

היערכות חקלאות ישראל לשינוי האקלים

סקירות

גיליון חורף 2019 / כרך 10(4) / היערכות למשבר האקלים / 5 בינואר, 2020

גדעון טופורוב

שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ),
משרד החקלאות ופיתוח הכפר

מרק פרל

האגף לשימור קרקע ולניקוז, משרד
החקלאות ופיתוח הכפר

צפיר גרינהוט

שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ),
משרד החקלאות ופיתוח הכפר

ענת לוינגרט אייז'יי

שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ),
משרד החקלאות ופיתוח הכפר

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

טופורוב ג, פרל מ, גרינהוט צ
ולוינגרט ע. 2019. היערכות
חקלאות ישראל לשינוי האקלים.
אקולוגיה וסביבה 10(4).

על קצה המזלג

- המאמר מציג תוצאות ראשוניות של עבודה הנעשית במשרד החקלאות לקביעת מדיניות חקלאית לנוכח שינוי האקלים.
- שינוי האקלים ישפיע על חקלאות ישראל במישורים רבים: פחיתה בכמות הגשמים, שינוי במשטר הגשמים, שינוי בזמינות מים שפירים להשקיה, עלייה בעומסי חום, שינוי במשטר הטמפרטורות, ואף שינוי בהרכב הערכים התזונתיים של גידולים חקלאיים.
- שינוי האקלים יגרור שינויים נרחבים במערכות חקלאיות ברחבי העולם, ומכאן לשינויים משמעותיים בשוק המזון העולמי. הדבר ישפיע על יבוא מוצרי מזון והתשומות הנדרשות לקיום החקלאות בישראל, וכן על הכדאיות הכלכלית של יצוא תוצרים חקלאיים.
- כדי להגביר את חוסנה של חקלאות ישראל לקראת שינוי האקלים יש לתת את מלוא תשומת הלב לפוריות הקרקע, להגדלת מגוון הגידולים, להפחתת התלות בחומרי דישון והדברה ולהתאמות בין אזורי הגידול לבין האקלים המשתנה בהם.

תקציר

שינוי האקלים כבר כאן והוא מתבטא בעליית טמפרטורות, בשינוי בתפרוסת המשקעים ובעלייה בשכיחות אירועי קיצון, מגמות הצפויות להימשך בעתיד הנראה לעין. לשינוי האקלים צפויות השלכות נרחבות עבור חקלאות ישראל, הכוללות שינויים בכמות ובאיכות של התוצרת החקלאית, עלייה בתצרוכת המים אל מול הירידה בזמינותם, התגברות תהליכי הגרעת קרקע, תנודות במועדי זריעה ושתילה, עלייה בהיקף ובעוצמה של פגעים ומזיקים בחקלאות הצומח ובמשקי החי, שינויים בזמינות ובמחיר של מזון לבעלי חיים ועוד. למרות זאת, חסרה הערכה כמותית החיונית עבור קביעת סדר עדיפויות ומיקוד מדיניות היערכות לשינוי האקלים.

חשוב לזהות צעדים המיושמים כבר כיום ומסייעים לבניית חוסנה של החקלאות להתמודדות עם שינוי האקלים. לדוגמה, השיפור הניכר ביעילות ההשקיה והדישון ופיתוח הזנים והגזעים המותאמים לחום וליובש. נוסף על כך, מדינות רבות נסמכות על הערכת סיכונים שיטתית ככלי לקראת גיבוש מדיניות היערכות מושכלת, גישה שראוי לאמץ גם אצלנו.

המחברים הם חלק מצוות בין-יחידתי הפועל במשרד החקלאות, לקידום מדיניות היערכות לשינוי האקלים. כצעד ראשון, מופו רגישויות ענפים נבחרים לשינוי אקלים, תוך התייחסות למאפיינים השונים של מגוון ענפים חקלאיים, וזאת באמצעות מפגשי מומחים וראיונות עומק עם מדריכי גידול בכמה ענפים חקלאיים. המיפוי הוביל להגדרת 54 מדדים אקלימיים משמעותיים לחקלאות.

בשלב השני, שיתוף פעולה עם השירות המטאורולוגי יצר מיזם ייחודי לניתוח מגמות שינוי האקלים במדדים המשמעותיים לחקלאות. המיזם כולל ניתוח מגמות המדדים שנבחרו בנתונים אקלימיים היסטוריים שנמדדו מאז שנת 1950 מחד גיסא, ומאידיך גיסא תחזיות לעתיד לפי מודלים ארוכי טווח. תוצרי המיזם עשויים לשמש להערכה כמותית של הסיכונים הנובעים משינוי האקלים, וזו אמורה לשמש כלי למקבלי ההחלטות בתחום החקלאות, ואולי אף במגזרים נוספים.

