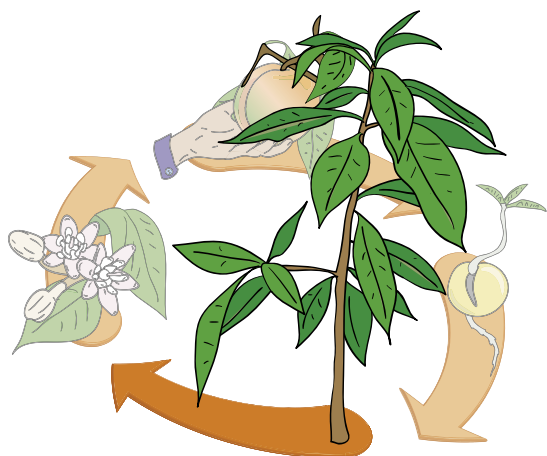
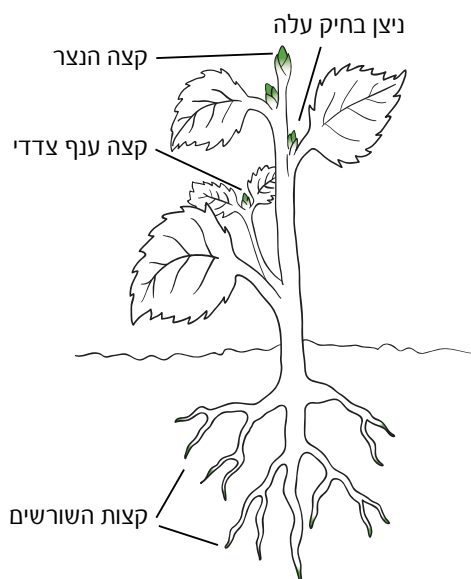




ג מנבט לצמח: גדילה והתפתחות

מבוא

הצמיחה וההתפתחות של הנבט לצמח הוא **השלב הווגטיבי** שבמהלכו גדלים ומתפתחים האיברים שאינם קשורים ברבייה - שורשים, עלים, גבעולים וענפים.



איור ג-1: מיקום של מריסטמות בקדדי הצמיחה בצמח

אילו מתפתח הנבט הקטן? מה קובע את גודל הצמח? כיצד הצמח הקבוע באקומו, משיג את המשאבים הנחוצים לגידולו?



הנבט הצעיר שתחילתו מילימטרים ספורים, גדל ומתפתח לצמח שגובהו מגיע לעשרות סנטימטרים ולעיתים אף לעשרות מטרים. הצמח גדל ומתפתח לשני כיוונים מנוגדים: **השורשים** - אל תוך הקרקע ו**הנצר** - אל מעל לקרקע.

הגדילה לשני הכיוונים מתאפשרת בשל מאפיין ייחודי של צמחים: **קדקודי צמיחה** ובהם רקמות ייחודיות - **מריסטמות** - בקצוות של הצמח המתפתח (איור ג-1). המיוחד בתאי המריסטמות הוא בכך שהם שומרים על יכולתם להמשיך ולהתחלק. תאי הבת יכולים להתמייין לכל סוגי התאים הבונים את הרקמות והאיברים של הצמח: שורשים, גבעולים, עלים ופרחים.



עץ זית עתיק

ג.1. בצמח גדל נוספים תאים וחומרים

הגדילה של הצמח תלויה בתוספת של חומרים ובהתרבות של תאים וגדילתם. החומרים הנוספים הם תוצרי פוטוסינתזה, מים ומינרלים שנקלטו מהקרקע. מספר התאים בצמח גדל כתוצאה מחלוקות התאים - **מיטוזה**.

על מושגים: מיטוזה

מיטוזה היא חלוקה של גרעין התא שחלה לאחר הכפלת החומר התורשתי. בסוף המיטוזה מתקבלים מגרעין אחד שני גרעינים, שמערכת הכרומוזומים שבכל אחד מהם זהה לזו שבאחר וזהה לזו שהייתה בגרעין שממנו נוצרו. בדרך כלל לאחר חלוקת הגרעין גם התא עצמו מתחלק. תוצאת החלוקה היא שני תאי בת הזחים במטענם התורשתי.

גידול במספר התאים מלווה ב**התמיינות** תאים לרקמות השונות הממלאות תפקודים שונים, כמו:

- ♦ **חיפוי:** רקמה חד-שכבתית (אפידרמיס) המקיפה את אברי הצמח ומגינה עליהם,
- ♦ **ביצוע פוטוסינתזה ואגירת חומרי תשמורת:** רקמה של תאים בעלי צורות שונות, ובהם כלורופלסטים.
- ♦ **הובלה של מים וחומרים שונים:**

בצמחים יש שתי רקמות הובלה ייעודיות, **העצה:** שבה מובלים מים ומינרלים שנקלטו מהקרקע אל האברים העל-קרקעיים, ו**השיפה:** שבה מובלים תוצרי פוטוסינתזה מהעלים אל שאר אברי הצמח ובכלל זה אברי האגירה התת-קרקעיים.

רעיון מרכזי: אחידות

באורגניזמים גדולים (צמחים ובעלי חיים) מערכות הובלה חיוניות להעברה של חומרים מאקוס למקום. מערכות ההובלה בנויות צינורות והחומרים מובלים בהם מואסים באיס.

מעניין לדעת: טבעות שנתיות



איור ג-2: טבעות שנתיות בחתך רוחב בענף של אורן

באזורים ממוזגים, שבהם האקלים משתנה על פי עונות השנה, קצב חלוקות התאים בצמח רב-שנתי משתנה עם העונות: הוא מהיר בעונות הצמיחה שבהן זמינות המים ותנאי הטמפרטורה והאור נוחים והוא איטי יותר בעונות שבהן העץ עומד בשלכת או שצמיחתו איטית. התוצאה מהשינויים בקצב חלוקות התאים של רקמות ההובלה מתבטאת בחתך רוחב של גזע עץ כטבעות (איור ג-2). אלו הן **הטבעות השנתיות**. כל טבעת מייצגת תאי **עצה** שהתפתחו במהלך עונה אחת של פעילות. מספר הטבעות השנתיות משמש אומדן מדויק למדי לגילו של העץ. רוחבה של כל טבעת היא עדות לתנאים ששררו באותה שנה: בשנת בצורת רוחב הטבעת קטן יותר מאשר בשנה גשומה.

ג.1.1 צמח ירוק עומד ברשות עצמו

להתווספות התאים והאיברים במהלך הגדילה וההתפתחות של הצמח נחוצים חומרים אורגניים (פחמימות, שומנים, חלבונים) וחומרים אנאורגניים ובכלל זה מים.

הצמחים הם **אוטוטרופים** (אוטו = עצמי, טרופי = ניזון) ופירוש הדבר הוא שהחומרים האורגניים הדרושים לצמח להפקת אנרגיה וליצירת תאים חדשים, רקמות וחומרי אגירה, מיוצרים בצמח עצמו בתהליך **הפוטוסינתזה** (פוטו = אור, סינתזה = הרכבה).

פוטוסינתזה - הרכבת חומרים אורגניים

פוטוסינתזה הוא תהליך מורכב שבו הצמח מנצל את אנרגיית **האור** לייצור פחמימות מחומרים אנאורגניים (פחמן דו-חמצני ומים), הנקלטים מסביבתו. הפריסה הדו-כיוונית של הצמח, מצד אחד אל תוך הקרקע ומצד שני מעל הקרקע, מאפשרת לצמח לקלוט אור, לקלוט מים ומינרלים מהקרקע, ולקלוט פחמן דו-חמצני מהאוויר, דרך הפתחים שבעלים - **הפיוניות** - ולהשתמש במשאבים אלה לייצור החומרים האורגניים.

רק צמחים ירוקים, אצות וחיידקים מסוימים מבצעים פוטוסינתזה ואילו כל שאר האורגניזמים ניזונים מהחומרים האורגניים שנוצרו בִּמְבַצְעֵי הפוטוסינתזה. תהליך הפוטוסינתזה בצמחים מתרחש כולו ב**כלורופלסטים** (כלורו = ירוק, פלסט = גופיף) שהם האברונים הירוקים שבתאי הצמח. הצבע הירוק של הכלורופלסטים נובע מנוכחות צָבָעָן (פיגמנט) - **כלורופיל**.

קשר לתא:

חומרי התא בצמח דומים לאלה בתאים בבעלי חיים.

קשר לתא:

אברונים בתא של צמח.

קשר לאקולוגיה:

צמחים כיצורים במערכת אקולוגית.



קשר לאקולוגיה:

הרחבה: אור הכרחי ליצירת כלורופיל



שאלה ג-1 ??

שמש

פחמן-דו חמצני

מים

פוטוסינתזה

תרכובות פחמן אורגניות (פחמימות)

חמצן

אור, כלורופיל

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow [\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2$$

אנזימים

שמש

כלורופיל

כלורופיל

כלורופיל

מים

מנירלים (חנקן, זרחן, גפרית)

מים

ריכוז ה- CO_2 (חלקים למיליון)	קצב הפוטוסינתזה (יחידות שרירותיות)
0	0
150	60
300	100
450	110
1200	120
1500	120

שאלה ג-2 ??

איור ג-4: מהלך כללי של השפעת עצמות אור על פוטוסינתזה

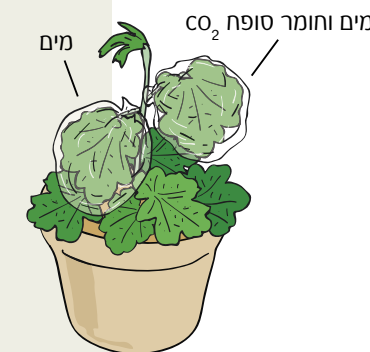


אשנה למחקר ג-1: פתחן דו-חמצני ועמילן

ערכו ניסוי בצמחי גרניום, שגודלו ב-10 עציצים. בכל צמח כיסו עלה אחד בשקית שקופה וסגורה היטב שבתוכה מעט מים. עלה שני כיסו בשקית שקופה וסגורה היטב שבתוכה מעט מים וחומר שסופח אליו CO_2 . כל העציצים הועמדו במקום מואר והושקו בכמויות זהות של מים. כעבור כמה שעות נבדקה כמות העמילן בעלים המכוסים.

