



כפר דרום ת"ז - שבי דרום

ד"ר מרדכי שומרון

השפעת היער בישראל על האקלים

מבוא

הגמרא במסכת סנהדרין (צח ע"א) עוסקת בסימני הגאולה העתידה. רבי אבא אומר כי ישנו סימן מובהק לגאולת ישראל כמאמר הנביא יחזקאל:

ואמר רבי אבא: אין לך קץ מגולה מזה, שנאמר: ואתם הרי ישראל ענפכם תתנו ופריכם תשאו לעמי ישראל כי קרבו לבוא (יחזקאל לו פסוק ח').

התבוננות בפרק זה מתחילתו מלמדת כי הנבואה האמורה בפרק מופנית דווקא לאדמת ארץ ישראל. לדוגמה, בפסוק ו' נאמר: 'לכן הנבא על אדמת ישראל ואמרת להרים ולגבעות לאפיקים ולגאיות וכו', ולאחר הפנייה לאדמת ארץ ישראל על כל גוניה, פונה הנביא ואומר:

ואתם הרי ישראל ענפכם תתנו ופריכם תשאו לעמי ישראל כי קרבו לבוא... ונעבדתם ונזרעתם והרביתי אליכם אדם כל בית ישראל כלה, ונושבו הערים והחרבות תבנינה (שם פסוקים ח'-י').

וממשיך הנביא (פס' לד-לה):

והארץ הנשמה תעבד, תחת אשר היתה שממה... ואמרו הארץ הלזו הנשמה היתה כגן עדן.

תחייתה של אדמת ישראל היא השלב הראשון בגאולת העם ובהשראת השכינה בישראל. ככל שתהליך הגאולה מתקדם, כך הארץ מוסיפה ומגדילה פירותיה, עד לכדי 'הארץ הלזו הנשמה היתה כגן עדן' (שם פסוק לה). תחייתה המחודשת של אדמת ישראל היא סימן מובהק ונדבך מרכזי בגאולת עם ישראל והעולם כולו, העתיד לחזור לדרגת גן עדן קודם חטא אדם הראשון. מעגל התיקון אינו יכול להיסגר ללא תחייתה של אדמת ישראל. בפירושו לגמ' בסנהדרין מדייק רש"י: 'כשתתן ארץ ישראל פריה בעין יפה, אז יקרב הקץ, ואין לך קץ מגולה יותר'. ארץ ישראל חשה ומרגישה את הקץ המתקרב, ומתוך כך מתחילה לתת את פריה בעין יפה.

ואכן כל מי שעניו בראשו רואה כיצד אדמת ישראל הולכת ונגאלת וכבר נותנת את פירותיה בעין יפה. אומנם ישנם עדיין קשיים, ורבים המצייקים לנו, אך ארץ ישראל אומרת את דברה ומאירה פניה לבניה - בוגיה.

בנינה של הארץ והפרחת שממותיה במאה וחמישים השנים האחרונות הטביעו את חותמם לא רק על ארץ ישראל אלא על העולם כולו, ורבים מעמי העולם משחרים לפתחה של ארצנו הקטנה ללמוד ולהתבשם מאווירה ומהצלחותיה בתחומים רבים.

א. אקלימה של הארץ

מטבעו של עולם שתנאי האקלים הם הגורם המשפיע על הצומח ברחבי תבל. אזורים שבהם האקלים לח מקבלים כמויות גשם גדולות יותר לעומת אזורים יבשים, ולכן באזורים הלחים כמות הצמחייה גדולה בהרבה לעומת זו שבאזורים היבשים. ארץ ישראל נמצאת באזור המוגדר מבחינה אקלימית כחצי-יבש (Semi Arid). עונת הגשמים קצרה, והקיץ יבש וחם. בארץ ישראל קיים 'מדרון אקלימי' מובהק מהצפון לדרום ומהמערב למזרח, על פי תפרוסת המשקעים הממוצעת. הדרום יבש בהרבה מהצפון, והמזרח יבש מהמערב. ממוצע הגשם הרב-שנתי במצפה חרשים שבגליל העליון הוא 959 מ"מ, ואילו באילת יורדים בממוצע 22 מ"מ בלבד בשנה, כ- 2.3%. ממוצע הגשם הרב-שנתי בעין החורש שבשרון הוא 576 מ"מ, ואילו בקיבוץ שדה אליהו, הנמצא מזרחית אליו כמה עשרות ק"מ אך באותו קו רוחב, הממוצע הרב-שנתי הוא כמחצית, 281 מ"מ בלבד. כמות הצמחייה הכללית ובמיוחד הצומח הרב-שנתי מתאפיינת בהתאם. כמות העצים והשיחים בצפון גדולה לאין ערוך מזו שבדרום ובנגב, וכך גם במערב ביחס למזרח. מגב ההר ומזרחה הצמחייה הרב-שנתית דלילה ומצויה בעיקר בערוצי נחלים.