היערכות לשינוי אקלים בחקלאות

השטח החקלאי בישראל מוערך בכ-4.2 מיליון דונם – כחצי מהשטח מושקה, והשאר נסמך על משקעים בלבד^[5]. החקלאות מספקת את מרבית תצרוכת הפירות, הירקות, החלב והביצים, ונסמכת

בעיקר על יבוא לאספקת דגנים, סוכר, דגים ובשר, ובמידה חלקית גם לאספקת קטניות. חלק ניכר מתזונת בעלי החיים במשק מסתמך גם הוא על יבוא גרעינים. לאורך השנים אנחנו עדים לשיפור משמעותי בתפוקה החקלאית, ללא שינוי בכמות המים המשמשים לחקלאות (כלומר, עלייה בתפוקה מכל מ"ק מים). לעומת זאת יש ירידה מתמדת בחלקה היחסי של החקלאות בתמ"ג ובאחוז המועסקים במשק [3].

בשנים האחרונות אנו חווים את השפעות שינוי האקלים, הצפויות אף להתגבר בעתיד (ראו עוד בגיליון זה – כאן וגם כאן). התמודדות עם אתגרי האקלים תמיד הייתה תנאי לשגשוג החקלאות בישראל, לנוכח תנאי האקלים המתאגרים המאופיינים בקיץ ארוך ויבש ובעונת גשמים קצרה ואינטנסיבית. לחץ הולך וגובר על משאבי הקרקע והמים הביא להתפתחות חקלאות צמחית יעילה בשימוש במשאבי הטבע. באופן דומה, האקלים החם הוביל את משקי החי לפתח ממשק צינן יעיל שמאפשר התמודדות עם עומסי החום בחודשי הקיץ הארוכים.

הייצור החקלאי חשוף להשפעות מגוונות של שינוי האקלים. ההשלכות על חקלאות הצומח כוללות בין השאר: שינויים באיכות התוצרת ובכמותה, עלייה בתצרוכת המים ושינוי בתמהיל הרכב המים, עלייה בסיכוני סחיפת קרקע והגרעתה, עלייה בהיקף פגיעים וגורמי מחלה ופלישה של מזיקים חדשים. במשק החי צפויות בין השאר פחיתה ביצרנות, השלכות על הבריאות והפוריות של חיות המשק, ירידה בזמינות מזון לבעלי חיים, חוסר יציבות במחירו ועלייה בתצרוכת המים והאנרגיה לצינן. כלל ענפי החקלאות חשופים להתגברות בשכיחות אירועי אקלים קיצוני שיביאו לפגיעה בתוצרת ובתשתיות ולעליית מחירי הביטוח.

כמעט רבע מפליטות גזי החממה התלויות בפעילות האדם מיוחסות למגזר "חקלאות, ייעור ושימושי קרקע" [20], בעיקר עקב בירוא יערות, משקי בעלי חיים ופליטות מהקרקע ומחומרי הזנה. כ-11% מהפליטות באיחוד האירופי ו-9% בצפון אמריקה מגיעים ממגזר זה [10], אולם לפי מתודולוגיית החישוב הבין-לאומית שהתווה הארגון הבין-ממשלתי האמון על פיתוח הידע בנושא שינוי אקלים (IPCC – Inter-governmental Panel on Climate Change) [13] בישראל המצב שונה, והחקלאות תורמת פחות מ-3% מהפליטות במשק [2]. בשנת 2017 כ-1.3% מכלל הפליטות בישראל נבעו מפליטות במשקי בעלי חיים, וכ-1.3% נוספים נפלטו מקרקעות בשל גידולים חקלאיים. ההבדל בין המשק הישראלי לעולמי נובע מכמה מאפיינים הייחודיים לנו: כמות מזערית של שטח חקלאי, יעילות השקיה גבוהה (לעומת אחוזים גבוהים בעולם של השקיה בהצפה), מספר נמוך יחסית של בעלי חיים לנפש והיעדר בירוא יערות לחקלאות. עם זאת, יש להתייחס לנתון זה בהתחשב במסגרת שיטת החישוב הקיימת שהתווה ה-IPCC שמתייחסת לפעילות החקלאית הקיימת בגבולות המדינה, בלי להביא בחשבון את הרגלי הצריכה, את כלל מערכות המזון ואת הפעילות החקלאית מחוץ לגבולות המדינה, כגון יבוא מזון ומספוא לבעלי חיים.

אפילו בהינתן מצב היפותטי של מעבר עולמי לאפס פליטות גזי חממה ממקורות אנתרופוגניים החל בנקודת הזמן הנוכחית, ייקח מאות שנים עד לחזרה לתנאי טרום-המהפכה התעשייתית [11, 21]. לכן, לצד צעדים שיתרמו להפחתת פליטות גזי החממה, חיוני שנקוט גם מדיניות היערכות לשינוי האקלים. מאמר זה יתמקד בצעדי היערכות הדרושים להתמודדות מוצלחת של החקלאות עם שינוי האקלים הצפוי.

