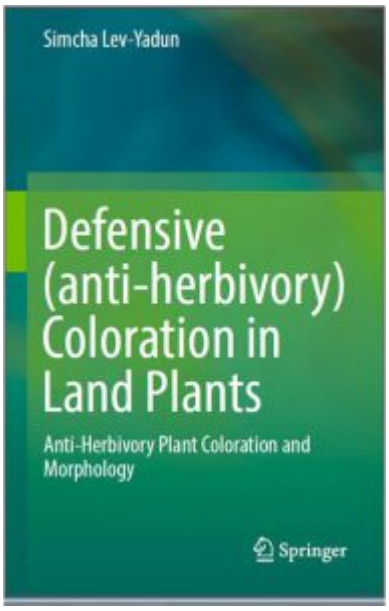
צבעוניות ומורפולוגיה בצמחים כהגנה מפני אכילה על ידי בעלי חיים – על ספרו של שמחה לב-ידון

גדי פולק, מערכת כלנית gadpollak@gmail.com

ספרו החדש של **שמחה לב-ידון** Lev-Yadun, S. 2016. Defensive (anti-herbivory) Coloration in Land Plants מציג גישה חדשה ומקורית להסבר תופעות של צבעוניות וצורה בצמחים – כאלה המופיעות בכל חלקי הצמח העל-אדמתיים ואינן קשורות בהכרח למשיכת מאביקים לפרחים ולהפצת פירות וזרעים. צמחים חשופים כל העת ללחצי אכילה אשר מולם נבררו תכונות רבות המקנות עמידות ברמות משתנות. תכונות צבע וצורה בצמח (בכל חלקיו ולא רק באברי הרבייה) מתפרשות בספר כאמצעים להתגוננות מסיכוני הטריפה בדרך של התחמקות ואף בהרתעה אקטיבית, בדרכים מגוונות כגון הסוואה, חקיינות, התחזות ואזהרה. הספר פותח צוהר לתחום מחקרי חדש ומרתק אשר נמצא בשלבים ראשונים של התהוותו.

Lev-Yadun, S. 2016. Defensive (anti-herbivory) Coloration in Land Plants. Springer International Publishing, Switzerland. 385 pp.

התמונות בגוף הסקירה – באדיבות מחבר הספר



מהי המשמעות של דגמי הצבע הלבנים בעלים הקוצניים של

גדילן מצוי, **ברקן סורי** ו**קרדה מכסיפה**? מדוע לרבים מצמחי חוף הים גוון אפור? כיצד ניתן להסביר במונחים של הגנה מפני אוכלי צמחים צבעי שלכת שונים? אלה הן רק דוגמאות אחדות לתופעות שלהן מציע פרופ' שמחה לב-ידון (איש אוניברסיטת חיפה – אורנים) הסברים בספרו החדש על צבעוניות ומורפולוגיה בצמחים כמגנים מפני הרביבוריה. תופעות כאלה הן שגירו את המחבר במהלך תצפיותיו בשדה לאורך שנים לתת את דעתו עליהן ולשאול "למה?". המשמעות של הצבעוניות ושל מבנים מורפולוגיים בצמח שאינם קשורים למשיכת בעלי חיים מאביקים לפרחים ולמשיכת בעלי חיים מפיצי פירות, לא זכו לתשומת הלב הראויה במונחים של התאמה ואסטרטגיות קיום, על אף שההיבטים הפיזיולוגיים והתפקודיים של הפיגמנטים הצמחיים נחקרו רבות וידועים זה מכבר. שמחה לב-ידון מייחס לצבעי העלים והגבעולים, לדגמים המופיעים עליהם ולמאפייני צורה נוספים כמו קוצניות, משמעות מרכזית דווקא בדחייה והרתעה של בעלי חיים הרביבוריים. אלה הם אותות תקשורת (סיגנלים) ה"מיועדים" לתפיסה החושית של הצבע והצורה של בעלי החיים הללו. תחום זה כבר התפתח בזואולוגיה לפני עשרות שנים בהקשר של יחסי טורף-נטרף, ואילו בבוטניקה התחום מאחר בהתפתחותו ונמצא רק בראשיתו, כאשר ספרו של שמחה לב-ידון פורש לראשונה בספר תמונה רחבה ומקיפה של התופעות ומניח את היסודות לבניין המצע התיאורטי שלהן. אחת הסיבות לפיגור של העיסוק בתופעות הצבע והצורה של הצמחים מנקודת מבט אדפטיבית כלפי סיכוני ההרביבוריה היא העובדה שהתיעוד הרב של צמחים בעשביות ובספרי פלורה התבסס על דגמי צמחים מיובשים שבהם תכונות הצבע אינן ניכרות והם מבליטים בעיקר פרחים ופירות לצורך האיפיון הטקסונומי.