ב. ההיסטוריה של הצומח בישראל

בכניסת ישראל לארץ בהנהגתו של יהושע בן נון, שטחי היערות והחורש הטבעי היו כפי הנראה גדולים, והיה אף צורך לברא את היער במקומות מסוימים כדי להרחיב את ההתיישבות העברית (יהושע יז, יד-יח). במהלך ההיסטוריה כבשו את הארץ עמים שונים, ואלו ניצלו את המשאבים הטבעיים של הארץ ככל יכולתם. הגדילו לעשות התורכים אשר בשנות שלטונם בארץ כרתו את מרבית היערות והחורש הטבעי כדי להשתמש בחומרים לתועלתם. גם רעיית היתר של הערבים אשר התגוררו בארץ והתבססו על גידול צאן הסבה נזקים חמורים לצומח במרבית חבלי הארץ. שום אומה אשר שלטה בארץ במהלך ההיסטוריה לא השכילה, ובדרך כלל גם לא רצתה, לטפח את הארץ. מבחינת ההשקפה התורנית-אמונית, התופעה ברורה וידועה. נאמר בתורה (ויקרא כו טו): 'ושממו עליה אויבכם', ומבאר שם הרמב"ן:

שאינן ארצנו מקבלת את אויבינו. וגם זו ראייה גדולה והבטחה לנו, כי לא תימצא בכל הישוב ארץ אשר היא טובה ורחבה ואשר היתה נושבת מעולם והיא חריבה כמוה. כי מאז יצאנו ממנה לא קיבלה אומה ולשון, וכולם משתדלים להושיבה ואין לאל ידם...

פירוש זה של הרמב"ן עולה בקנה אחד עם השגותיו על המצוות שמנה הרמב"ם בנושא מצוות יישוב הארץ, וכה דבריו (ספר המצוות לרמב"ן, עשה ד): 'שלא נעזבה ביד זולתנו מן האומות או לשממה'. הגלות ועזיבת הארץ לידי האומות הביאו בהכרח גם לשיממונה של הארץ.



ג. האם היער יכול להשפיע על האקלים?

הסדר הטבעי להתקיימות הצומח בארץ הוא הגשם המרווה את האדמה, וזו מצמיחה את העצים ואת שאר הצמחים, כפי שנאמר: 'ונתתי מטר ארצכם בעתו יורה ומלקוש, ואספת דגנך ותירשך ויצהרך' (דברים יא פס' יד). הצמחייה בישראל תלויה לחלוטין בגשם, ולכן כאשר אין גשם - אין צמחייה, 'ועצר את השמים ולא יהיה מטר והאדמה לא תתן את יבולה' (שם פס' יז).