עקרון "אי-חרטה" (No Regret) מכוון להסתגלות באמצעות התמקדות בפעולות המועילות בפני עצמן (כך שלא נחרט על ביצוען גם אם תחזיות שינוי האקלים לא יתממשו). חשיבות פעולות כאלה עולה כפליים בעידן של אקלים משתנה [19]. חקלאות ישראל נהנתה לאורך השנים מפעילות מחקר ופיתוח, הדרכה והטמעת הידע המצטבר בשדה. קיימים מספר מוקדי מחקר בסוגיות משיקות להיערכות לשינוי האקלים, כגון יעול השימוש במים וניצול יעיל של מים שוליים (שאינם ראויים לשימוש אחר), יעול ממשקי הדישון, טיפוח מיני צמחים המתאימים לגידול בתנאי יובש ועקת חום, התמודדות עם מזיקים חדשים ועם גורמי מחלה והפחתת השימוש בחומרי הדברה, צינן במשקי החי, שיפור שיטות לאחסון תוצרת חקלאית, אימוץ אמצעים אגרו-טכניים כגון כיסוי רשתות במטעים וחקלאות מדייקת ועוד (אלעד יגאל, מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, ידע אישי, אוגוסט 2019). ההדרכה המקצועית של החקלאים שנותן משרד החקלאות תורמת גם היא להתמודדות עם שינוי האקלים, באמצעות חיבור בין החקלאים בשטח לבין הקהילה המדעית. פעילות חשובה נוספת שעונה לעקרון האי-חרטה היא "בנק הגנים לצמחי ארץ ישראל". בנק הגנים עוזר לשמור על המגוון הגנטי של צמחי התרבות וצמחי הבר של ישראל, משאב שתורם כבר כיום, ובוודאי עוד יתרום בעתיד, להתמודדות עם השינויים הסביבתיים. המשך המחקר בנושאים שהוצגו לעיל חיוני לקיום ענפי החקלאות על תרומותיהם הציבוריות. בו-בזמן, חשוב לקדם הערכת סיכונים וסיכויים מתוך ניתוח

כמותי וכלכלי של ההשלכות החקלאיות הצפויות ושל אמצעי ההסתגלות.

אפשר לחלק את המחקר על ההשלכות החקלאיות של שינוי האקלים לשתי גישות עיקריות:

- גישה חישובית – שימוש במודלים נומריים לניבוי ההשפעה של מגוון תנאים סביבתיים [לדוגמה 23, 8, 7]
- גישה אמפירית – בחינת תגובת גידולים לתנאים משתנים בסביבה מבוקרת ובניסויי שדה [לדוגמה 22]



גידול עגבניות שרי בבתי צמיחה. שינוי האקלים עשוי להשפיע על אזורי הגידול ומועדיהם כמו גם על ממשקי הגידול | צילום: ענת לוינגרט אייצ'צ'יי

בשנים האחרונות צפינו בעושר של מחקרים בעולם שנקטו את הגישה החישובית לניבוי ההשלכות על הגידולים החקלאיים העיקריים (staple crops), אולם רוב המחקרים מסוג זה עסקו באזורי גידול נבחרים ובמספר מצומצם של גידולים חקלאיים. סקירה של מחקרים אלה מצביעה על צפי לפגיעה עולמית בגידולי מפתח כגון חיטה, אורז, תירס וסויה ברוב אזורי הגידול עד סוף המאה ה-21 [23, 7]. בגישה מתקדמת נקטו חוקרים ששילבו במודלים גם את השפעת שינוי האקלים על מזיקים המשפיעים באופן משני על הגידולים. אחד המחקרים צפה עלייה של 10–25% באובדן יבולי חיטה, אורז ותירס בגלל התגברות מזיקים וגורמי מחלה שונים [8]. מחקרים בגישה זו, המתייחסים לתנאי הגידול ולזנים הקיימים בישראל, כמעט ולא נעשו. אחד המחקרים שנעשו בישראל ובחן את השלכות שינוי האקלים על גידול חיטה המגודלת ללא השקיה, צפה ירידה של 12% בייצור גרעינים המשמשים כמזון לעולם ושל 10.5% בייצור הביומסה הצמחית המשמשת להאכלת בעלי חיים במשק עבור כל התחממות בשיעור 1 מעלה צלזיוס. כמו כן, המחקר צפה שהפחתה של 30% בכמות המשקעים תביא לירידה של היבול בחצי, והראה כי יש משמעות גם לתפרוסת המשקעים [4]. חשוב לציין שפחיתה דרסטית שכזאת בכמות המשקעים אינה צפויה לפחות עד המחצית השנייה של המאה הנוכחית על פי המודלים האקלימיים [1]. בהיעדר מחקרים נוספים הבוחנים את ההשלכות בתנאי הגידול של ישראל, יש לנקוט זהירות בפרשנות של מחקרים אלה.