נמצא כי בכל העלים שכוסו בשקית שקופה ובתוכה מעט מים (קבוצה א') גדלה כמות העמילן, ובכל העלים שכוסו בשקית שקופה ובה חומר סופח CO_2 (קבוצה ב') קטנה כמות העמילן.

- מה הייתה מטרת הניסוי?
- הסבירו מדוע גדלה כמות העמילן בעלים מקבוצה א' במשך הניסוי.
- הסבירו את הקשר בין הירידה בכמות העמילן בעלים מקבוצה ב' לבין החומר שסופח CO_2 שהיה בשקית של עלים אלו.
- הסבירו מדוע הוסף חומר שסופח CO_2 רק לעלים בקבוצה ב'.



צמח גרניום עם עלים מכוסים

מים ופוטוסינתזה: צורך ובעיה בצדו

המים מהווים מרכיב עיקרי בחלקי הצמח השונים. הם חיוניים לצמיחה ולייצוב הצמח, לביצוע פוטוסינתזה ותהליכים כימיים אחרים בתאים, והם מאפשרים הובלת חומרים מומסים בתוך התא ובין חלקי הצמח השונים.

למרות חשיבותם של המים לחיי הצמח, רוב המים הנקלטים על ידי שורשי הצמח נפלטים אל האוויר מהעלים דרך **הפיוניות** בתהליך ה**דיות**. רק כ-1% מהמים שנקלטו נשארים בצמח (בצמח התירס נשאר רק 1 גרם מים מכל 1,000 גרם מים שנקלטו). הסיבה לאיבוד הרב של המים קשורה לקליטת CO_2 . קליטת ה- CO_2 הדרוש לפוטוסינתזה, נעשית דרך הפיוניות, כל עוד הן פתוחות. אבל כאשר הפיוניות פתוחות נפלטים דרכן אדי מים אל האוויר. זה ההסבר לכך שתהליך הפוטוסינתזה מלווה באיבוד מים.

הפיוניות בנויות כך שברוב הצמחים הן נסגרות בחושך, כאשר ממילא אין אור לביצוע הפוטוסינתזה, וכך נמנע איבוד מים נוסף. במצב של מחסור זמני במים נסגרות הפיוניות גם בשעות האור, כתוצאה מכך נמנעת כניסת CO_2 וקצב הפוטוסינתזה קטן. בשל ההקטנה בקצב הדיות גם קטנה הובלת מים ומומסים מהשורש לאזורים הצעירים והצמיחה מעוכבת.

קשר לאקולוגיה:

גורמים א-ביוטיים: מים.

קשר לגוף האדם:

הפצה וויסות טמפרטורת הגוף.

קשר לתא:

השפעת טמפרטורה על חלבונים ובכלל זה על אנזימים.

מעניין לדעת: דיות בצמחים והפצה בבעלי-חיים

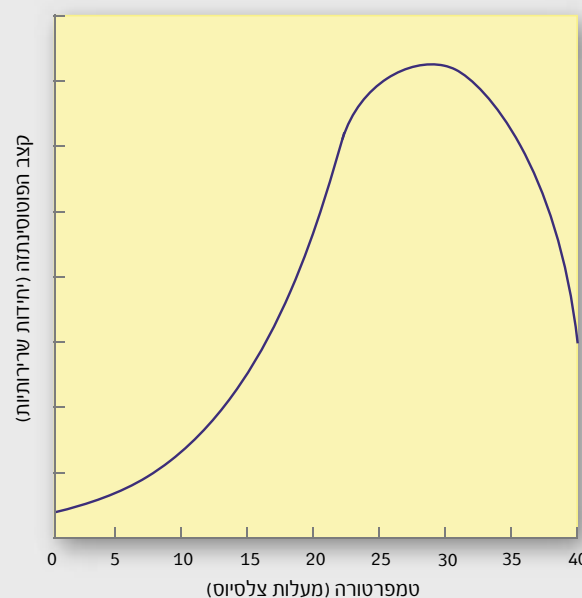
התנדפות אדי המים בתהליך הדיות מסייעת לקירור העלים החשופים לשמש, בדומה לתהליך ההזעה אצל בעלי-חיים המסייע לווסת את טמפרטורת הגוף.



הרחבה: טמפרטורה ופוטוסינתזה

השפעת הטמפרטורה על פוטוסינתזה (איור ג-7) דומה להשפעתה על תהליכים אנזימטיים בכל תא.

טמפרטורות גבוהות בסביבת הצמח משפיעות על קצב הפוטוסינתזה לא רק בשל השפעתן על אנזימים אלא גם בשל הגברת התאידות המים מהצמח בתהליך הדיות, והפגיעה במאזן המים של הצמח הגורמת לכמישתו. בתנאים כאלה נסגרות הפיוניות, CO_2 לא נקלט וממילא הפוטוסינתזה נפסקת לזמן מה (עד לשיפור מאזן המים).



איור ג-7: השפעת טמפרטורה על קצב הפוטוסינתזה

?? שאלה ג-3

השאלות הבאות מתייחסות לאיור ג-7.

- הסבירו את השפעת הטמפרטורה על תהליכים אנזימטיים. בתשובתכם התייחסו להשפעת טמפרטורות נמוכות וגבוהות.
- השוו בין השפעת הטמפרטורה על הפוטוסינתזה לבין השפעת עצמת האור על הפוטוסינתזה.
- בקיץ מכסים את החממות לגידול צמחים ברשתות צל, ולקראת החורף מסירים אותן. הסבירו מדוע מבצעים כל אחת מפעולות אלה.

?? שאלה ג-4

בשני מינים של צמחי מלוח הגדלים במדבר נמדד קצב הפוטוסינתזה בטמפרטורות שונות. הנתונים מוצגים בטבלה.

הטמפרטורה (°C)	קצב קליטת CO ₂ (מילימול/ליחידת שטח עלה בדקה)	
	מין א	מין ב
5	4	4
10	5	5
20	11	8
30	17	11
40	21	12

- סרטטו במחברת גרף של התוצאות. תנו כותרת לגרף.
- איזה משני מיני המלוח מותאם טוב יותר לטמפרטורה הגבוהה השוררת במדבר? נמקו בהסתמך על הגרף שסרטטתם.
- מהו קצב הפוטוסינתזה בטמפרטורה של 15°C בשני המינים? הסבירו כיצד קבעתם זאת.
- ציינו דרך נוספת שבה יכלו החוקרים למדוד את קצב הפוטוסינתזה. מהו הבסיס הביולוגי של דרך זו?

מבנה הצמח מותאם לקיום פוטוסינתזה

תהליך הפוטוסינתזה מושפע לא רק מתנאי הסביבה אלא גם מהגורמים הפנימיים הקשורים למבנה הצמח, לכלורופלסטים ולכלורופיל שבתאיו - כל אלה נקבעים במידה רבה על ידי התכונות התורשתיות של הצמח ולכן הם מכונים **גורמים פנימיים**.

תופעה המאפיינת מבנה של צמחים רבים היא ארגון העלים בדרך המונעת הצללה של עלה על ידי עלים אחרים ומאפשר קליטת אור מרבית (איור ג-8).



שושנת עלים: כל העלים חשופים לאור



איור ג-8: ארגון העלים על פני צמח קיסוס: כל העלים חשופים לאור

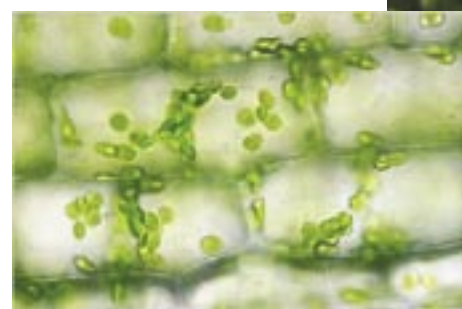
בטבלה ג-1 מסוכמים מאפיינים של מבנה הצמח ברמות ארגון שונות והתאמתם לביצוע פוטוסינתזה.

טבלה ג-1: התאמות של מבנה הצמח לביצוע פוטוסינתזה

רמת הארגון	ההתאמה לביצוע פוטוסינתזה
אורגניזם: הצמח	- איברי הצמח פרוסים במרחב ומאפשרים קליטה מרבית של משאבים - ארגון העלים על הצמח מאפשר קליטה מרבית של אור השמש - בעלים ובגבעולים יש כלורופיל - באמצעות השורשים נקלטים מים ומינרלים מהרקע - בזרעים ובאברי אגירה נאגרים תוצרי הפוטוסינתזה - ברקמות ההובלה מובלים מים ומינרלים מהרקע אל הנצר (בעצה), ותוצרי פוטוסינתזה מובלים מהעלים אל איברי האגירה ואל הפירות והזרעים (בשיפה)
איבר: עלה	- שטח פנים גדול יחסית לנפח שמאפשר קליטת אור רבה - פיוניות שדרךן נקלט CO₂ ונפלט חמצן
איבר: שורש	היונקות בקצוות של סעיפי השורשים מסייעות לקליטה יעילה של מים ומינרלים
תא	בתאי העלה יש כלורופלסטים רבים שבהם מתבצע תהליך הפוטוסינתזה
אברון: כלורופלסט	בכלורופלסטים נמצא הפיגמנט כלורופיל ואנזימים רבים שבעזרתם מתבצע התהליך הכימי של הפוטוסינתזה



מבט מקרוב על ענף נושא עלים של אלודיאה



כלורופלסטים בתאים של עלה של אלודיאה

ענף של אלודיאה (צמח מים)

2.1.2 להתפתחות הצמח דרושים מים ומינרלים

לגדילה ולהתפתחות הצמח דרושים גם מים ומינרלים שונים. בצמחים **המים** הם מרכיב עיקרי. רוב המים נמצאים בחלוליות שבתאים ובהם מומסים חומרים שונים. רוב הגידול בנפח התאים ובאורכם הוא תוצאה של קליטת לחלוליות המהוות 80%-90% מכלל נפח התאים והרקמות. מכאן חשיבות המים לצמיחה, בנוסף להיותם הסביבה שבה מתרחשים התהליכים בתא. אחוז המים ברוב איברי הצמחים הוא גבוה: בפרי האבטיח, בעלי כרוב, בשורש גזר ובעלי חסה - אחוז המים הוא 85%-95%, לעומת זאת בזרעים אחוז המים נמוך 5%-10%.

