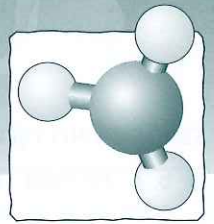


צבעי שלכת

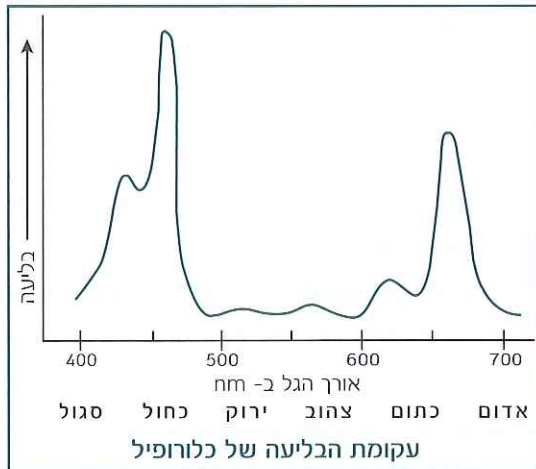
דבורה קצביץ*



הכלורופיל

הצבע הבסיסי של רוב העלים הוא ירוק. הכלורופיל, המצוי בעלים בכמות גדולה, מאפיל על הגוונים האחרים, והוא הפיגמנט שגורם לעלים להיות ירוקים. מולקולות הכלורופיל בולעות אור בתחום הנראה באורכי גל של אדום וכחול, כפי שניתן לראות בעקומת הבליעה של כלורופיל.

כתוצאה מבליעת האור האדום והכחול, המשמשים כמקור אנרגיה בשלבים שונים של הפוטוסינתזה, האור המוחזר נראה ירוק.



עונת הסתיו היא סימן לעצים להתכונן לחורף. שעות האור המתקצרות והטמפרטורה הנמוכה בלילות מהוות טריגר לשינויים במטבוליזם שמתרחש בעצים. אחד מהשינויים הללו הוא יצירה של ממברנה החוסמת מעבר של חומרי הזנה מהענפים אל העלים. כתוצאה מכך תהליך הייצור של הכלורופיל בעלים דועך, והצבע הירוק של העלים דוהה. צבע העלה המתקבל תלוי בתערובת הפיגמנטים הקיימת בו. אם העלה מכיל פיגמנטים השייכים למשפחת הקרוטנואידים העלה יקבל צבע צהוב-כתום. עלים אחרים יקבלו צבע אדום-סגול הודות למשפחה אחרת של פיגמנטים - פלבנואידים. שינויי הצבע של העלים הם שלב במערך של תהליכים, שבסופם העלים נושרים והעצים נכנסים לתרדמת החורף.

בארצות רבות בעולם, צפון ארה"ב וקנדה לדוגמה, הפכו צבעי השלכת למוקד תיירותי ראשון במעלה. קיים מעקב ועדכון online של המוקדים המצטיינים בשילובי הצבעים היפים ביותר.

במאמר זה נסקור את הפיגמנטים העיקריים הנמצאים בעלים, את תפקידיהם ואת תרומתם לצבעי השלכת המרהיבים.

בטבלה הבאה מרוכזים פרטים לגבי משפחות הפיגמנטים, דוגמאות נפוצות והצבעים הנלווים:

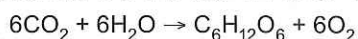
| משפחת הפיגמנטים | סוג התרכובת | צבעים |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| פורפרינים - Porphyrin | כלורופיל - chlorophyll | ירוק |
| קרוטנואידים - Carotenoid | קרוטן - carotene, ליקופן - lycopene, קסנתופיל - xanthophyll | צהוב, כתום, אדום, צהוב |
| פלבנואידים - Flavonoid | פלאבון - flavone, פלאבונול - flavonol, אנטוציאנינים - anthocyanin | צהוב, אדום, כתום, סגול, מג'נטה |

* דבורה קצביץ, מורה לכימיה, תיכון אזורי גדרה, עורכת עמיתה "על-כימיה", חברה בקבוצת הכימיה של המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