לעומת זאת, בגידולים אינטנסיביים כגון מטעים, ירקות ומזון מן החי, מקובל הרבה יותר להשתמש בגישה האמפירית לחיזוי השלכות שינוי האקלים. בהיעדר מודלים מספקים, מתבססות ההערכות על מחקרים הבוחנים את הקשר בין מדד אקלימי לבין מדדי תוצרת חקלאית, מזיקים, או מדדי פוריות ובריאות חיות המשק. לדוגמה, מחקר מצא שעלייה בטמפרטורות באברוצו, איטליה בשנים 1951–2011 יצרה תנאים להיווצרות דור שלישי של עש האשכול (*Lobesia botrana*), מזיק של כרם יין, דבר שעשוי להגביר את תוחלת הנזק. לעומת זאת, באותה תקופה הוקדם באופן מובהק תאריך תחילת הבציר, דבר שמקטין את תוחלת הנזק של העש [9]. דוגמה נוספת נוגעת להשלכות שינוי אקלים על מחלה הפוגעת במשקי החי: התפרצות מחלת Bluetongue, מחלה ויראלית המועברת על-ידי חרקים ותוקפת מעלי גירה. בעבר היא הופיעה אחת ל-20 שנים, אך עד 2070 היא צפויה להפוך למחלה שמתפרצת ברוב השנים [15].



כיסוי רשתות במטעים בגליל העליון כצעד "אי-חרטה", המשפר את החוסן של ענפי החקלאות בפני שינוי אקלים. כיום יותר ויותר מטעים מכוסים ברשתות קבועות או ארעיות, שנועדו לצמצם נזק מזדמן לעצים מאיתני הטבע (שמש, רוחות ועוד). מתברר כי לכיסוי רשתות תועלת נוספת שהופכת את הממשק הזה לכדאי לחקלאים ובד בבד לאמצעי הסתגלות מוצלח לשינוי האקלים. ממשק זה גם מצמצם את ההתאדות ומביא לחיסכון בהשקיה, ממתן את תנאי האקלים, מגדיל את היבול ומשפר את איכותו | צילום: ענת לוינגרט אייצ'יי

כיסוי רשתות במטעי בנות כצעד "אי-חרטה", המשפר את החוסן של ענפי החקלאות בפני שינוי אקלים. כיום יותר ויותר מטעים מכוסים ברשתות קבועות או ארעיות, שנועדו לצמצם נזק מזדמן לעצים מאיתני הטבע (שמש, רוחות ועוד). מתברר כי לכיסוי רשתות תועלת נוספת שהופכת את הממשק הזה לכדאי לחקלאים ובד בבד לאמצעי הסתגלות מוצלח לשינוי האקלים. ממשק זה גם מצמצם את ההתאדות ומביא לחיסכון בהשקיה, ממתן את תנאי האקלים, מגדיל את היבול ומשפר את איכותו | צילום: ענת לוינגרט אייצ'יי

גישה חדשה שמתפתחת בשנים האחרונות היא ניתוח לפי שלבים קריטיים לגידולים (critical climate stress moments)^[12]. בגישה זו שאלת המחקר היא כמה זמן ניתן לגדל את הגידולים הקיימים בתנאים הקיימים, בהינתן שינוי האקלים? אילו אמצעי הסתגלות דרושים להמשך קיימות הגידול? לדוגמה, מחקר הראה שתוך כשלושה עשורים לא יתאפשר גידול זני התירס הקיימים באפריקה בגלל התקצרות התקופה ששוררים בה תנאי גידול מתאימים. בהנחה שפיתוח ואימוץ של זנים חדשים המותאמים לשינוי אקלים יארך כ-30 שנה, החוקרים מסיקים שיש צורך בפיתוח מיידי של זנים חדשים כדי להקדים תרופה למכה^[6].

למרות חשיבות הערכת ההשלכות של שינוי האקלים, אין לראות בהם גורם בלעדי שישפיע על חקלאות העתיד. שינוי בביקוש לתוצרת החקלאי לסוגיה (הנובע מגידול האוכלוסייה וגם משינוי בהעדפות התזונתיות), שינוי בזמינות ובמחירי תשומות, פיתוחים טכנולוגיים, שינוי במבנה מערך העובדים, בסחר הבין-לאומי ועוד, צפויים להשליך באופן משולב על מערכות המזון של העתיד. רבות מהמדינות המפותחות נקטו גישה של הערכת סיכונים והזדמנויות תוך התבססות על מודלים משולבים, ביו-פיזיים, כלכליים וחברתיים או על ניתוח רב-שכבתי של המידע הזמין^[14,16,17]. ה-IPCC פרסם אף הוא דו"ח שבחן באופן שיטתי את הידע המצטבר לגבי השפעות שינוי האקלים על החקלאות ועל ההשלכות על הביטחון התזונתי^[18]. חקלאות ישראל עשויה לצאת נשכרת מאימוץ **הגישה והכלים** שפותחו במסגרת הערכות סיכונים בחו"ל.

הערכת סיכונים היא כלי חשוב למיקוד מדיניות להסתגלות לשינוי האקלים, לקביעת סדרי עדיפות ולהצדקת ההוצאה הכלכלית הדרושה לצורך הסתגלות, בד בבד עם להמשך יישום מהלכי "אי-חרטה".

איור 1 מפרט את השלבים העיקריים לקראת הערכת סיכונים וגיבוש מדיניות מושכלת להיערכות לשינוי האקלים. זיהינו פערי ידע בכל אחד מהשלבים, ולכן המודל הבא משמש מעין "מפת דרכים" להשלמת פערי הידע ולהערכת הסיכונים.