קשר לתא:
אבנה של תאים
בבסיסי-חיים לעומת
תאים בצימחים.

מים, לחץ טורגור ויציבות הצמח

צמחים שסובלים ממחסור במים הם כמושים ונבולים (איור ג-9). הסיבה לכך היא שכל עוד יש בצמח די מים והחלולית מלאה בתמיסה - נפח התא מלא, ולחץ הנוזלים פועל מתוך התא על הדופן הקשיחה של התא. לחץ זה הוא **לחץ הטורגור**.

איברים צעירים ועלים של צמחים נשארים זקופים כאשר מאזן המים בצמח תקין. בעת מחסור במים לחץ הטורגור קטן וכתוצאה מכך נפח החלולית קטן, התא מאבד מציביותו ונעשה רפוי וכך גם האיברים הצעירים. מחסור ממושך במים גורם למות הצמח.

שיחים מעוצים ועצים נשארים זקופים גם בעת מחסור במים, והמחסור במים ניכר רק בעלים ובענפים הצעירים.



איור ג-9: צמח כמוש, צמח "זקוף"

מינרלים וחשיבותם

המינרלים חיוניים להתפתחותם התקינה של הצמחים והם נקלטים על ידי שורשי הצמחים בצורה מומסת במים. נהוג לחלק את המינרלים הנחוצים לצמח לשתי קבוצות:

- מינרלים המשתתפים במבנה התרכובות בתא (חלבונים, פחמימות, שומנים, חומצות גרעין, ATP). מינרלים אלו כמו, חנקן, זרחן ואשלגן דרושים בכמות גדולה יחסית (טבלה ג-2).
- מינרלים המשמשים בעיקר להפעלת אנזימים ותהליכים בתא, אלו דרושים בכמות קטנה יחסית, למשל, ברזל שדרוש בתהליך יצירת הכלורופיל.

טבלה ג-2: דוגמאות למינרלים וחשיבותם לצמח

מינרל	חשיבותו להתפתחות הצמח
חנקן (N)	מרכיב בחומצות אמיניות, בחלבונים, בנוקלאוטידים, בחומצות גרעין, בכלורופיל, ב-ATP ובהורמונים, וחיוני לפעילות אנזימים רבים
אשלגן (K)	מעורב בשמירה על ריכוז אוסמוטי תקין; בקרה של פתיחת הפיוניות וסגירתן; חיוני לפעילות אנזימים רבים
סידן (Ca)	דרוש לפעילות אנזימים; מעורב בבקרת תפקודי קרומים ואנזימים; מרכיב בדפנות התאים
מגנזיום (Mg)	מרכיב במולקולת הכלורופיל; נחוץ להפעלת אנזימים רבים
גפרית (S)	מרכיב בחומצות אמיניות מסוימות וחיוני לפעילות אנזימים רבים
זרחן (P)	מרכיב במולקולות ATP-ADP, בחומצות גרעין, בקואנזימים ובשומנים (פוספוליפידים)
ברזל (Fe)	דרוש ליצירת הכלורופיל; פעיל בפוטוסינתזה ובנשימה התאית

בנוסף לחשיבותם של המינרלים בבניית חלקי הצמח ובקיום התהליכים בו, המינרלים תורמים ליצירת לחץ הטורגור בתאים. כניסת מים לתא תלויה בריכוז המינרלים בחלולית וככל שהתמיסה בחלולית מרוכזת יותר, יותר מים ייכנסו אליה.



סימני מחסור בברזל בעלים של תות שדה

מחסור או עודף במינרלים עלולים לגרום לפגיעה בתהליכים בצמח ולהאטת הצמיחה. זיהוי הסימנים האופייניים למחסור של כל אחד מהמינרלים מאפשר לחקלאים להשלים את החסר ולמנוע פגיעה ביבולים. כמה דוגמאות לסימני מחסור במינרלים שונים מוצגים בטבלה ג-3.

טבלה ג-3: דוגמאות לסימני מחסור במינרלים

המינרל החסר	סימנים המעידים על מחסור
חנקן	העלים קטנים וצבע העלים הצעירים ירוק בהיר; עלים בוגרים מצהיבים ומתים; מערכת השורשים לא מתפתחת; הפירות קטנים
אשלגן	עלים בגוון צהוב או חום חיוור, שולי העלים נראים "חרוכים", העלים הבוגרים מסתלסלים
מגנזיום	הצהבה של עלים מבוגרים, העלים שמוטים
גפרית	העלים מאבדים את צבעם הירוק, בעיקר סביב העורקים; הפירות קטנים, בעלי קליפה עבה וצבע בהיר יותר מהפירות שהתפתחותם תקינה
זרחן	הצמחים אינם מתארכים/נשארים נמוכים; צבע העלים הופך לירוק כהה נוטה לכחול; התפתחות השורשים מואטת; מיעוט פירות וזרעים והפירות קטנים ומבשילים לאט
ברזל	הצהבה של עלים צעירים; פסים צהובים בעלים ירוקים של צמחים עשבוניים

??

שאלה ג-5

אחד מסימני המחסור הבולטים הוא הצהבה של העלים (אבדן של צבע ירוק בעלים). הסבירו תופעה זו על בסיס המידע בטבלה ג-2 (דוגמאות למינרלים וחשיבותם).



קשר לתא:

העברה בקרום
התא.

הרחבה: קליטת מינרלים ואזורי הקרקע

עיקר קליטת המים והמינרלים בשורשים חלה באזור הצעיר של השורש, כמה מילימטרים מקדקוד השורש, בעיקר על ידי היונקות ותאי אפידרמיס אחרים.

קליטת המינרלים מתמיסת הקרקע לתאים היא תהליך מורכב משום שקרום התא הוא **קרום בררני**, ומקצת המינרלים נקלטים ב**קליטה פעילה**. לקליטה פעילה נחוץ ATP ולכן היא תלויה בקצב **הנשימה התאית** ובזמינות החמצן באזור השורשים. בקרקע לא מאווררת יש מחסור בחמצן וקליטת המינרלים, החשובים להתפתחות הצמח, נפגעת.



קשר לגוף האדם:

מערכת העיכול
ואנזימי העיכול.

מעניין לדעת: צמחים טורפים

דרך מיוחדת להשגת חנקן ומינרלים ניתן למצוא בצמחים "טורפים".

עד תחילת המאה ה-19 מדענים לא ידעו כלל שיש צמחים שמסוגלים להיזון מבעלי-חיים. מקובל היה שרק בעלי-חיים מסוגלים לטרוף, והרעיון שצמחים יעשו זאת נראה מופרך לחלוטין. בשנת 1875 פרסם צארלס דרווין, אבי תורת האבולוציה, ספר על מחקריו בצמחים טורפים וגרם לכך שיכירו את התופעה ויחקרו אותה.

צמחים טורפים, ככל הצמחים הירוקים, מבצעים פוטוסינתזה וקולטים חומרים מהקרקע. יחד עם זאת הם יכולים ללכוד בעלי-חיים (בדרך כלל חרקים ויצורים קטנים אחרים), להמית אותם תוך פירוק החלבונים שבגופם ולקלוט את תוצרי הפירוק לתוך תאי הצמח.

צמחים טורפי חרקים ניתן למצוא בבתי גידול חומציים מאוד, דלים בחנקן ובלתי מאווררים (למשל ביצות). היכולת ללכוד בעלי-חיים, לפרקם ולהשתמש בתוצרי הפירוק כמקור לחנקן היא יתרון בבתי גידול כאלה.

בצמחים טורפים התפתחו במהלך האבולוציה מנגנונים שונים: אמצעים למשיכה של בעלי-החיים (צבע, ריח, צוף), ואמצעים ללכידתם. לאחר שבעל-החיים נלכד מופרשים מיצי עיכול המכילים אנזימים שונים המפרקים את גופו של בעל-החיים. תוצרי העיכול משמשים לבניית הצמח הטורף. תהליך העיכול יכול להימשך בין כמה שעות ועד כמה ימים בהתאם למין הצמח, לגודל הטרף ולטמפרטורה.