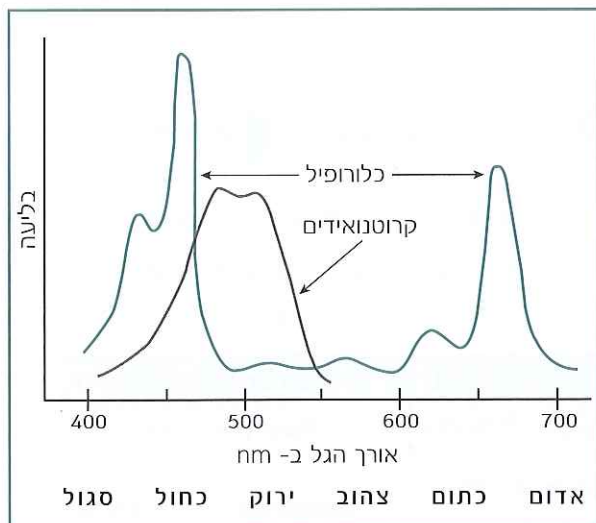
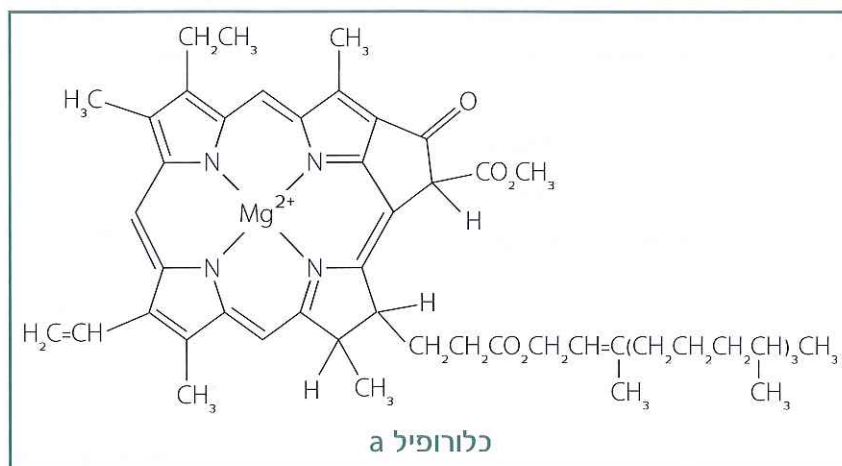


מולקולות הכלורופיל הן גדולות מאוד (ראה איור). הן קשורות לממברנות של הכלורופלסט (האברון בתא הצמחי בו מתרחשת הפוטוסינתזה) ואינן מסיסות במים. קיימים כמה סוגי מולקולות כלורופיל, שנהוג לסמןן באותיות a, b, c, d. השוני ביניהן הוא בשרשרת הצד.

תפקידו של הכלורופיל לקלוט אנרגיית אור ולהמירה לאנרגיה כימית בתהליך הפוטוסינתזה, כמתואר כאן:



הגלוקוז והחמצן הנוצרים בתהליך מאפשרים את הפקת האנרגיה לקיום תהליכי החיים של הצמח.