שמחה לב-ידון גייס לצורך בניית המסגרת המושגית והתיאורטית ידע מהספרות הצבאית אודות יחסי תוקף-מתגונן, את ניסיונו כצלם טבע, חוויות אישיות, תובנות מתצפיותיו הרבות במהלך הקריירה המדעית שלו וכמובן שפע של עבודות בספרות המדעית, ובכלל זה רבות משלו ועם עמיתים ותלמידים.

תופעות הצבעוניות והצורה בצמחים כאמצעי התגוננות מפני בעלי חיים הריבוריים נסקרות בספר בארבע חטיבות תוכן ראשיות הכוללות 69 פרקי תוכן קצרים העוסקים במגוון סוגיות ורעיונות: א. רקע כללי שבו נפרשת התשתית המושגית בנושאי יחסי צמחים ובעלי חיים ובעיקר הרביבוריה, חקיינות (mimicry) ואותות הצבע. ב. הגנות צמח מתונות – כגון הסוואה, התחזות, הטעייה וחקיינות. ג. הגנות אגרסיביות – שבהן מושם דגש על איום ואזהרה המשלבים דגמי צבעוניות עם קוצניות ד. מקרי "גולת הכותרת" (Masterpieces), כמו למשל המשמעות של צבעי השלכת כאות הגנתי של צמחים מפני הרביבוריה.

להלן כמה דוגמאות המבטאות את המשמעות ההגנתית המיוחסת לדגמי צבע וצורה בצמחים. דוגמה ראשונה היא מצמחי חוף הים שבהם שכיח גוון כללי אפור בקרב שיעור ניכר של מיני הצמחים. גוון מאפיר זה מוקנה על ידי כסות שערות, שכבת שעווה, חללי אויר באפידרמיס, קליפת שעם בהירה וכליאת חלקיקי חול ואבק על שטח הפנים. (דוגמאות: **לבנונית החוף**, **אספסת הים**, **חורשף צהוב** ועוד) תכונות אלה נחשבות כרגיל כהתאמה ליובש, לטמפרטורה גבוהה, כאמצעי להחזרת קרינה, כשכבת בידוד המקטינה התייבשות וכשכבת מגן מפני רסס ים מלוח. לב-ידון מציע הסבר נוסף: הצבע הבהיר עשוי להבליט חרקים הרביבוריים כהים שעלולים לנחות על האברים הללו בכדי להיזון מהם והימצאם על רקע בהיר חושף אותם לטורפיהם. מכאן שהגוון הבהיר תורם להימנעות של חרקים הרביבוריים מלאכול את אברי הצמח ולסייע בהגנתם, בבחינת "האויב של אויבי הוא ידידי". התופעה של כליאת גרגרי חול בשערות דביקות על פני שטח העלים (למשל ב**ציפורנית בשרנית**) מוסברת כרגיל כהתאמה להקטנת השחיקה של האפידרמיס בעלה על ידי גרגרי חול נוספים המוסעים ברוח. הסבר נוסף יכול להיות הקטנה של האטרקטיביות לפגיעה ואכילה על ידי חרקים על ידי הקשחה של האיבר בעזרת גרגרי החול. המקרים הללו מצביעים על כך שמאפייני צבע וצורה יכולים להיברר בלחץ של מגוון תופעות שונות במקביל ואין להם רק הסבר אחד.



