידקי ומבוסס על דנ"א".

יהיו וירוסים וזחלי זבובים בחלל?

"זחלים כנראה שלא, בהנחה שהאסטרונוטים יעשו עבודה טובה וישמרו על סטריליות לפני שהם עולים לחללית. אבל הוירוסים יגיעו איתם לחלל, אין מנוס, ולכן הטכנולוגיה שלנו יכולה להועיל. הניסוי שלנו בא לבדוק אם הטכנולוגיה ישימה באפס כבידה, כי לפחות על סמך הספרות אין לנו תמונה ברורה במצב של מיקרו-כבידה".

"לדעתי העתיד החקלאי נמצא בטכנולוגיות האלה. אנחנו מכירים את עובד הארמה הקלאסי, עם הטוריה והטרקטור, אבל בעיניי גם לייצר דלק ביולוגי ושמרים זו חקלאות. לייצר כימיקלים שאנו זקוקים להם זו חקלאות. אני עובד למשל על פרויקט של ייצור פרמוני מין של מוזיקים בשמרים כדי למשוך אותם למלכודת. הכול נמצא תחת הגדרת הגג של חקלאות. אני מאמין שתהיה לנו תעשיית בשר מלאכותי וחלב מלאכותי, שתופסים תאוצה ויקטינו את סבל בעלי החיים. העתיד כבר כאן". ●



ד"ר גור פינס: "אם נגיע

למאדים עם אורגניזם

שיודע לשרוד באטמוספירה

ובטמפרטורה הנמוכות, וגם

יצליחו לגדל אותו במסות

גדולות – תהיה חקלאות על

המאדים"

אבולוציוני טבעי לוקחים זמן, ואין לנו את הזמן הזה. אנחנו מאיצים את האבולוציה, ואני מאמין שבעוד כחמישים שנה נהיה במקום מתקדם מאוד בביולוגיה סינתטית".

אם נתחיל לפתח חקלאות במאדים, היא תתחיל להזין את עצמה ולהתפתח בעצמה?

"שום דבר הוא לא בבחינת שגר ושכה. אנחנו לא נשלח תפוח אדמה ונסמוך עליו שהוא יתפתח לחקלאות. אם נגיע למאדים עם אורגניזם שיודע לשרוד באטמוספירה ובטמפרטורה הנמוכות שיש שם, ויפתחו אותו כך שהוא ידע לשרוד בעצמו, ואם הוא יהיה מהונדס כדי לעשות מעין פוטוסינתזה – לספוג את הפחמן הדרווחמזני ולשחרר חמצן כמו צמחים – וגם יצליחו לגדל אותו במסות גדולות – תהיה חקלאות על המאדים. הנדסת הביולוגיה לצרכינו היא מעמודי התווך של הביולוגיה הסינתטית. הרבה מעבדות בארץ ובעולם עובדות על זה".

איתן סטיבה, שבתחילת 2022 צפויה להיות הישראלית השני בחלל, יבצע במשימת החלל שלו ניסוי שמוכיל ד"ר פינס יחד עם ד"ר דוד בורשטיין מאוניברסיטת תל-



▶ "חווה אנכית" בדנמרק, שנועדה לחסוך שטחי גידול חקלאיים צילום: ENG ??