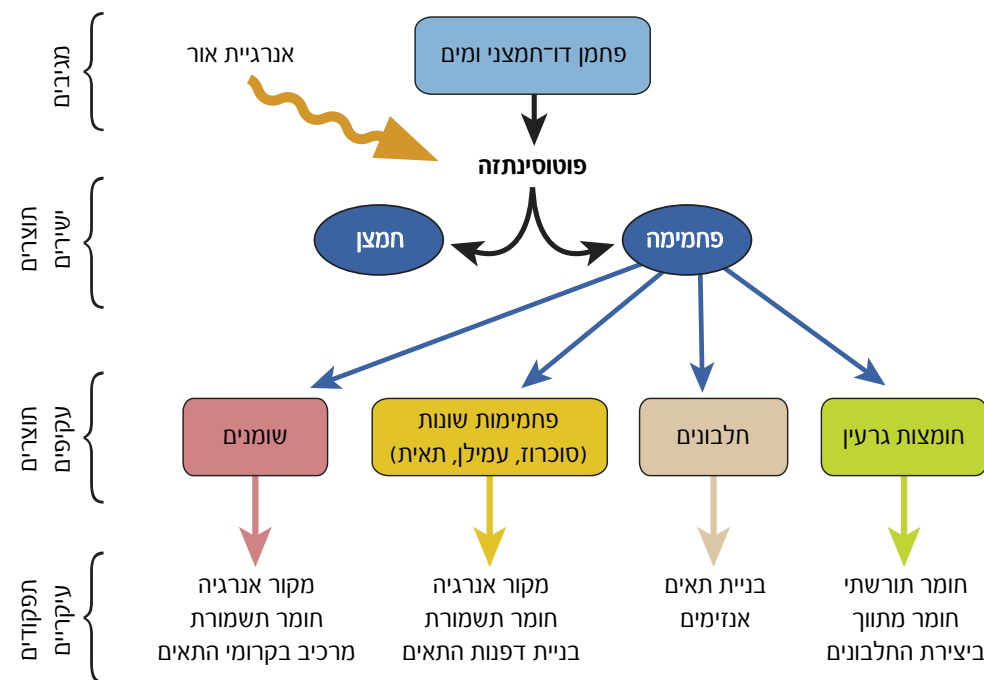
כדנית: ה"כד" הוא גלגול של עלה ובתוכו צוף המושך אליו את החרקים ואנזימי עיכול



ג.1.3 תוצרי הפוטוסינתזה משמשים להפקת אנרגיה, לגדילה ולאגירה

הפחמימות, תוצרי הפוטוסינתזה, משמשות את הצמח להפקת אנרגיה בתהליך **הנשימה התאית** וכ"שלד" לבניית שאר התרכובות האורגניות, כמו חלבונים ושומנים (איור ג-10). בבניית התרכובות השונות בצמח משתתפים גם **המים** וה**מינרלים** השונים (כמו: חנקן, זרחן, אשלגן, מגנזיום, מנגן) שהצמח קולט מהקרקע (ראו איור ג-3 בעמוד 50). פחמימות, שומנים וחלבונים נאגרים בחלקים שונים של הצמח - בזרעים, בפירות ובאברי האגירה השונים.

שימו לב לתוצר חשוב נוסף של הפוטוסינתזה - **החמצן** המשמש לנשימה תאית של רוב האורגניזמים, כולל הצמחים עצמם.



איור ג-10: תוצרי הפוטוסינתזה בצמח ותפקודיהם

??

שאלה ג-6

- מהי חשיבותם של תוצרי הפוטוסינתזה במארג המזון בטבע?
- צמחים ירוקים טורפי חרקים שייכים לשתי רמות הזנה במארג המזון. מה הן שתי הרמות? הסבירו.

קשר לגוף האדם:

פחמימות, שומנים
וחלבונים.

2. הזדקנות ונשירה של חלקי צמח

הזדקנות היא תופעה המאפיינת צמחים **חד-שנתיים** וחלקי צמחים **רב-שנתיים**.



עץ אלון התבור בשלכת

צמחים חד-שנתיים מסיימים את מחזור חייהם בתום עונה אחת של גידול וזרעיהם יתחילו מחזור חיים חדש בעונה הבאה. בצמחים רב-שנתיים חלקים מסוימים מזדקנים, מתים ונושרים וחלקים אחרים נותרים וממשיכים לחיות בשנים הבאות. עצים נושרים עוברים תקופת שנה **בשלכת** שבמהלכה כל עליהם נושרים. בעצים ירוקי-עד העלים חיים מספר שנים מועט (לרוב 2-3 שנים). עלים שהזדקנו וסיימו את חייהם נושרים, אך עלים רבים אחרים נותרים על העץ והוא שומר על מראהו הירוק.

בגיאופיטים נותר בקרקע איבר האגירה - בצל או פקעת עם ניצני ההתחדשות - וכל חלקיו העל-קרקעיים של הצמח קמלים ומתים.

התכונה המעניינת המבדילה צמחים רב-שנתיים מבעלי-חיים היא שבצמח רב-שנתי יש איברים שמזדקנים, מתים ונושרים אבל האורגניזם כולו ממשיך לחיות שנים רבות.

בנוסף לעלים גם איברים אחרים של הצמח נושרים בבוא זמנם, כמו: חלקי פרח שתפקידם הסתיים ופירות שהבשילו. יש פרחים שחיים שעות מועטות ויש - שחיים כמה ימים. תהליך ההזדקנות המתרחש בפרחים מתבטא באיבוד מים מעלי הכותרת ונשירתם. במקרים שבהם לא התרחשה הפריה נושר פרח שלם על כל חלקיו. בפרחים שהופרו נושרים רק עלי הכותרת.

נראה שלצמח יש תועלת מנשירת האיברים. נשירת העלים וחלקים נוספים מסייעת לצמח להתמודד עם תנאי סביבה לא נוחים, כמו טמפרטורה נמוכה מאוד או מחסור במים. נשירת הפרי מסייעת במקרים רבים להפצת הזרעים. נשירת חלקים מהפרח לאחר ההפריה מונעת בזבז אנרגיה לאחזקת איברים שכבר אין בהם צורך. נשירת עלים מוצלים שיעילותם בביצוע פוטוסינתזה קטנה יחסית מיעלת את הפוטוסינתזה של העלים המוארים היטב.

מעניין לדעת: הצמח ממחזר את חומריו!

באיברים המזדקנים מבחינים בעלייה בקצב **הנשימה התאית** ובפירוק מרכיבים שונים בתא, כמו: אברונים וקרומים ומרכיביהם (חלבונים, רב-סוכרים ושומנים, כלורופיל ועוד).

תוצרי הפירוק של מרכיבי התא מובלים דרך **השיפה** לשאר חלקי הצמח נאגרים שם ומשמשים לבנייה מחדש של חומרים ואיברים. בדרך זו הצמח אינו מאבד מינרלים חשובים (העלולים להיות בחסר), בעקבות נשירת איברים שהזדקנו. המפתיע הוא שהתאית, מרכיב עיקרי בביומסה של העלים, אינה מפורקת, והעלים הנושרים הם עדות לכך.



הרחבה: מקור ואסלע הצמח

תוצרי הפוטוסינתזה מובלים מהאיברים שבהם הם מיוצרים - **המקור** - אל החלקים שבהם הם נצרכים או נאגרים - **המבלע**.

המקור הם העלים והגבעולים הירוקים והמבלע הם חלקי הצמח כמו קדקודי צמיחה, עלים צעירים, עלים מוצלים, גבעולים, שורשים, פקעות, בצלים, פרחים, פירות וזרעים.

הובלת תוצרי פוטוסינתזה מאיברים המשמשים כמקור לאיברים המשמשים כמבלע נעשית בצינורות **השיפה** ובכל הכיוונים: גם כלפי מעלה לעלים הצעירים ולקדקודי הצמיחה של הנצר וגם כלפי מטה בכיוון השורשים ואיברי האגירה התת-קרקעיים.

?? שאלה ג-7

א. מה המשותף למבלעים השונים?

ב. "אברי אגירה כמו בצל ופקעת יכולים להיות מבלע או להיות מקור בתקופות שונות של מחזור החיים". הסבירו משפט זה.

הקטנת תחרות בין מבלעים שונים בצמח

כאשר כמות תוצרי הפוטוסינתזה מוגבלת, מתחרים המבלעים השונים שבצמח אלה עם אלה על המשאבים. חקלאים מיישמים ידע זה כדי להשיג פירות גדולים: על-ידי **דילול** חלק מהפירות החקלאים מצמצמים את מספר המבלעים ובכך מקטינים את התחרות ביניהם. כמות התוצרים מתחלקת בין מספר קטן של פירות, והתוצאה היא שכל פרי יהיה גדול יותר.

כאשר היבול המבוקש אינו פרי אלא איברים אחרים בצמח (למשל עלים של **חסה**, **כרוב**, **פטרזיליה**, **בצל**) מניעת פריחה תגדיל את היבול ואת איכותו.



איור ג-11: חיגור

דרך נוספת להקטנת התחרות בין המבלעים היא **חיגור** - קטיעה של תנועת תוצרי הפוטוסינתזה בצינורות **השיפה** מהמקור אל המבלע. בפעולת החיגור מסירים רצועה של המעטה החיצוני של הגזע (איור ג-11). צינורות השיפה מורחקים בקטע שבו הוסרה הרצועה ונקטע רצף צינורות השיפה. צינורות **העצה**, הנמצאים פנימה לצינורות השיפה, ושהם מובלים מים ומינרלים לא נפגעים.

עוד על:

דילול פירות ראו בסעיף 3.

קשר לאקולוגיה:
שלכת: "התחמקות"
מתנאי סביבה
לא נוחים.



הרחבה: שלכת



ספיון השעווה לקראת שלכת

נשירת העלים והופעת עלים חדשים מתרחשת בכל הצמחים הרב־שנתיים. בעצים נשירים כל העלים נושרים בתוך פרק זמן קצר, ולכן התופעה ידועה **כשלכת**. לעתים קרובות העלים משנים את צבעם לפני הנשירה. שינוי הצבע נובע מפירוק הצבען הירוק - **הכלורופיל** וחומרים נוספים והובלת תוצרי הפירוק לאגירה בגזע העץ. מה שנותר בעלה הם צבענים אדומים וכתומים. בדרך זו הצמח לא מאבד חומרים חשובים הנחוצים לו כאשר יגיע המועד לחידוש הצמיחה.

שלכת היא תכונה המהווה **התאמה** של הצמח לתנאי בית הגידול, והיא נקבעת על ידי המידע התורשתי שלו. השרת העלים בשלכת מאפשרת לעצים לשרוד בעונה שבה התנאים אינם מתאימים לגידולם וגם לשמור על מקצת החומרים לקראת הבלבול בעונה הבאה. באזורים שבהם החורף קר מאוד, העלים עלולים להיפגע מהקור העז ונשירת העלים בסתיו מסייעת לעץ לשרוד בתקופת החורף. בצמחים הגדלים במדבר כדוגמת **רותם המדבר**, העלים נושרים בעונת הקיץ החם והיבש, וללא עלים הצמח מאבד פחות מים.