צמחים בחוף הים בעלי גוון אפור. צילם: שמחה לב-ידון ©
מימין – לבנונית ימית; משמאל – ציפורנית בשרנית עם גרגרי חול כלואים על שטח פני העלה
להגדלה – לחצו על התמונות

בתחום של ההגנות ה"אגרסיביות" הספר מרחיב את הדיבור על הקוצניות המלווה בדגמי צבע על עלים. הדוגמאות הבולטות מהארץ הן צמחים בעלי עלים קוצניים כמו **גדילן מצוי**, **ברקן סורי**, **חוח עקוד**, **קרדה מכסיפה**, או צמחים בעלי זיפים נוקשים כמו מיני **נונאה** ו**לשון-פר**. באלה העלים מנומרים בכתמי צבע או בנקודות בצבע לבן. דגמים אלה מתפרשים כאותות אזהרה (aposematism) ובו זמנית גם יוצרים תמונה מתעתעת של צורת העלה. לב ידון מפרש של השכיחות הרבה בארץ של הצמחים המשלבים קוצים עם

וריאגציה (כתמים לבנים על העלים) כהגנה קבוצתית של מיני צמחים לאיום דומה במכניזם של חקיינות מולר (mullerian mimicry) שבה מינים רבים "מאמצים" תכונת הגנה דומה, ולכאורה מחקים אחד את רעהו. מארג הכתמים הלבנים מדמה מנהרות נזק של זחלי חרקים מהן נעלם הכלורופיל, כמו למשל ב**מרור**. המסר הוא: העלה פגוע ופגום וכדאי להימנע מאכילתו. באופן דומה מתפרשים גם כתמי הלובן ב**רקפת**, במיני **תלתן** ועוד.



גדילן מצוי (מימין); מרור הגינות (משמאל). צילם: שמחה לב-ידון ©

יתר על כן, גם צבעים בולטים של פרחים, חלקי פרח, דגלים ופירות עשויים לשמש כאותות אזהרה כנגד בעלי חיים הרביבוריים במקביל לתיפקודם הבסיסי כאמצעי משיכה וראווה. למשל במיני צמחים שבהם מצויים בו-זמנית על הצמח פירות במצבי הבשלה שונים – ירוקים, אדומים ושחורים, כמו ב**אשחר רחב-עלים** ובמיני **אלה** ו**פטל**, המשמעות המיוחסת לצבעים השונים היא כאותות אזהרה לפירות שאינם בשלים, אינם טעימים ואפילו רעילים. לטעמי פרשנות זו, המייחסת לדגמי צבע אלה משמעות של "אזהרה" היא מרחיקת לכת, מעבר למידע בסיסי שהיא מספקת על איכותם של הפירות. לב-ידון סוקר מקרים רבים של דגמי צבע בפרחים ופירות שתוארו בספרות ובהם נמסר על דחייה של בעלי חיים, אולם הללו לא תמיד פורשו על ידי החוקרים כאותות אזהרה. לעומתם סבור לב-ידון באופן גורף שכל המקרים הללו אכן מציגים אסטרטגיה של אזהרה.



פטל קדוש. פירות בשלבי הבשלה שונים. צילם: שמחה לב-ידון

נקודה זו מוליכה לשאלה הכללית של הביסוס המחקרי והניסויי של דגמי הצבע והצורה כאותות אפוסמטיים (אזהרה). לב-ידון מודה שביסוס זה הוא עדיין בראשיתו, אך לטענתו הוא הולך ומתרחב. בחזונו הוא רואה שבעתיד אפילו יאמצו בטכניקות של הנדסה גנטית החדרת פיגמנטים צבעוניים לגידולים חקלאיים כאמצעי להרתעת מזיקים.