מיפוי רגישות לשינוי אקלים בחקלאות וקביעת מדדים אקלימיים משמעותיים

במשרד החקלאות פועל צוות רוחבי (וכותבי המאמר חברים בו), תוך שיתוף מגוון יחידות במשרד, שמקדם את מדיניות היערכות לשינוי האקלים. השלב הראשון, אפיון רגישות לשינוי האקלים, נחשב מורכב במיוחד כאשר מדובר במגזר החקלאי. הפעילות החקלאית מבוססת על מגוון גדול של צמחים ואורגניזמים, ולכל אחד מהם פיזיולוגיה ייחודית ותגובה שונה לתנאי אקלים וסביבה. מורכבות נוספת נובעת מההשפעות האקלימיות המגוונות על מארג המערכות האגרו-אקולוגיות ומהמערכות האקולוגיות הסובבות אותן – הקרקע, המים, אורגניזמים שידידותיים לצמחי התרבות ולחיות המשק, ואחרים המזיקים להם.

לצורך המיפוי הראשוני נבחרו גידול חיטה, עגבניות בבתי צמיחה, מטעים נשירים (לדוגמה, תפוח עץ), רפת החלב, בננות, אבוקדו, הדורים, בקר לבשר, גידול דבורים וכו'. בעזרת ראיונות עומק מבוססי שאלון (נוסח השאלון בנספח 1) ומפגשים משותפים של צוותי מומחים (מדריכים, מגדלים וחקרנים) אפיינו את השלבים הפיזיולוגיים הרגישים ביותר לשינוי אקלים בגידולים השונים. בתהליך זה ניסינו לענות על השאלות הבאות:

- מה ערכי הסף לרגישות לתנאי האקלים?
- באיזו עונה או תקופה מופיעה הרגישות לתנאי האקלים?
- באילו אזורים בארץ מופיעה הרגישות לתנאי האקלים? (בחלק מהמקרים מקביל לאזורי הגידול).
- מה זמן החשיפה הקריטי המביא להשפעת תנאי האקלים?
- מה התוצאות הצפויות מחשיפה לתנאים אלה?
- אילו אמצעי הסתגלות קיימים או צפויים? מה עלות יישומם?

תוצרי המיפוי הובילו להגדרת 54 מדדים אקלימיים משמעותיים לחקלאות, הכוללים טמפרטורה, משקעים, לחות יחסית ומדדים משולבים (פירוט המדדים בנספח 2). חשוב לשים לב להבדל המשמעותי בין הענפים. לכל ענף ספים פיזיולוגיים משלו הקובעים את קצב הגידול, תקופת הגידול והמהלך העונתי. לדוגמה, ברפת החלב מדד קריטי הוא מספר שעות עומס החום. עומס חום גבוה, בייחוד בלילה, עלול לפגוע בתפוקה ובבריאות הפרות, וגם להגדיל את הוצאות האנרגיה. לעומת זאת, מטעים נשירים (כגון תפוח עץ) רגישים לטמפרטורה חמה בחורף, ולשרב בתקופת הפריחה, היות שהוא עלול לפגוע בחנטים ולמנוע התפתחות תקינה של פרי. גידולי שדה חורפיים, כגון חיטה, תלויים מאוד בכמות הגשם, בפזור הגשם לאורך העונה ועוד.

עם סיום המיפוי היה ברור שהשלמת פערי הידע בתחום האקלימי צופנת בחובה מספר אתגרים:

- הפעילות החקלאית מתקיימת על פני כל מגוון האזורים הגאואקלימיים בישראל. מיפוי מגמות העבר וחיזוי השינוי העתידי באופן שיבחין בין האזורים החקלאיים מצריך יכולות שלא היו בנמצא בתחילת המיזם.
- חלק גדול מהפרסומים בתחום מתייחסים לערכי טמפרטורה שנתיים ממוצעים. עבור החקלאות נדרשים מדדים חודשיים, יומיים ואפילו שעתיים (לדוגמה, שעות עומס חום לפרות).
- חלק מהפרמטרים החשובים לחקלאות קשים לחיזוי או שלא נמדדו לאורך תקופה שתאפשר ניתוח מגמות. הדבר נכון בין השאר לגבי לחות יחסית, קרינה, טמפרטורת קרקע, אירועי ברד ורוחות בעוצמה קיצונית.