העובדה ששלכת מתרחשת לרוב בעונה מסוימת מעידה על כך שיש בצמח אמצעי לחוש את השינוי בסביבה - הטמפרטורה, מספר שעות האור או זמינות המים - ולהגיב בהתאם.



איך עֵלָה נושר?



עלים שנשרו

ניתוק העלים מהגבעול (וכך גם איברים אחרים שהזדקנו) נעשה באזור מוגדר - **אזור הניתוק**, שניתן להבחין בו בשתי שכבות: שכבה אחת - תאים בעלי דופן דקה. בשלב מסוים התאים האלה נפרדים אלה מאלה, הקשר בין העלה לבין הענף נחלש עד שלאחר זמן מה או בהשפעת רוח חזקה, העלה נושר.

שכבה שנייה - שכבת תאים עשירים בחומר שאינו חדיר למים, המִגְנֶה על האזור שנחשף, עקב נשירת העלה, מפני התייבשות וחדירת מזיקים. לאחר שהעלה נשר נשארת על הגבעול שכבת התאים המגנה והיא נראית כמעין צלקת.

3. צמח גדל ומתפתח באופן מתואם ולא אקראי

התהליכים והאירועים במחזור חיי הצמח - הנביטה, הגדילה, הרבייה וההזדקנות - אינם מתנהלים באופן אקראי:

- ♦ הנבט יוצא מקליפת הזרע רק לאחר ששהה במים, ולרוב השורשון יוצא לפני הנצרון.
- ♦ הגדילה של הגבעולים והעלים היא כלפי מעלה (ובניגוד לכוח המשיכה של כדור הארץ). השורשים צומחים כלפי למטה.
- ♦ הצמיחה של הנצר מתואמת עם צמיחתו של השורש, גידולו של האחד משפיע על גידולו של האחר.
- ♦ הפריחה והבשלת הפירות, מתרחשות במועדים מתאימים בשנה.
- ♦ הזדקנות האיברים מתרחשת בשלב מסוים במחזור החיים של האיבר או של הצמח.



מה מכונן את מהלך ההתפתחות של הצמח?

להכוונת ההתפתחות שותפים **גורמים פנימיים וגורמים חיצוניים סביבתיים**. כבר תיארונו את הגורמים החיצוניים-הסביבתיים החשובים המשפיעים על **הנביטה** (פרק ב') כמו אור, טמפרטורה ומים, ואת הגורמים החיצוניים המשפיעים על תהליך ה**פוטוסינתזה**: אור, CO_2 וטמפרטורה. (האור משפיע גם על **הפריחה** כפי שתלמדו בפרק ד'). הגורמים הפנימיים העיקריים המשפיעים על התפתחות הצמח הם המידע התורשתי וה**הורמונים מווסתי צמיחה**. גורמים פנימיים אלה פועלים במשולב עם הגורמים החיצוניים בהכוונת הגדילה וההתפתחות. בכמה מההורמונים המעורבים בהכוונת הצמיחה נעסוק בסעיף זה.

על מושגים: הורמונים מווסתי צמיחה

הורמון הוא חומר המופרש באורגניזם ומשפיע על תהליכים שונים המתרחשים בו, לעתים ההשפעה היא במקום אחר מהמקום שבו הופרש. אדרנלין הוא דוגמה להורמון בבני־אדם המשפיע על קצב הלב ועל תהליכים רבים אחרים. להורמונים בבני־אדם תפקיד חשוב בשמירה על **הומיאוסטאזיס**. גם בצמחים יש הורמונים, המשפיעים על תהליכים בצמח ומסייעים בשמירה על ההומיאוסטאזיס בצמח. שלא כמו השפעת ההורמונים באדם, הורמונים צמחיים יכולים להשפיע גם במקום היווצרותם וגם באיברים אחרים. השפעתם של ההורמונים ניכרת בצמיחה של הצמח, ולכן נהוג לכנותם גם בשם **מווסתי צמיחה**.

3.1 אוקסין וצמיחה בכיוון אל האור

הצמיחה בכיוון אל האור היא תופעה מוכרת לכל מי שגידל צמחים בביתו. אחד הניסויים הראשונים שנעשו כדי לברר את הגורם לצמיחה בכיוון האור נעשו על ידי צ'רלס דרווין (C. Darwin), אבי תורת האבולוציה, ובנו בשנת 1880.



נבטים צומחים לכיוון מקור אור

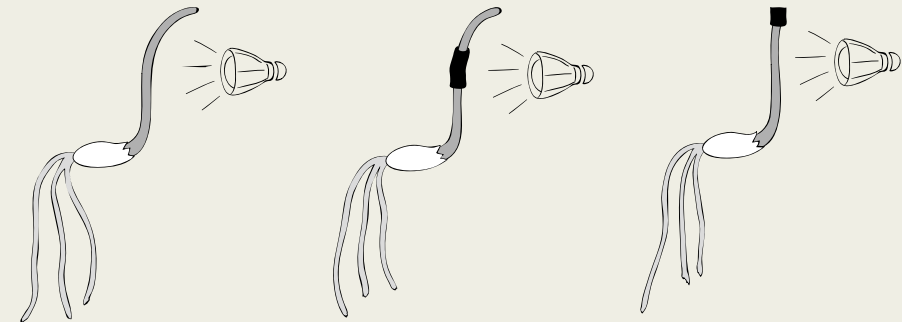
קשר לגוף האדם:
הומיאוסטאזיס
והורמונים.



אשנה למחקר ע-2:

בעקבות דריווין: מהו האפור הרגיש לאור בחותלת של שעורה?

בניסוי (איור ג-12) השתמשו בחותלות של נבטי שעורה (חותלת: עלה עוברי העוטף את הנצרון בנבט של צמחי דגניים. דרך החותלת מתארכים העלים הצעירים עד שהם מבצבים מעל פני הקרקע).



איור ג-12: הניסוי בחותלות של נבטי שעורה ותוצאותיו

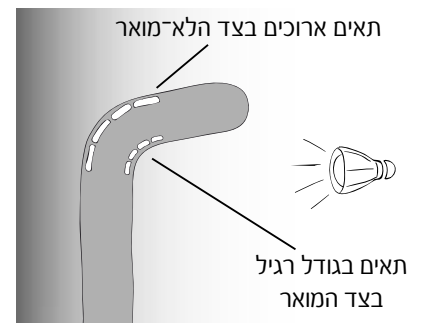
בניסוי נכללו שלושה טיפולים:

1. כיסוי הקצה העליון של החותלת
2. כיסוי האזור המרכזי של החותלת
3. החותלת הושארה ללא כיסוי.

החותלות הוארו מכיוון אחד ובבדקה מידת הכיפוף לעבר האור.

ענו על השאלות הבאות:

- א. מהו המשתנה התלוי בניסוי?
- ב. איזו מבין החותלות משמשת כבקרה בניסוי? הסבירו.
- ג. ציינו שלושה גורמים שיש לשמרם קבועים בניסוי והסבירו מדוע חשוב לשמור גורמים אלה קבועים.
- ד. מהם הממצאים שהובילו למסקנה שהאזור הרגיש לאור נמצא בקצה החותלת?



איור ג-13: התארכות תאים בצד הלא-מואר גורמת להתכופפות לכיוון האור

ממצאים ממחקרים נוספים הבהירו את האופן שבו אור משפיע על כיוון הצמיחה. נתאר כמה ממצאים חשובים:

- ♦ בקצה החותלת ובקדקודי הצמיחה, מיוצר הורמון - **אוקסין**. האוקסין נע מהקדקוד אל האזורים שמתחתיו והוא המשפיע על כיוון הצמיחה או ההתכופפות אל האור.
- ♦ אוקסין מיוצר בניצנים ובאיברים - עלים, פירות וזרעים - בתחילת התפתחותם.
- ♦ כאשר גבעול מואר מכיוון אחד, האוקסין עובר מהצד המואר אל הצד הלא מואר. הריכוז הגבוה של אוקסין בצד הלא מואר מזרז התארכות של תאים בצד זה. ההתארכות הלא אחידה של תאים בשני צדי הגבעול גורמת להתכופפות בכיוון האור (איור ג-13).



איך תא שגש?

הצמח ואיבריו גדלים בעקבות שני תהליכים שונים המתרחשים בהם: חלוקת תאים (**מיטוזה**) וגידול בנפח התאים. גדילת התא מתאפשרת בין היתר בשל נוכחות **אוקסין** הגורם להתרופפות דופן התא. בעקבות התרופפות הדופן נכנסים עוד מים לחלולית התא, שריכוז המומסים בה גבוה מריכוזם בתמיסה החוץ-תאית. כניסת מים לחלולית מגדילה את נפח התא והלחץ על דופן התא גדל. דופן התא נמתחת ותוך כדי כך נוספים לה חומרים המשתתפים בבנייתה. אם לא היו נוספים חומרים לדופן היא הייתה הופכת לדקה יותר עם גדילת התא. כאשר תא מסיים את גידולו הדופן מתעבה ונעשית קשיחה.

הרחבה: עובד של אוקסין



- ♦ אברים שונים של הצמח מגיבים באופן שונה לאותו ריכוז של אוקסין: ריכוז מסוים המזרז צמיחה של גבעול גורם לעיכוך צמיחה בשורש.
- ♦ אוקסין הנוצר בקדקוד הנצר ונודד כלפי מטה מעכב את צמיחתם של ניצנים בחיקי העלים ואת התפתחותם לענפים צדדיים. קיטום של הקדקוד מסיר את העיכוך וגורם להתפתחות של הענפים הצדדיים. תופעת העיכוך על-ידי אוקסין נקראת **שלטון קדקודי**. היתרון לצמח מתופעת השלטון הקדקודי הוא: עיקר משאביו מושקעים בצמיחה לגובה לכיוון האור - מקור האנרגיה.