דיון נרחב מוקדש למשמעות של הימצאות עלים צבעוניים – בעיקר צהובים ואדומים – בביולוגיה של הצמחים. אלה יכולים להיות צבעי העלים בשלכת אך גם צבעוניות המופיעה בעת הלבלוב וגם לפעמים כלל ללא קשר לשלבים הפנולוגיים הללו. המהלך הפיזיולוגי של ההיחשפות של הפיגמנטים הצהובים-כתומים (קרוטנואידים) לקראת השלכת כתהליך הזדקנות לאחר התפרקות הכלורופיל ידוע היטב. גם הופעת הצבע האדום בעלים כתוצאה מהצטברות אנתוציאנינים מוסברת לרוב כהתאמה לקור. מעבר לתיפקוד הפיזיולוגי המוכר, הספר מייחס לכל המקרים של עלים צבעוניים גם משמעות תקשורתית כסיגנלים המיועדים לבעלי חיים במגוון רחב של אופציות – החל ממשיכה, דרך מידע על ערך מזוני נמוך ועד למשמעות של אזהרה. כל זאת על רקע ההיסטוריה האבולוציונית והנסיבות האקולוגיות הספציפיות בכל מקרה.




צבעי עלים בשלכת. מימין - אדר קטן-עלים; משמאל - אוג הבורסקאים. צילם: שמחה לב-ידון ©
להגדלה - לחצו על התמונות

מקרים רבים נוספים של דגמי צבעוניות וצורה בצמחים מתוארים בספר ומתפרשים כתכונות המרתיעות בעלי-חיים הרביבורים, בין אם חסרי חוליות קטנים ובין אם יונקים גדולים. תקצר היריעה מלתאר אותם כאן והקוראים מופנים לספר עצמו.

השפה וסגנון הכתיבה בספר (באנגלית) קולחים וקל לעקוב אחר ההשתלשלות הרעיונית בכל סוגיה, המלווה גם בניסיון וחוויות אישיים. החלוקה הנושאית המפורטת לפרקים קצרים העוסקים כל אחד בסוגיה ספציפית, מאפשרת גישה נוחה לכל נושא. ועם זאת, חסר מאד אינדקס של שמות הצמחים שדרכו ניתן להגיע למידע רלוונטי לפי הצמחים שבהם נדונה תופעה כזו או אחרת.

רבות מהדוגמאות הן מצמחי ישראל ומכיוון שהספר זמין ככל הנראה בעיקר בספריות אקדמיות, היה ראוי, חשוב ורצוי להנגיש את התכנים גם לקהל המקומי בעברית. יש לקוות שרבים מהפרקים, כמו גם מאמרי המקור, יעובדו לשפה העברית ויפורסמו לטובת אנשי המקצוע והחובבים המקומיים המתעניינים בביולוגיה של צמחי ישראל.

בדבריו שעל גבי הכריכה האחורית מצהיר לב-ידון בגלוי שהספר הוא ספר "אידיאולוגי" המבטא את תפיסותיו האישיות (שאינן חסינות מביקורת) אודות תופעות הצבע והצורה בצמחים בדרך של הסוואה, התחזות, הטעייה ואזהרה, כקו הגנה ראשון כללי כנגד בעלי חיים עוד בטרם ניזוקו. הבנה זו מבוססת על חשיבה אבולוציונית של לחצי סלקציה ושל גורמים נוספים שהוליכו לפתרונות דומים במגוון רחב של מיני צמחים הנמנים על קווי התפתחות אבולוציוניים שונים. וכפי שמצהיר המחבר, אין זו כלל המילה האחרונה בתחום אלא רק התחלה. בנקודת הזמן הנוכחית הולכות ומתרבות העדויות התומכות בתפיסה העקרונית של מתן משמעות הגנתית לדגמי הצבע והצורה בצמחים. ואכן רבים כאן הרעיונות המעניינים והמפתיעים במקוריותם, הדורשים עדיין את המשך ביסוסם בדרך של תצפיות ומחקר.

==========

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

ציטוט: פולק ג 2017 צבעוניות ומורפולוגיה בצמחים כהגנה מפני אכילה על ידי בעלי חיים – על ספרו של שמחה לב-ידון, כתב-עת "כלנית" מספר 4.

צבעוניות ומורפולוגיה בצמחים כהגנה מפני אכילה על ידי בעלי חיים – על ספרו של שמחה לב-ידון