כימות מגמות אקלימיות במדדים משמעותיים לחקלאות

בהתבסס על מיפוי הרגישויות החל השירות המטאורולוגי בשנת 2017 להוציא לפועל את המיזם "מדדים אקלימיים משמעותיים לחקלאות" (מאמ"ל). בחלק מהמדדים (לדוגמה, אירועי ברד שמשמעותם לענפים רבים גדולה) נדרש עוד זמן להשלמת פערי הידע, ולכן ביצעם נדחה למועד עתידי. השירות המטאורולוגי פועל להשלים עבודה חסרת תקדים בישראל בהיקפה, ובה מנותחות המגמות האקלימיות בנתונים ההיסטוריים שנמדדו מאז 1950, יחד עם חיזוי השינויים הצפויים עד 2050 לפי שני תרחישים של ריכוזים עתידיים של גזי חממה באטמוספירה (RCP4.5 ו-RCP8.5) שהוגדרו על-ידי ה-IPCC². התוצרים כוללים מיפוי מגמות הטמפרטורה לשמונה אזורים גאואקלימיים על סמך תחנות מטאורולוגיות רבות (34 תחנות למיפוי מגמות טמפרטורה ו-60 תחנות למגמות משקעים). ניתוח המגמות עבור כל התחנות נעשה על בסיס מדדים שנתיים, חודשיים, יומיים ואף שעתיים. העבודה נמצאת בשלבי השלמה, והתוצרים המלאים יתפרסמו עם סיומה.

להלן מספר דוגמאות להמחשה של תוצרי העבודה. ממיפוי הענפים החקלאיים למדנו שמספר ענפים ובהם רפת החלב, המטעים, וחלק מגידולי הירקות, רגישים לטמפרטורות גבוהות מ-34 מעלות בתקופות שונות בשנה. [איור 2](#) מתאר את מגמות השינוי במניין הימים השנתי שהטמפרטורה המרבית בהם גבוהה מ-34 מעלות על פני שמונת האזורים. בתקופה שבין 1950–2016 מספר הימים מעל סף 34 מעלות עלה באזורי הארץ השונים ב-3–34 ימים (איור 2א), אולם רוב השינוי (עלייה של 3–30 ימים) התרחש בשלושת העשורים האחרונים שקצב ההתחממות בהם החריף ([איור 2ב](#)). עד שנת 2050 צפויה עלייה נוספת של עד 29.4 ימים לפי התרחיש המתון, ועד 35.3 ימים לפי התרחיש החמור ([איור 2ג](#)) מתייחס לתרחיש החמור, אך הוא אינו שונה מהותית מהתרחיש המתון). בחלק מהאזורים המשך מגמה זו יצריך שינוי בצורת הגידול (זנים שונים, בקרת אקלים וכו') או מעבר לאזורי גידול קר יותר. אלה הערכות ראשוניות בלבד, ובוודאי יעלו תובנות נוספות עם הצטברות נתונים נוספים. מפות מגמות דומות לרמה השנתית הוכנו (או נמצאות בשלבי הכנה) עבור כל 54 המדדים המשמעותיים לחקלאות שהוגדרו. כמו כן, הועברו למשרד החקלאות גרפים וטבלאות של מגמות

חודשיות, וכן סדרות הזמן של המדדים המחושבים לטובת ביצוע ניתוחי המשך וכקלט למודלים החקלאיים.

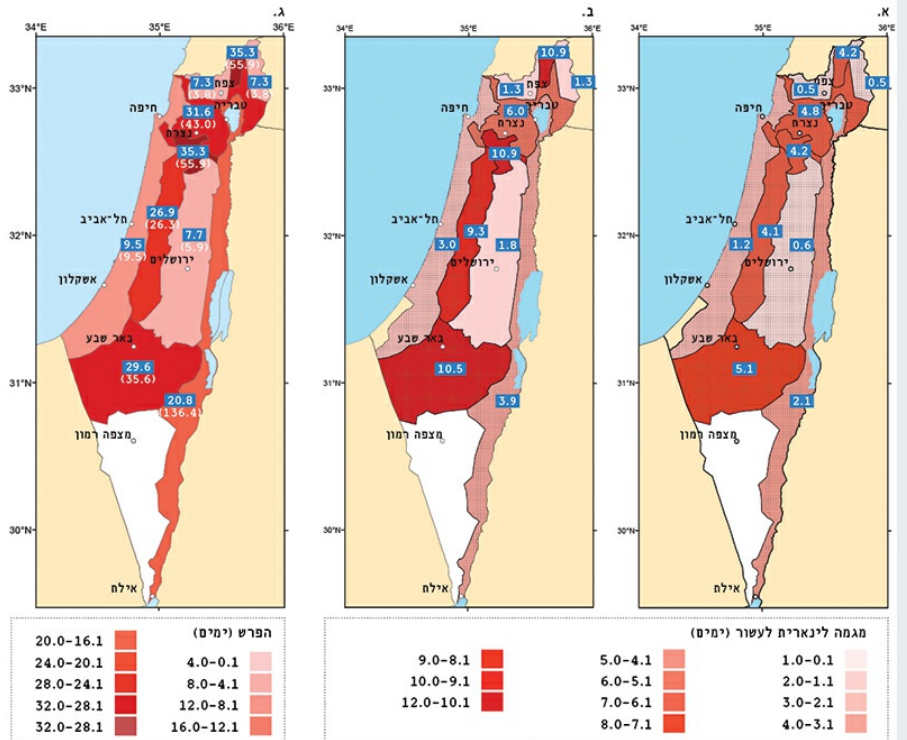
כמובן שתהליך זה אינו חד-פעמי, וחשוב שהוא יתמשך ויתעדכן בהתאם למצב ענף החקלאות ולמידע האקלימי המצטבר. האתגר החשוב הבא הוא הטמעת הידע המצטבר מעבודת השירות המטאורולוגי במחקרים חקלאיים. התוצרים עשויים לשמש להערכה שיטתית של הסיכונים וההזדמנויות כדי לספק כלים כמותיים בידי מקבלי ההחלטות. אומנם העבודה הנוכחית ממוקדת בצורכי המגזר החקלאי, אולם התוצרים יכולים לשפוך אור גם על השלכות שיש לשינוי האקלים במגזרים אחרים. יחד עם המשך נקיטת פעולות "אי-חרטה", אנו סבורים שאימוץ גישת הערכת הסיכונים במגזרים אחרים יספק כלים למדיניות מבוססת-מדע להיערכות לשינוי האקלים.