עד כאן הדברים פשוטים וידועים, אך האם ישנה גם השפעה הפוכה? האם הצמחייה בכלל והיער בפרט עשויים להשפיע על האקלים בעולם בכלל ובישראל בפרט? אם כן - במה, והאם עשויות להיות לכך השלכות על איכות החיים בישראל? כדי לענות על שאלה גלובלית זו, הוקמה ברחבי תבל רשת של כ-600 תחנות משוכללות למדידה של השפעת הצומח על האקלים. לפני כ-18 שנה הוקמה בישראל תחנה מטאורולוגית משוכללת, דווקא ביער יתיר, השוכן בספר המדבר, כדי לבחון אם תיתכן השפעה של הצומח על האקלים. זו התחנה היחידה מכל רשת התחנות הגדולה שהוקמה ברחבי העולם, הנמצאת באזור יבש ולמעשה חצי-מדברי (285 מ"מ גשם בממוצע בשנה). צוות גדול של מדענים מתחומי הצומח, החקלאות, המטאורולוגיה ומהמחלקה למדעי כדור הארץ וכוכבי הלכת במכון וייצמן למדע בחן במשך שנים את הנושא. התוצאות התפרסמו לאחרונה בכתב העת 'אקולוגיה וסביבה' 9 (2018), במאמר של ד"ר איל רוטנברג ופרופ' דן יקיר (שקיבל השנה את פרס ישראל על המחקר): 'יעור, אקלים ועתיד היערות בישראל'. התוצאות מעניינות מאוד ומצביעות על מערכת של קשרי גומלין בין האקלים ליער בישראל. להלן אסקור בקצרה ובשפה פשוטה חלק מהממצאים מתוך המאמר המדעי, אשר עשויה להיות להם השלכה על איכות החיים בישראל לטווח הארוך.

א. עלייה בריכוזי גזי החממה באטמוספירה הנובעת ממפעלי תעשייה, תחבורה וכד' גורמת להתחממות עולמית. הצמחים גורמים לקירור כדור הארץ באמצעות קיבוע של הפחמן הדו-חמצני (CO_2), שהוא הגז בעל ההשפעה הגדולה ביותר (חוץ מאדי מים) על ההתחממות הגלובלית [מקורות 1, 2].

ב. מדידות שנעשו בחמישים השנים האחרונות בעולם מראות שכיום קולטת צמחיית כדור הארץ בתהליך הפוטוסינתזה יותר פחמן מזה הנפלט בתהליכי נשימה על ידי כלל האורגניזמים, ובכך ממתנת את התחממות כדור הארץ [מקור 3].

ג. לצמחים השפעה על בליעת קרינת השמש והחזר הקרינה (אלבדו), על שינוי בשטף ההתאדות והחום ועל משטר הרוחות, ובכך ישנה השפעה ישירה ועקיפה על האקלים [מקורות 4, 5].

ד. בתהליך הדיות (טרנספירציה) של הצמחים משתחררים אדי מים לאטמוספירה, ובכך מוגבר תהליך היווצרות העננים. לעננים תפקיד מרכזי בהחזרת חלק מקרינת השמש לאטמוספירה ובמיתון תהליכי חימום הקרקע [מקור 6].

ה. קצב קיבוע הפחמן בתהליך הפוטוסינתזה של היער באזור יתיר, הנמצא בספר המדבר, נמצא דומה לזה של יערות אורנים באירופה (כ- 200 גרם פחמן למ"ר).

ו. הטמפרטורה הממוצעת של עלוות היער ביתיר נמוכה ב-5 מעלות בהשוואה לסביבה, ולכן פליטת החום מהיער נמוכה יותר. בצוהריים בימות קיץ ההפרש עשוי להגיע ל-20 מעלות.

ז. מודלים של השפעות גומלין בין הצומח לאקלים מראים שהגדלת היקף היער באזורים צחיחים למחצה, כדוגמת יער יתיר, עשויה להביא לשינוי במערכות הסינופטיות ולהגברת כמות המשקעים.

ח. מלבד המחקר שנעשה בארץ ביער יתיר לבחינת השפעת היער על האקלים, לא נעשו בעולם מחקרים בתנאי אקלים דומים, ולפיכך ישנה חשיבות גדולה להבנת התהליכים בתנאי ישראל [מקור 7, 8].