ג.2 ג'יברלין והשפעתו על נביטה ועל התארכות הנצר

ההורמון **ג'יברלין** נתגלה במקרה בתחילת המאה ה-20. החקלאים ביפן הבחינו שהאורז הגדל בשדותיהם נגוע בפטרייה הגורמת לצמח האורז לגדול לגובה רב, להיחלש ולהישבר. החומר שהופק מהפטרייה כונה בשם ג'יברלין. בשנים שלאחר מכן נמצאו בצמחים תרכובות רבות השייכות לקבוצת הג'יברלינים, וכיום ידועות למעלה מ-100 תרכובות כאלה. בין ההשפעות החשובות של הג'יברלינים על תהליכים בצמח:

- ♦ התארכות הצמח (בדומה לתופעה שנצפתה בשדות האורז),
- ♦ נביטת זרעים ופירוק של חומרי תשמורת בזרעים נובטים (ראו פרק ב, סעיף 2.1),
- ♦ זירוז פריחה.

השפעת ג'יברלין על פירוק של חומרי התשמורת בזרע נובט נחקרה לעומקה בזרעים של שעורה. בזרעים אלה אגורים חומרי התשמורת, ובעיקר עמילן וחלבונים. התברר שלאחר ההרטבה הראשונית וחדירת מים לזרע מפרש העובר ג'יברלין המשפיע על הרכבה של אנזימים מפרק עמילן - **עמילאז** ואנזימים מפרקי חלבון. מפירוק העמילן והחלבונים מתקבלים תוצרים המשמשים את הנבט המתפתח להפקת אנרגיה בנשימה התאית וליצירת חומרים לגידולו. העדות המכריעה שכך אכן מתרחש התהליך בנבט התקבלה בניסוי שבו הוסר העובר מהזרע. בזרעים כאלה לא הופרש ג'יברלין ולא נוצרו אנזימים מפרקי עמילן וחלבון (אשנב למחקר ג-3 בעמוד הבא).

קשר לאקולוגיה:
תנאים ומשקלים.

4. החקלאים יכולים להשפיע על הגדילה ועל ההתפתחות



חקלאים בעבודתם

- מאז החלו בני האדם לעסוק בחקלאות הם מנצלים את הידע אודות תהליכי הגדילה וההתפתחות והגורמים המשפיעים עליהם, מתערבים במחזור החיים של הצמחים ומנסים לטפח את הצמחים ולהשביח את יבולם. ההשפעה של החקלאים על הגדילה ועל ההתפתחות של הצמחים מתבטאת בשלושה תחומים עיקריים:
- ♦ אספקת תנאים ומשאבים לקיום מיטבי של התהליכים בצמח, ובכלל זה תהליך הפוטוסינתזה.
- ♦ ויסות ותיאום התהליכים בצמח באמצעות הוספת הורמונים - מווסתי צמיחה שונים.
- ♦ שינוי מהלך הצמיחה באמצעות גיזום.

ג.4.1 אספקת תנאים ומשאבים

כל גורם המשפיע על קצב תהליך הפוטוסינתזה משפיע על מהלך ההתפתחות של הצמח.

בשדה הפתוח, במטע ובכרם אין חקלאים יכולים לשנות את עצמת האור ואת משך שעות ההארה, את ריכוזי ה- CO_2 ואת הטמפרטורה. הגורמים שהחקלאים יכולים לשלוט בהם הם כמות המים להשקיה, זמינות המינרלים והאוויר בקרקע. לעומת זאת **בחממות** וב'מנהרות' שבהן **הגידולים חסויים**, הצמחים מוגנים מפני רוחות, טמפרטורה נמוכה ומזיקים. בחממה יכולים החקלאים להפעיל **תאורה מלאכותית** וכך להשפיע גם על עצמת האור, וגם על משך שעות ההארה. בחממה ניתן גם לווסת את לחות האוויר והטמפרטורה ולהעשיר את האוויר ב- CO_2 (טבלה ג-4).



חממות



מנהרות

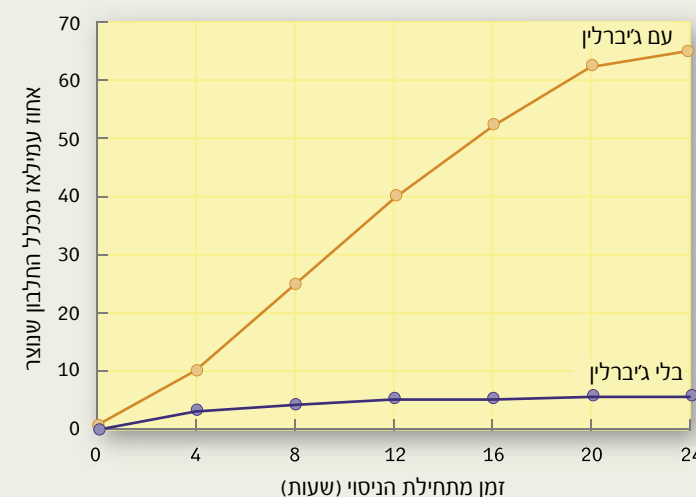
טבלה ג-4: גידולים חסויים: שיטות, חסרונות ויתרונות

השיטה	יתרונות	חסרונות
חממה	שמירה טובה על הטמפרטורה, תנאי עבודה נוחים (אפשר לעבוד בעמידה ובהליכה זקופה), מבנה עמיד בפני רוחות, אפשרות אוורור, הגנה מפני מזיקים, אפשרות להעשיר ב- CO_2 , אפשרות לווסת תאורה	עלות גבוהה מאוד
מנהרה	שמירה טובה על הטמפרטורה, עלות נמוכה, הגנה טובה מפני מזיקים	תנאי עבודה לא נוחים, ניצול השטח לא מיטבי, פגיע ברוחות חזקות

אשנה למחקר ג-3: ג'יברלין והרכבת עמילאז



חוקרים בצעו ניסוי שבו לקחו זרעי חיטה והרחיקו מהם את העובר מבלי לפגוע ברקמת חומרי התשמורת. לאחר מכן הניחו את הזרעים חסרי העובר בתמיסה שהכילה ג'יברלין. במקביל הם הניחו זרעים חסרי עובר גם בתמיסה ללא ג'יברלין. בשתי קבוצות הזרעים נבדק אחוז העמילאז במשך 24 שעות (איור ג-14).



- האם התוצאות המוצגות באיור ג-14 תומכות בהשערה שג'יברלין נחוץ להרכבה של האנזים עמילאז? הסבירו.
- מדוע הסירו החוקרים את העובר מהזרעים בשתי הקבוצות? הסבירו.

ההשפעה של ג'יברלין על התארכות הנצר נחקרה בצמחים ננסיים. בצמחי *אפונה* ננסיים, נקבעת הננסות על ידי המידע התורשתי. מוטציות בגנים האחראיים על הרכבת ג'יברלין, מפחיתות את רמת הג'יברלין וכתוצאה מכך הצמח אינו מתארך. התברר שאפשר לשנות את התפתחות צמחי האפונה הננסיים האלה על ידי הוספת ג'יברלין ולגרום להם להתפתח לגובה דומה לזה של צמחים רגילים.

ג.3.3 אתילן ותהליכי ההזדקנות

אתילן הוא הורמון צמחי שנוצר בכל חלקי הצמח, אך בעיקר ברקמות מזדקנות, כמו עלים לקראת נשירה, עלי כותרת שעבר זמנם ופירות מבשילים. בתנאי טמפרטורה ולחץ רגילים האתילן מצוי כגז ועשוי להשפיע על צמחים סמוכים.

ההשפעה של אתילן על הבשלת פירות התגלתה כאשר פירות בננה הבשילו בקצב מהיר יותר במקומות שבהם הייתה דליפת גז בישול המכיל כמויות זעירות של אתילן. כאשר בדקו את השפעת הגז על הבשלת בננות, הסתבר שהאתילן הוא הגורם לזירוז ההבשלה.



אלסנה סאחקר ע-4: העשרה ב־CO₂

בחממת ניסוי בדקו את ההשפעה של **העשרה ב־CO₂** על גדילת צמחים. שתי קבוצות צמחים גודלו באותם תנאים, אך לקבוצה אחת ניתנה תוספת של CO₂ במשך כל שעות האור, ולקבוצה השנייה לא ניתנה תוספת זו. לאחר זמן נאספו הצמחים, יובשו ונשקלו.

- משקל החומר היבש של הצמחים שקיבלו תוספת CO₂ היה גדול יותר ממשקל החומר היבש של הצמחים שלא קיבלו את התוספת.
- הסבירו את תוצאות הניסוי.
 - מדוע הוסף ה־CO₂ רק בשעות האור?
 - מה היתרון בביצוע ניסוי זה בחממה?
 - ציינו שני חסרונות לגידול בחממה והסבירו.

מקורות מים להשקיה

בארצנו הקיץ שחון וגם בחורף אין לעתים די גשמים, לפיכך מקבלים רוב גידולי החקלאות תוספת של מים באמצעות **השקיה**. תוספת מים בהשקיה לצמחים נעשית בשיטות שונות, וגם מקורות המים להשקיה הם מגוונים:

להשקיית גידולי החקלאות משתדלים להשתמש במים ממקורות שאינם ראויים לשתייה אך ראויים לשימושים חקלאיים וכך לחסוך במים ראויים לשתייה. **מי קולחין** הם מי ביוב שעברו טיהור ודרגת הטיהור שלהם קובעת את ייעודם. בישראל ממוחזרים כ־70% ממי הקולחין והם משמשים להשקיה. גידולים תעשייתיים כמו **כותנה** ניתן להשקות במים שטוהרו רק חלקית. גידולי פרחים ומזון לבעלי־חיים ניתן להשקות במים מטוהרים באיכות בינונית. עצים שהפירות שלהם נאכלים ללא הקליפה משקים במים מטוהרים באיכות גבוהה.