איור 2

תוצרים ראשוניים מעבודת השירות המטאורולוגי למיפוי מגמות שינוי אקלים במדדים נבחרים המשמעותיים לחקלאות

מיפויים אזוריים מוצגים עבור מדד אחד מתוך 54 מדדים אקלימיים. המפות מייצגות שמונה אזורים גאוגרפיים אקלימיים שכל אחד מבוסס על נתוני 2-9 תחנות מטאורולוגיות. מגמת השינוי במספר הימים בשנה שהטמפרטורה המרבית בהם גבוהה מ-34 מעלות צלזיוס בתקופות 1950-2016 (א) ו-1988-2016 (ב). המספרים מבטאים את המגמה במספר ימים לעשור. שטחים מנוקדים מבטאים מגמות מובהקות, $P\text{-value} \leq 0.05$. מידול אקלימי של מספר הימים בשנה שהטמפרטורה המרבית בהם גבוהה מ-34 מעלות, על פי ממוצע אשכול המודלים, עבור 2005-2006 בהשוואה ל-1961-2005 על-פי תרחיש ריכוזי גזי חממה RCP8.5 (ג). בסוגריים מופיעים הממוצעים למדד זה בכל אזור בתקופת הבסיס (1961-2005).

איור 2. תוצרים ראשוניים מעבודת השירות המטאורולוגי למיפוי מגמות שינוי אקלים במדדים נבחרים המשמעותיים לחקלאות
 מיפויים אזוריים מוצגים עבור מדד אחד מתוך 54 מדדים אקלימיים. המפות מייצגות שמונה אזורים גאוגרפיים אקלימיים שכל אחד מבוסס על נתוני 2-9 תחנות מטאורולוגיות. מגמת השינוי במספר הימים בשנה שהטמפרטורה המרבית בהם גבוהה מ-34 מעלות צלזיוס בתקופות 1950-2016 (א) ו-1988-2016 (ב). מספרים מנוקדים מבטאים את המגמה במספר ימים לעשור. שטחים מנוקדים מבטאים מגמות מובהקות, $P\text{-value} \leq 0.05$. מידול אקלימי של מספר הימים בשנה שהטמפרטורה המרבית בהם גבוהה מ-34 מעלות, על פי ממוצע אשכול המודלים, עבור 2005-2006 בהשוואה ל-1961-2005 על-פי תרחיש ריכוזי גזי חממה RCP8.5 (ג). בסוגריים מופיעים הממוצעים למדד זה בכל אזור בתקופת הבסיס (1961-2005).



תודות

למנהל השירות המטאורולוגי, ניר סתיו, שהבין את חשיבות הנושא ורתם צוות עבודה רחב ואיכותי לטובת מיזם מדדים אקלימיים משמעותיים לחקלאות (מאמ"ל). ליצחק יוסף, מרכז המיזם, ולצוות העבודה המסור בשירות המטאורולוגי על המקצועיות חסרת הפשרות ועל תוצרי העבודה המשובחים.