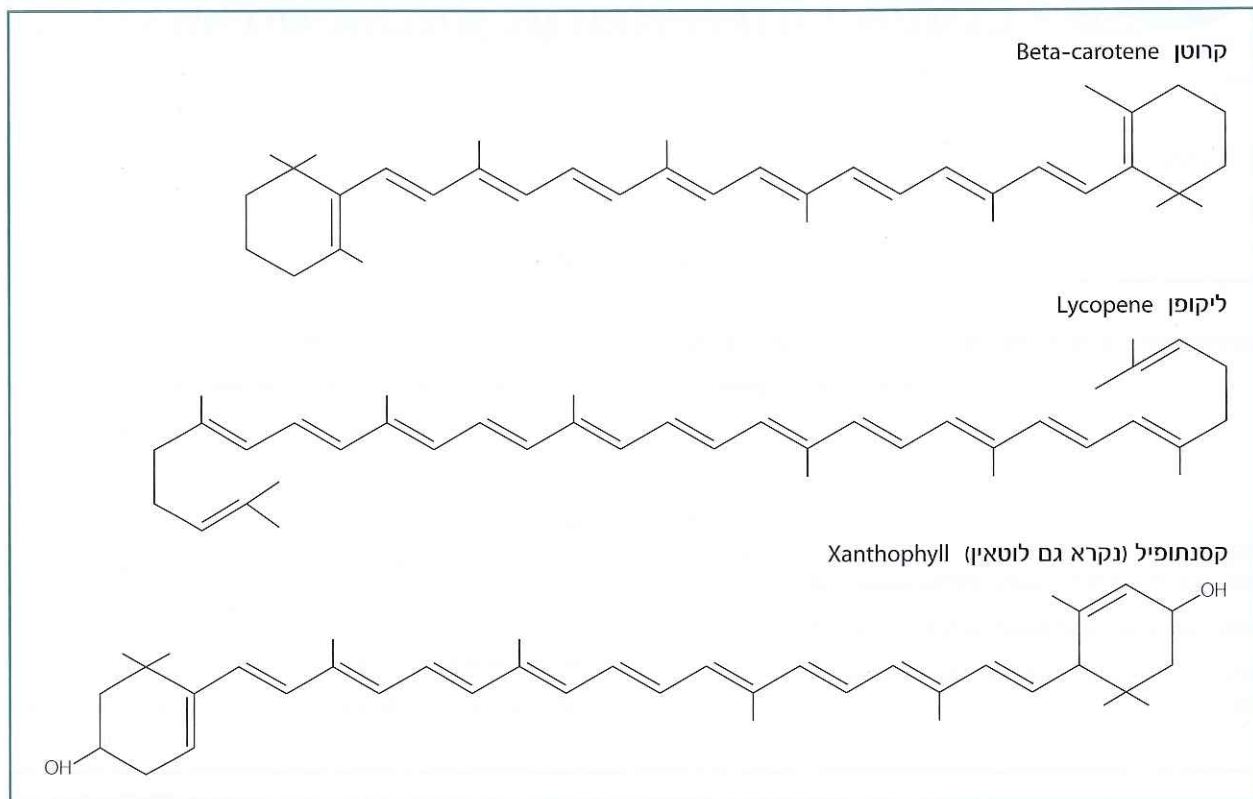
הירוק-כחול והכחול בהיר, כפי שניתן לראות בעקומת הבליעה. המולקולות השייכות למשפחת הקרוטנואידים יציבות הרבה יותר ממולקולות הכלורופיל. הן נשארות בעלים גם לאחר היעלמותו של הכלורופיל. הצבע הצהוב של העלים המתקבל לאחר היעלמותו של הכלורופיל, מקורו בקרוטנואידים.

מולקולות הכלורופיל אינן יציבות והן מתפרקות בקצב קבוע בהשפעת אור חזק. ייצור מחדש של כלורופיל מתרחש ללא הפסקה, כדי לשמור על רמה קבועה של כלורופיל בעלים. התנאים הדרושים לייצור הם אור וטמפרטורה מתאימה.

עם בוא הסתיו, כאשר הימים מתקצרים והטמפרטורה, במיוחד בלילות, יורדת, כפי שהוזכר, המעבר של חומרי הזנה שונים בין העלה לעץ משתבש, ייצור הכלורופיל דועך והצבע הירוק דוהה. דהייט הצבע הירוק מאפשרת להבחין בגוונים של הפיגמנטים האחרים בצמח.

הקרוטנואידים

רוב הצמחים מכילים בנוסף לכלורופיל גם פיגמנטים השייכים למשפחת הקרוטנואידים: קרוטן הכתום, ליקופן האדום וקסנתופיל הצהוב. מולקולות הקרוטן גם הן קשורות לממברנת הכלורופלסט בצמוד למולקולות הכלורופיל. גם למולקולות הקרוטן תפקיד חשוב בליעת אנרגיית האור, אשר מועברת לכלורופיל לצורך המרה לאנרגיה כימית. הבליעה של הקרוטן היא באורכי הגל של

