

מדוע לעצים יש שנה טובה ושנה רעה? הכל תלוי בקצב

זרימת ההורמונים - ביולוגיה

www.haaretz.co.il

בחיקם של העלים המעטרים את עצי הפרי – בחיבור בין העלה לענף – נמצא פקע קטן. בתחילת החורף, עתידו של כל פקע פתוח לגמרי – אם לצמוח לענף חדש, להתפתח לתפרחת שממנה יגדלו הפירות והזרעים שיפיצו את החומר הגנטי שלו בעולם, או לא להתפתח כלל. עם בוא האביב, שניים מאותם עתידים כבר חסום, וכל פקע מתפתח בהתאם לגורל שנקבע לו במהלך החורף.

בעצי פרי ירוקי עד הנפוצים באקלים הסוב-טרופי הישראלי, גורם אחד שקובע אם הפקע יתפתח לניצן, ממנו לפרח ועד לפרי, הוא מספר "מנות הקור" להן נחשף העץ – שעות וימים שבהם הטמפרטורות יורדות מתחת לסף מסוים בחורף. אולם ברבים מזני העצים שמשמשים לחקלאות, כמו עצי זית, הדורים ותפוחים, גם זיכרון עומס היבול בעונה הקודמת משפיע על מספר הפירות שהעץ יצמיח בעונה הנוכחית.

תופעה זו, שבה עצים מצמיחים פירות רבים בשנה אחת (עונת שפע) ויבול דל בשנה לאחריה (עונת שפל), נקראת סירוגיות. לסירוגיות יש חשיבות רבה בגידול פרי למאכל – כשבשנים מסוימות למגדלים יש שפע של פירות, אם כי לרוב קטנים ובאיכות נחותה יותר מבשנים האחרות, ובשנים הבאות אין כמעט פירות על העצים. מחקר חדש, שנערך במכון וולקני בבית דגן, הצליח לראשונה לזהות את המנגנון המולקולרי שקובע את אותה סירוגיות ולהבין כיצד נוכחות הפירות על העץ מכתיבה את העתיד שצפון בכל פקע – אם להפוך לפרח או לענף. [המחקר](#) התפרסם בחודש שעבר בכתב העת המדעי *Journal of Experimental Botany*.

רוצים סיכום? קבלו את "היומית" כל ערב ישירות למייל

[הרשמה בקליק](#)

פרופ' אבי צדקה, שבמעבדתו נערך המחקר, מסביר כי הסירוגיות היא אמנם בעיה עבור החקלאים. אולם מנקודת מבטו של העץ, זו אסטרטגיה יעילה לניצול מושכל של משאבים בכל שנה. העץ צריך לגדל ענפים, "גידול וגטטיבי", מסביר צדקה. על ענפים חדשים אלה ייווצרו הפקעים "מהם יתפתחו פרחים בשנה הבאה – מקום לגידול הפרודוקטיבי. כלומר עץ לא סירוגי חייב לווסת משאבים גם לצימוח וגטטיבי וגם לגידול פרודוקטיבי. עץ סירוגי מקצה משאבים לצימוח וגטטיבי בשנה אחת, ולצימוח פרודוקטיבי בשנה העוקבת, ללא צורך בחלוקת משאבים שנתית", הוא מוסיף.



עץ מנדרינה עמוס פרי בשנת שפע ועץ בשנת שפל צילום: אבי צדקה

- איך העגבנייה יודעת שבא אביב ואיך היא מתאימה את עצמה לסביבה משתנה?
- מתן אנטיביוטיקה לבנים בשבוע הראשון לחייהם מאט את גדילתם, בנות לא הושפעו

דוגמה קיצונית לגורלו של עץ שלא מווסת את משאביו היא בזן של מנדרינה בשם וילקינג. לעצים יש בדרך כלל מנגנון מובנה לוויסות מספר הפירות על ידי הנשרת עודפים. הווילקינג, מספר צדקה, איבד את יכולתו להשיר פירות, ככל הנראה בגלל מוטציה גנטית. וכך אם לא מסייעים לעץ ומדללים את פירותיו, לא נותרים לו משאבים להשקיע בתחזוקתו, והעץ קורס מבפנים. "וכך אפשר לראות עצים מלאי פרי – מתים".

מנגד, "עצי יער הם סירווגיים מאוד. הם נושאים פרי כל חמש, שבע, ולפעמים אפילו 15 שנה", מספר צדקה. אלפי שנות ביות של גידולים כמו עצי הדר דחפו כנראה להקטנת הסירווגיות. אולם בגידולים רבים לא העלימו אותה לחלוטין.

הגילוי הנוכחי החל בעבודה שנעשתה במעבדתו של צדקה ב-2014 על ידי ד"ר לירון שלום, שבחן את ההבדל בביטוי הגנים בפקעים מעצים שנמצאים בעונת שפל לאלה שנמצאים בעונת שפע. המחקר מצא הבדלים משמעותיים בפעילות גנים המקודדים לחלבוני הובלה של הורמון צמחי חשוב.