פירות וירקות הגדלים בסמוך לקרקע חייבים להשקות **במים שפירים** – מים ראויים לשתייה ממקורות טבעיים (בארות, מעיינות, מי תהום, מי גשם עיליים).

במקומות שונים בארץ שבהם חסרים מים שפירים, למשל באזורי הערבה והנגב, מנצלים **מי תהום מליחים** לצורכי השקיה. רמת המליחות של מים מליחים עולה על זו של מים שפירים, אולם נמוכה מזו של מ־ים. באזורים אלה מגדלים צמחים שהם עמידים יחסית למלח כגון: *עגבניות, מלונים, זיתים, תפוחי אדמה*.

קשר לאקולוגיה:

גורמים א־ביוטיים:
מליחות הקרקע.

שיטות השקיה



השקיה בממטרות



השקיה בטפטפות



השקיה בקוונט

איור ג-15: שיטות השקיה

שיטת ההשקיה המקובלת בארץ היא השקיה סגורה, כלומר המים מוזרמים בצינורות ממקור המים אל השדה, הפרדס, הכרם או המטע. ההשקיה מתבצעת באמצעות אביזרים מיוחדים, הנפוצים מביניהם הם הממטרות והטפטפות (איור ג-15).

השקיה בממטרות: המים פורצים מהממטרה דרך פיה מסתובבת ומתפזרים למרחק מעל פני השטח. היתרונות בשימוש בממטרות הם אפשרות הניוד של הצנרת והממטרות שבראשן, אין צורך לסנן את המים וכמעט ואין סתימות בצנרת. עלות הצנרת והממטרות זולה יחסית בהשוואה למערכת השקיה בטפטפות.

החסרונות של ההמטרה הם: איבוד מים בגלל התאדות, רוחות והשקיה של אזורים שבהם אין צמחים. לכן רצוי להימנע מלהשקות בשעות החמות ובשעות שבהן נושבת רוח. אם רוצים להוסיף למים מינרלים שונים, יש צורך להוסיף כמות גדולה מהם, שכן לא כל המים והחומרים שהוספו להם מגיעים ישירות לצמח.

השקיה בקוונט: דומה להשקיה בממטרות אך יעילה יותר להשקיית שדה רחב ידיים.

השקיה בטפטפות: הטפטפות הן מערכת של צינורות שלאורכם יש פתחים במרווחים קבועים לאורך הצינורות. הצינורות פרושים על הקרקע סמוך לצמחים, והמים מטפטפים מהם טיפה אחר טיפה. על ידי קביעת קצב הטפטוף ומשך זמן הטפטוף ניתן לווסת את כמות המים שמקבלים הצמחים. ההשקיה בטפטפות מאפשרת אחידות בהשקיה, ניצול יעיל של מים וניתן להוסיף מינרלים למים וכך להבטיח שיגיעו ליעדם. כמו כן, ניתן להשקות גם בתנאים של רוח חזקה.

חסרונות ההשקיה בטפטפות הם מחירה הגבוה של תשתית הצינורות, סתימות בצנרת והצורך לסנן את המים כדי לצמצם את מספר הסתימות. ובנוסף בשיטת הטפטוף מצטברים מלחים בקרקע באזור שבו המים מטפטפים.

?? שאלה ג-8

השוו (בטבלה) בין השקיה בהמטרה לבין השקיה בטפטוף. ערכו את ההשוואה על פי מאפיינים שתבחרו (למשל: עלות הצידוד).



מעניין לדעת: הטפטפת - המצאה ישראלית

הטפטפת הומצאה על ידי מהנדס ישראלי (שמחה בלאס) בשנות ה־70 של המאה הקודמת. מפעל "נטפים" בקיבוץ חֲצִרִים שבנגב היה הראשון בעולם שייצר טפטפות. ההמצאה הביאה למהפכה בשיטות ההשקיה והדישון בגני נוי ובחקלאות והפכה למוצר מבוקש הן בישראל והן ברחבי העולם. ביום העצמאות ה־50 למדינה הוענק לטפטפת התואר "המצאת היוכל".

אספקת מינרלים באמצעות זיבול ודישון

בנוסף להוספת מים לצמחים בהשקיה, מוסיפים החקלאים לגידולים בשדה ולגידולים חסויים, מינרלים שונים. התוספת יכולה להיעשות באמצעות **זיבול** הקרקע, דישונה או שניהם גם יחד. בגידולי החקלאות הכרחי להוסיף מינרלים משום שקצירת היבול מדללת את הקרקע ממינרלים חשובים.

בזיבול מוסיפים לקרקע או למצע הגידול חומרים אורגניים שונים, כמו הפרשות של פרות ועופות, או קמח נוצות, וחלקי צמחים מתים. החומרים האורגניים שבהפרשות בעלי החיים ובשאריות הצמחים מפורקים בעזרת מיקרואורגניזמים המצויים בקרקע לחומרים אנאורגניים ובהם גם מינרלים הדרושים לצמח. תוספת הזבל משפרת בדרך כלל גם את אוורור הקרקע ואת אחיזת המים בקרקע.

יש הנוהגים להוסיף את **הזבל** כפי שהוא, ויש הנוהגים להוסיף אותו **כקומפוסט**. קומפוסט הוא זבל אורגני שנוצר מפסולת אורגנית (שאריות מזון צמחי, גזם, הפרשות של בעלי־חיים וכדומה) שעברה פירוק ביולוגי על־ידי מיקרואורגניזמים בתנאים מבוקרים. התהליך של יצירת הקומפוסט אורך כמה שבועות והוא מושפע מהטמפרטורה בסביבה, מהלחות ומהאוורור בערימת הפסולת. בסופו של התהליך נפח ערימת הפסולת קטן ומתקבל הקומפוסט - תערובת חומה בעלת תכונות של קרקע אוורירית. הקומפוסט נקי מחיידקים, ומזרעים של צמחי בר שהושמדו בשל הטמפרטורה הגבוהה השוררת בערימת הקומפוסט. איכות הקומפוסט תלויה בין היתר במרכיבים שמהם הוא נוצר וביחסים הכמותיים ביניהם.

על מושגים: מחזור

הכנת קומפוסט היא דוגמה למחזור של משאבים: שאריות של מזון, למשל: קליפות, שורשים, עלים, פירות וירקות שנרקבו או גזם עוברים שינוי לשם שימוש חוזר כזבל. דוגמה אחרת של מחזור היא טיהור מים ששימשו לצרכים ביתיים ונעשה בהם שימוש חוזר להשקיית גידולי חקלאות.



מתקן להכנת קומפוסט בחצר בית פרטי והוראות לשימוש

קשר לאקולוגיה:

טורחים א־ביוטיים: קרקע.

הוראות לקומפוסטר

מהמטבח לגינה ובחזרה

לפניכם מיכל קומפוסט, שמטרתו לאפשר למיליארדי מיקרואורגניזמים לפרק שאריות מטבח ופסולת אורגנית.

מה שמים בקומפוסטר:

שאריות פירות וירקות (רצוי לחתוך לחתיכות את השאריות הגדולות), קליפות ביצים, שאריות מזון צמחי (גם מבושל), משקעי קפה, שקיות תה, תבניות ביצים מפורקות, נייר טישו, קרעים קטנים של נייר/קרטון/עיתון (לא צבעוני) אפר מדורה, כסחת דשא (עדיף לא בפריחה). מידי פעם בדקו אם התערובת לחה, ערבבו, ואם צריך - הרטיבו.

מה לא שמים בקומפוסטר:

כל חלבון מן החי: מוצרי חלב, ביצים, מוצרי בשר, דגים, עוף, עצמות - עלול לגרום לריח רע ולמשוך מזיקים רבים. גזם שרוסס בחומרי הדברה, ניר כרומו או קרטון צבעוני. וכמובן: פלסטיק, ניילון, זכוכית, מתכת, סוללות...

אמא אדמה מודה לכם על הזיהום שחסכתם ועל הדשן המזין והפורה שהשבתם לגינה!!

?? שאלה ג-9

- בהוראות להכנת קומפוסט בגינת הבית נאמר שיש להרטיב את הערימה מפעם לפעם וגם לערבב אותה. מהו הבסיס הביולוגי להוראות אלה?
- מהי החשיבות האקולוגית של התהליכים המתרחשים בערמת הקומפוסט?



מה שנכנס לקומפוסטר
מה שיוצא מהקומפוסטר

דישון היא פעולה של תוספת מינרלים לצמחים בהרכב מסוים ובכמויות מדויקות. הדשנים הנפוצים הם דשנים המכילים חנקן, זרחן ואשלגן (טבלה ג-2 בעמוד 57). הוספת **הדשן** נעשית באמצעות פיזורו בשדה או באמצעות מערכת ההשקיה. הדשנים השונים מיוצרים במפעלים תעשייתיים והם שונים בהרכבם בהתאם לצורכי הגידול. המינרלים בדשן מסיסים במים ולכן הצמח יכול לקלוט אותם בקלות יחד עם המים הנקלטים בשורשיו.

חשוב לשמור על היחסים הכמותיים בין המינרלים המוסיפים לצמח וכן חשוב להימנע ממתן כמויות גדולות מדי של דשן, משום שעודף דשן משפיע על יכולת הצמח לקלוט מים, ועודפי המינרלים עלולים להישטף למי התהום ולזהמם.

בשנים האחרונות משתמשים גם בתכשירי דשן שניתן לרסס על חלקי הצמח העל־קרקעיים (עלים, גבעולים, גזע) במקרים של חוסר במינרל מסוים.

?? שאלה ג-10

- חקלאים נוהגים לדשן את הצמחים בדשנים המכילים חנקן. ציינו תפקוד אחד של חנקן בצמחים.
- ציינו שני יסודות, בנוסף לחנקן, שחקלאים צריכים לספק לצמחים שהם מגדלים, וציינו תפקוד אחד של כל אחד מיסודות אלה בצמח.