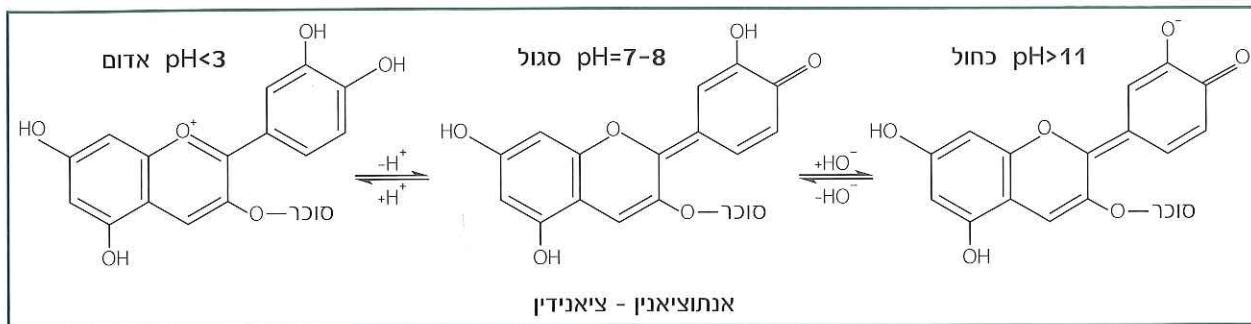


בעמוד הבא). לאנתוציאנינים מספר תפקידים בצמח, האחד קשור במשיכה של חרקים, אשר יסייעו בתהליך ההאבקה. יש היום עדויות שכאשר הצמח נמצא בעקה (stress), יש עלייה בייצור האנתוציאנינים, כנראה כדי לדאוג להישרדותו ע"י משיכת חרקים שיעזרו בתהליך ההאבקה. כמו כן לאנתוציאנינים בליעה בתחום ה-UV,

פיגמנטים נוספים התורמים לצבעי השלכת הם האנתוציאנינים. פיגמנטים אלו, בשונה מהכלורופיל והקרוטן, אינם צמודים לממברנה, אלא מומסים בנוזל התוך תאי. צבע הפיגמנט תלוי ב-pH של הנוזל התוך תאי. אם הנוזל בעל pH חומצי, הצבע הוא אדום. כאשר ה-pH בסיסי, הצבע נוטה לסגול (ראה איור



גפנית Partenoissus



ובעונת הסתיו הוא לובש גווני שלכת מרהיבים ביופיים, כפי שניתן לראות על הכריכה.

מקורות

<http://www.science.smith.edu/departments/Chem/Courses/Chm223/Leaf%20Chemistry.pdf>

<http://www.wonderquest.com/FallColors.htm>

<http://chemistry.about.com/library/weekly/aa082602a.htm>

ולכן הם מגנים על הצמח מפני סוג קרינה זה. ולענייני צבעי שלכת, להיווצרות האנתוציאנינים נחוצה רמה מסוימת של סוכרים בנוזל התוך תאי. כנראה, כאשר חלה ירידה במעבר של חומרי הזנה בין העלים המייצרים גלוקוז לבין שאר חלקי העץ, רמת הגלוקוז בתוך התאים עולה. כתוצאה מכך ייצור האנתוציאנינים עולה, ומכאן העלייה בגווני האדומים בצבעי השלכת. בתמונת השער מופיע הצמח גפנית, *Partennoissus*. הצמח הנו מטפס בעל פירות קטנים שחורים-כחלחלים,

מכון דוידסון לחינוך מדעי
DAVIDSON INSTITUTE
OF SCIENCE EDUCATION



סדנא להכשרת מורים מובילים לדרכי הוראה והערכה בהתאם לתוכנית הלימודים החדשה בכימיה

בשנת תשס"ו מתוכננת סדנא להכשרת מורים מובילים בנושא דרכי הוראה והערכה בהתאם לתוכנית הלימודים החדשה בכימיה. הסדנא תתקיים במרכז הארצי למורי הכימיה שבמכון דוידסון, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות. תוכנית הלימודים החדשה ברמה של 3 יחידות והשלמה ל-5 יח"ל עומדת להיות מופעלת במערכת החינוך. כדי שהיא תופעל בשטח יש להכשיר מורים מובילים, הן בתחום התוכן והן בתחום הפדגוגי, אשר יובילו את תהליך ההטמעה של התוכנית.

אנו מזמינים איפוא אותך להשתתף בסדנא שבא יוכשרו מורים מובילים להוראה מגוונת המשלבת פעילויות שונות המבוססות על מאמרים, סרטים, ניסויים, פעילויות מתוקשבות. כמו כן הסדנא תתמקד בהכנת שאלות למבחנים ברמות הבנה שונות, שאלות דיאגנוסטיות, שאלות הבדוקות מיומנויות חקר ומיומנויות גרפיות.

הסדנא תתקיים בימי ד' בשבוע (אחת לשבועיים) בין השעות 14:00 - 18:30 .
סה"כ 112 שעות (מזכה בגמול עם ציון)

לברורים ניתן לפנות אל זיוה בר-דב 08-9378382 , 050-8635800 , אב - e-mail : ntbardov@weizmann.ac.il