הורמון זה נקרא **אוקסין**, והוא אחד מההורמונים הצמחיים הנחקרים ביותר, שממלא תפקידים רבים בביוגיה של הצמח, ורבים מהם קשורים לכיוון התנועה שלו בתוך הצמח. דוגמה אחת היא זרימת האוקסין בעובר של הצמח, שקובעת את ציר הצורה שלו בבגרותו – מאיזה צד הוא ישריש שורשים ומאיזה ינצו עלים.



עץ מנדרינה עמוס פרי בשנת שפע ועץ בשנת שפלצילום: אבי צדקה

האוקסין ממלא תפקיד מפתח גם בשלב מאוחר יותר של תהליך הצמיחה, שנקרא "שלטון קודקודי". כאשר גבעול צומח, הוא צריך למקד את הצמיחה שלו בכיוון אחד – הקודקוד – ולבלום

את הצמיחה האפשרית של ענפים צדדיים. שלטון קודקודי זה נעשה בעזרת זרם של אוקסין שיורד מטה מהקודקוד ומונע את התפתחות הפקעים במורד הגבעול.

גילוי ההבדל בביטוי הגנים הקשורים בתנועת האוקסין בין הפקעים מעצי השפע והשפל, מסביר צדקה, נתן להם את הרמז הראשון. הרמז השני התגלה אחרי שהם הסירו את הפירות מעצי השפע. תוך שבועות ספורים ביטוי הגנים בעצי השפע השתנה ונרשמה עלייה בביטוי גנים הקשורים להובלת האוקסין בפקעים – בדומה לפקעים מעצי השפל. הסרת הפירות לוותה גם בהפחתת כמות ההורמון בפקע.

גילויים אלו הובילו להיפותזה שבבסיס המחקר הנוכחי – האוקסין הזורם מהפקע החוצה הוא שקובע כי הפקע יתפתח לתפרחת ואחריה לפרי. כדי לבחון היפותזה זו נעזרו צדקה והדוקטורנט דור חיים באוקסין רדיואקטיבי. זהו מוצר מסחרי שמשמש למחקר ומאפשר לעקוב אחר תנועת ההורמון הצמחי בענף בעזרת מדידת הקרינה הנפלטת מאזורים שונים בו. "הניסויים הללו נעשים על ענפים במעבדה. אף אחד לא ישקול להתקרב לעץ בשדה עם חומר רדיואקטיבי, למרות שהכמויות הן זעומות", הוא מדגיש.

מדידת תנועת האוקסין בענפים שעליהם פירות, מספר צדקה, העלתה שההורמון זורם בעוצמה ובמהירות גבוהות יחסית מכיוון הפרי לתוך הענף. זרם זה, הוא מספר, מונע מהאוקסין האצור בפקע לצאת ממנו. כאשר הפקע נותר עם רמות גבוהות של אוקסין בתוכו, הוא פונה לנתיב של צמיחה וגטטיבית – מתפתח לענף. אם זרם האוקסין בענף, מחוץ לפקע, נחלש כי אין פירות על הענף, ההורמון יכול לצאת מהפקע, ושחרור זה מעודד את הפקע לפרוח לתפרחת וממנה להפוך לפרי.



עץ מנדרינה עמוס פרחים בשנת שפע, ועץ עם מספר קטן של פרחים בשנת שפלצילום: אבי צדקה

צדקה מדגיש כי מדובר במחקר בסיסי של מנגנונים ביולוגיים בעצים. מחקר המשך שנערך במעבדתו כרגע מנסה להבין את המנגנון דרכו רמת האוקסין בפקע קובעת את גורלו - לשבט או לפרח. בטווח הארוך יותר, הוא אומר, למחקר יכולות להיות השלכות מעשיות על הגידולים החקלאיים בשני כיוונים לפחות.

כיוון ראשון הוא המשך מחקר בסיסי במטרה לגלות את הגנים של העץ שאחראים לבקרה של תנועת האוקסין מהפרי אל הענף. זיהוי גן או קבוצת גנים שכאלה תאפשר הכלאה במטרה לפתח זנים של עצי פרי שנותנים יבול קבוע משנה לשנה – בלי להתערב ישירות בגנטיקה של העץ.

כיוון שני הוא שימוש בחומרים שונים שידועים כמעכבי תנועה של אוקסין. פיזור שלהם על הענפים יכול לבלום את תנועת ההורמון מכיוון הפירות, ולאפשר מחזור חדש של פריחה. אולם פיתוח זה תלוי בטכנולוגיות פיזור מדויק של חומרים בגידולים חקלאיים, שלא קיימות כיום.

צדקה אומר שננו-טכנולוגיה יכולה להיות דרך יעילה להוביל את ההורמון לתאים המתאימים בעץ כדי להשפיע במדויק על תנועת האוקסין ולעודד פריחה, או לשנות מגוון תהליכים ביולוגיים אחרים בעץ ולשפר את תנובת היבול. אולם פיתוחים אלה תלויים בתקציבים. "אם היינו מקבלים רק אחוז מהתקציב שמוקדש למחקר הביולוגיה של האדם, היינו יכולים לעשות פלאים", הוא מסכם.