בעבר התייחס המחקר המדעי ליערות באזורים השחונים למחצה כאל נושא שולי, ולכן גם לא ניתנה תשומת לב לאפשרות של השפעת היערות הללו על האקלים. המחקר פורץ הדרך שנעשה ביער יתיר מצביע על כיוונים חדשים ומזהה פוטנציאל שיש לצומח באזורים אלו על האקלים [מקורות 9, 10]. מסתבר כי דווקא ליערות באזורים השחונים למחצה חשיבות רבה בזכות כמה גורמים: שטחם הגדול, השפעתם על הקטנת ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה והגדלת ריכוז החמצן באזורים אלו, בהם חיה כשליש מאוכלוסיית כדור הארץ. למעשה מתקיימת מערכת של יחסי גומלין בין האקלים ליער. ככל שהאקלים קריר ולח יותר, כמות הגשם גדלה, וככל שהיא גדלה, התפתחות הצמחייה עולה. בד בבד עם התפתחות הצמחייה, היא משפיעה על מיתון התחממות האקלים ועל העלאת הלחות באטמוספירה, וכתוצאה מכך כמות הגשם עולה וחוזר חלילה. כך נוצרת מערכת של היזון חוזר בין היער לאקלים הסובב אותו, ושניהם נשכרים.

סיכום

כל אדם מכיר בחשיבות העץ והיער בהיותם מקור למזון, לצל ולשימושים נוספים וכן להגדלת המגוון הביולוגי. המחקר העדכני מצביע על פוטנציאל נוסף שיש ליער - השפעה חיובית על האקלים והגברת הגשם. תוצאות המחקר שנעשה בישראל נותנות משנה תוקף לחשיבות נטיעת עצים ויערות בארץ. פעולות רבות נעשו בעבר בתחום מטעם קק"ל, משרד החקלאות, ההתיישבות החקלאית ושאר הגופים העוסקים ביישובה המחודש של הארץ, ובוודאי עוד תיעשינה פעולות חשובות. מחקר זה הוא ראשון בתחום, אולם ללא ספק יבואו בעקבותיו מחקרים נוספים, אשר יגלו פנים חדשות נוספות בהתיישבות המחודשת של עם ישראל בארצו ובחיבור ההדדי שביניהם.

לאור זאת אפשר לפרש את הפסוק ביחזקאל (לו פס' לד) בפירוש מחודש. 'והארץ הנשמה תעבד', כאשר ישראל חוזרים לארץ ונוטעים בה נטיעות כמאמר הפסוק (ויקרא ט, כג): 'כי תבאו אל הארץ ונטעתם' - מתעוררת מחדש נשמתה של הארץ והיא מאירה



פניה לבניה - בונייה. הארץ הופכת להיות מארץ שוממה לגן עדן, כהבטחת הנביא: 'ואמרו הארץ הלזו הנשמה היתה כגן עדן' (יחזקאל לו, לה). אשרינו שאנו זוכים להתגשמות החזון מול עינינו.

מקורות

1. Alkama R and Cescatti A. 2016. Biophysical climate impacts of recent changes in global forest cover. *Science* **351**: 600-604.
2. Beer C, Reichstein M, Tomelleri E, et al. 2010. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: Global distribution and covariation with climate. *Science* **329**: 834-838.
3. Pan YD, Birdsey RA, Fang JY, et al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* **333**: 988-993.
4. Bonan GB. 2008. Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* **320**: 1444-1449.
5. Claussen M, Brovkin V, and Ganopolski A. 2001. Biogeophysical versus biogeochemical feedbacks of large-scale land cover change. *Geophysical Research Letters* **28**: 1011-1014.
6. Davin EL and de Noblet-Ducoudre N. 2010. Climatic impact of global-scale deforestation: Radiative versus nonradiative processes. *Journal of Climate* **23**: 97-112.
7. Cox PM, Betts RA, Bunton CB, et al. 1999. The impact of new land surface physics on the GCM simulation of climate and climate sensitivity. *Climate Dynamics* **15**: 183-203.
8. Feddema JJ, Oleson KW, Bonan GB, et al. 2005. The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science* **310**: 1674-1678.
9. Sankaran M, Hanan NP, Scholes RJ, et al. 2005. Determinants of woody cover in African savannas. *Nature* **438**: 846-849.
10. Klein T, Di Matteo G, Rotenberg E, et al. 2013. Differential ecophysiological response of a major Mediterranean pine species across a climatic gradient. *Tree Physiology* **33**: 26-36.