1. גרונטמן י. 2010. רוסיה תעצור את יצוא החיטה מאמצע אוגוסט עד סוף השנה. גלובס 05/08/2010.
2. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2018. השנתון הסטטיסטי לישראל 2017. ירושלים.
3. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2017. מאזן אספקת המזון 2015 ונתונים מעודכנים לשנים 2013–2014. ירושלים.
4. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2017. תחזית אוכלוסיית ישראל עד שנת 2065. הודעה לתקשורת, 21/05/2017.
www.cbs.gov.il/reader/newhodaot/hodaa_template.html?hodaa=201701138
5. חרובי נושלהבת ש. 2006. הערכה כלכלית של שירותים אקולוגיים מקומיים וגלובליים עבור ענפי החקלאות השונים. קרן נקודת ח".
6. כסלו י וצבן ש. 2013. אטלס סטטיסטי של חקלאות ישראל, 2013. צנובר, בסיוע האגף לתכנון כפרי אזורי, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
7. סופר א וברקובסקי א. 2017. שינוי האקלים ומשבר המים במזרח התיכון – מפסימיות לפרגמטיות. *אקולוגיה וסביבה* 7(4): 6–11.
8. פאנוס ד. 2017. ענף החקלאות בישראל תמונת מצב כלכלית לשנת 2016. החטיבה למחקר, כלכלה ואסטרטגיה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
9. צבן ח. 2011. תרומת החקלאות למשק הלאומי על רקע התפתחות שוק המזון בעולם. בתוך: שביב א ואח' (עורכים). מים וחקלאות, מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית.
10. Berners-Lee M, Kennelly C, Watson R and Hewitt CN. 2018. Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elementa: Science of the Anthropocene* 6: 52.
11. Burlingame B and Dernini S (Eds). 2012. Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. Sustainable diets and biodiversity: Directions and solutions for policy, research and action. Food and Agriculture Organization (FAO).
12. Canals LM, Munoz I, Hospido A, et al. 2008. Life Cycle Assessment (LCA) of domestic vs. imported vegetables. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guilford, UK.
13. Clapp J. 2015. The state of agricultural commodity markets 2015-16: In depth. Food self-sufficiency and international trade: a false dichotomy? Food and Agriculture Organization (FAO).
14. Clapp J. 2017. Food self-sufficiency: Making sense of it and when it makes sense. *Food Policy* 66: 88-96.
15. Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). 2010. UK food security assessment: Detailed analysis.
16. de Lorgeril M, Salen P, Martin JL, et al. 1999. Mediterranean diet, traditional risk factors, and the rate of cardiovascular complications after myocardial infarction: Final report of the Lyon Diet Heart Study. *Circulation* 99: 779-785.
17. Estruch R, Ros E, Salas-Salvado J, et al. 2013. Primary prevention of

cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *The New England Journal of Medicine* **368**: 1279-1290.

18. Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. International scientific symposium on biodiversity and sustainable diets; 3–5 Nov 2010; Rome.
19. Gordillo G and Jeronimo OM. 2013. Food security and sovereignty: Base document for discussion. Food and Agriculture Organization (FAO).
20. Howitt R, MacEwan D, Medellín-Azuara J, et al. 2015. Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture. Davis (CA): Center for Watershed Sciences, University of California – Davis.
21. Kelley CP, Mohtadi S, Cane MA, et al. 2015. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *PNAS* **112**: 3241-3246.
22. Martinez S, Hand M, Da Pra M, et al. 2010. Local food systems: Concepts, impacts and Issues. United States Department of Agriculture, Economic Research Service, report number 97.
23. Martinez-Gonzalez MA, Guillen-Grima F, De Irala J, et al. 2012. The Mediterranean diet is associated with a reduction in premature mortality among middle-aged adults. *The Journal of Nutrition* **142**: 1672-1678.
24. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. www.millenniumassessment.org/en/Global.html
25. Salas-Salvado J, Bullo M, Babio N, et al. 2011. Reduction in the incidence of Type-2 diabetes with the Mediterranean diet. Results of the PREDIMED-Reus nutrition intervention randomized trial. *Diabetes Care* **34**: 9-14.
26. Shai I, Schwarzfuchs D, Henkin Y, et al. 2008. Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet. *The New England Journal of Medicine* **359**: 229-241.
27. Stoessel F, Juraske R, Pfister S, et al. 2012. Life cycle inventory and water footprint of fruits and vegetables: Application to a Swiss retailer. *Environmental Science and Technology* **46**(6): 3253-3262.
28. USAID. 2016. US Government global food security strategy for years 2017-2021.
29. Zhang H and Cheng G. 2016. China's food security strategy reform: An emerging global agricultural policy. In: Wu F and Zhang H (Eds). *China's global quest for resources*. London and New-York: Routledge Taylor & Francis Group.

קריאה נוספת

דו"ח השירות המטאורולוגי על שינוי אקלים בישראל. דו"ח פורץ דרך באיכות הנתונים ובשיטות שיושמו בו, הפורס את מגמות העבר בטמפרטורה ובמשקעים, ואת המגמות האקלימיות החזויות על סמך אשכול של מודלים. התחזיות האקלימיות בדו"ח זה ישמשו בסיס לעבודת המנהלת להיערכות לשינוי אקלים בשנים הקרובות.

יוסף י, בהר"ד ע, און ל ואחרים. 2019. שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות

חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים. השירות המטאורולוגי הישראלי.

דו"ח על הערכת הסיכונים משינוי האקלים לחקלאות בבריטניה, שהוא דוגמה טובה להערכת סיכונים יסודית בענף החקלאות, המתבססת על מיטב הידע האקלימי הקיים.

Knox JW, Hurford A, Hargreaves L, and Wall E. 2012. Climate risk assessment for the agriculture sector. UK Department of Environment, Food and Rural Affairs.

תוכנית ההיערכות הלאומית לשינוי אקלים בבריטניה, שתחום החקלאות בה מבוסס על הדו"ח שלמעלה.

Department of Environment, Food and Rural Affairs. 2013. The National Adaptation Programme – making the country resilient to a changing climate. HM Government.

נספחים (זמינים באתר)

נספח 2. רשימת מדדים אקלימיים משמעותיים לחקלאות של משרד החקלאות

להורדה

נספח 1. שאלון רגישויות ענפיות לשינוי אקלים

להורדה