2.4 יישום הידע על הורמונים בחקלאות

ההשפעה על מחזור החיים ועל התפתחות הצמח יכולה להיעשות באמצעות שינוי הגורמים החיצוניים, אך גם באמצעות השפעה על **הגורמים הפנימיים** על ידי שינוי כמות ההורמונים הצמחיים הזמינה לצמח ולאיבריו. להלן כמה דוגמאות המיושמות בחקלאות:

אוקסין והשרשה: אפשר לזרז השרשת ייחורים על ידי טבילתם ב"אבקת השרשה" המכילה אוקסין. הוספת **אוקסין** למצע הגידול של תרבית רקמה מזרזת את התפתחות השורשים.

אוקסין ויצירת פירות גדולים: בפירות חסרי זרעים מוסיפים אוקסין כדי לקבל פרי גדול.

הארכת חיי הפרת: אתילן נוצר בעקבות תהליכי האבקה והוא גורם להאצת תהליכי ההזדקנות של עלי הכותרת. מניעת האבקה בדרכים שונות כמו קיטום (חיתוך) האבקנים או יצירת זנים חסרי אבקה מקטינה את יצירת האתילן בעלי הכותרת וגורמת להארכת חיי הפרת. אפשר לעכב את ייצור האתילן גם בעזרת תוספת של חומר מעכב. הארכת חיי הפרח לאחר הקטיף חשובה במיוחד בפרחים המיועדים ליצוא.

עוד על:

שימוש בהורמונים ותרבית רקמה ראו בפרק ד'.

קיטום פרחים מעכב הזדקנות עלים: גננים המעוניינים לשמור על מראהו הירוק של הצמח קוטמים את ניצני הפריחה וכך מעכבים את ההזדקנות. קיטום פרחים מונע יצירת פירות וזרעים הגורמים להזדקנות עלים. עד כה לא ברור אלו הם ההורמונים הנוצרים בפירות וזרעים הגורמים להזדקנות העלים.

נשירה מכוונת: חקלאים הרוצים לאסוף מהשדה פרי ללא עלים מפסיקים להשקות וגם מרססים את הצמחים בחומר הגורם לנשירת העלים. כך נוהגים למשל בשדה כותנה, לפני שקוטפים מהצמחים את הזרעים יחד עם הסיבים העוטפים אותם.

דילול פירות: כאשר רוצים לקבל פירות גדולים מורידים מהעץ פרחים ואו פירות בשלב מוקדם של התפתחותם. בעקבות הדילול יתפתחו פחות פירות אך תקטן התחרות בין הפירות (המבלעים) הנותרים על העץ והם יהיו גדולים יותר.

שינוי מהלך הצמיחה באמצעות גיזום: בצמחים רבים הפרשת אוקסין מהניצן הקדקודי גורמת לעיכוב ההתפתחות של ענפים צדדיים. תופעה זו ידועה בשם **שלטון קדקודי** והחקלאים יכולים ליישם את התופעה הזו כדי לכוון את מהלך הצמיחה ולעצב את הצמח על פי צרכיו. **גיזום ענפים** – הענף המרכזי (הקדקוד) או הענפים הצדדיים, משנה את המאזן ההורמונלי בחלקי הצמח ומשפיע על צורתו והתפתחותו.

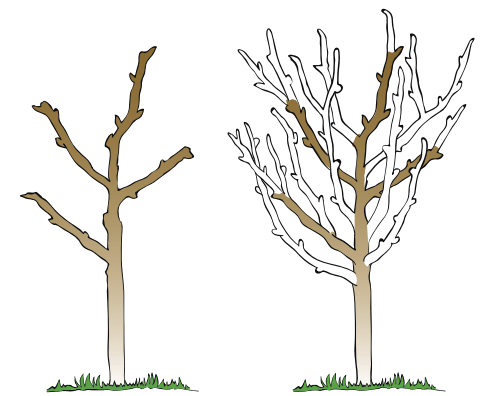
לגיזום יש כמה מטרות:

- ◆ עידוד צמיחה או דיכוייה,
- ◆ שמירה על בריאות הצמח (הורדת ענפים שנפגעו ממזיקים או ממחסור באור),
- ◆ חשיפת ענפים לאור,
- ◆ נוחות הטיפול בעצי פרי וקטיף הפרי,
- ◆ עיצוב גנני שיאפשר שימוש באזור שמתחת לעץ.

הגיזום משפיע על הפריחה ועל הפירות ומאפשר שליטה על איכות היבול, על כמות היבול ואף על מועד הפריחה והבשלת הפירות. הדבר בולט במיוחד בוורדים שבהם הגיזום דוחה את הפריחה. על ידי גיזום מתוכנן מראש ניתן לתזמן את הפריחה לעונה שבה הביקוש לוורדים גדול.

כדי שהצמח יגדל כלפי מעלה ולא יסתעפו ממנו ענפים לצדדים, גוזמים החקלאים את הענפים הצדדיים. גיזום כזה מעכב גידול בהיקף ומאפשר לגזע המרכזי להתפתח טוב יותר.

מומלץ לאחר גיזום למרוח את פצעי הגיזום במשחה המונעת גם איבוד מים וגם חדירת גורמי מחלות.



גיזום: לפני ואחרי

עוד על:

דילול פירות, ראו בפרק ד'.

5. הרחבה: צמח מגיב לסביבתו



הצמחים אמנם קבועים במקומם, אך אין פירושו של דבר שהם אינם מגיבים לגירויים ואינם נעים בדרך זו או אחרת במרחב. ההיפך הוא הנכון. ניתן לראות בצמחים תגובה לגירויים המתבטאת בתנועה של איבריהם. הגידול של הנצר כלפי מעלה והגידול של השורש כלפי מטה הם דוגמאות לתגובה של הצמח לאור ולכוח הכובד של כדור הארץ. דוגמאות נוספות של תנועת צמחים הן התגובה לטרף של צמחים בעלי מנגנוני טריפה, תגובה למגע ותגובה של הצמח לכיוון אור השמש.

א. מנגנוני טריפה

בצמחים טורפים (שאותם הזכרנו בסעיף 2.1) מופעלים כמה סוגי מלכודות המסייעות ללכידת הטרף במהירות, ביניהם:



מלכודת "יונקת": מלכודת יונקת יש לצמחים הגדלים בבתי גידול מימיים או מוצפים במים. המלכודת בנויה משלפוחית שבקצה יש "דלת". ליד ה"דלת" יש שערות חישה וכאשר הטרף נוגע בהן ה"דלת" נפתחת במהירות של אלפיות השנייה והטרף נשאב לתוך השלפוחית. לאחר שהטרף נלכד, הדלת נסגרת ומיצי עיכול מופרשים לתוך השלפוחית. תנועת ה"דלת" היא התנועה המהירה ביותר שידועה בממלכת הצמחים.



צמחים טורפים: מלכודת נפילה (שופרית ארגמנית) ומלכודת נסגרת (דיוניאה)

מלכודת "נפילה": לשופרית ארגמנית צבעים עזים וצוף ריחני ומתוק. חרקים שנמשכים לכדנית מחליקים ונופלים לתוך הכד ואנזימי עיכול מעכלים אותם.

מלכודת "נסגרת": מלכודת נסגרת בנויה משני חלקים שבחלקם הפנימי יש חיישנים. כאשר טרף נוגע בחיישנים, נסגרים שני החלקים, והטרף נלכד ביניהם ללא יכולת להיחלץ. עם סגירת שני החלקים מתחילה הפרשת מיץ עיכול סביבו. גם תנועת המלכודת הזו מהירה מאוד.

ב. תגובה למגע

הצמח **מימוזה ביישנית**, או בשמו העממי "אל תיגע בי", הוא צמח ממשפחת המימוסיים והוא המין הידוע ביותר בקרב מספר מינים במשפחה זו שעליהם נעים כתגובה לגירויים מכניים כמו מגע וזעזוע.



למימוזה - עלים מורכבים וגירוי של מגע או זעזוע באחד מחלקי העלה גורם להתכנסות מיידית של העלעלים, זה מול זה והעלה כולה מתכוּפּף כלפי מטה. העלים והענפים נפרסים שנית כעבור זמן מה. עיקר התנועה מתבצע הודות למבנה מיוחד בבסיס כל עלה ושינויים בלחץ הטורגור בתאים שבמבנה זה.

מימוזה ביישנית: לפני מגע בעלים ואחרי

?? שאלות לסיכום הפרק

1. כאשר רוצים להעביר צמחים בוגרים ממקום שבו גדלו למקום אחר וכדי שייקלטו היטב במקומם החדש ממליצים לנקוט בפעולות הבאות:
 - א. לבצע גיזום של חלק מנוף הצמח.
 - ב. להעביר את הצמח עם גוש האדמה שבתוכה הוא גדל.
 - ג. להשקות את הצמח עם המעבר ובתכיפות גבוהה יותר בימים הראשונים למעבר.
 הסבירו מה התועלת בכל אחת מהמלצות אלו.
2. חקלאי שם לב שהצמחים בחממה אינם צומחים כראוי. יעצו לו להוסיף מנורות בחממה אך הדבר לא הביא לשיפור הצמיחה.
 - א. כיצד ניתן להסביר זאת?
 - ב. מה הייתם מציעים לחקלאי לעשות?
3. כיצד תושפע גדילתו של צמח שיוסיפו לו אוקסין:
 - א. במקום הניצן הקדקודי (יקטמו את הניצן ויוסיפו את ההורמון).
 - ב. לקרקע בו הצמח גדל.
4. כשמבקרים בחממות סגורות אפשר להרגיש שהאוויר שם לח מאד. איך עובדה זאת משפיעה על כמות המים הדרושה להשקיית הצמחים בחממה? הסבירו.
5. ערכו השוואה בין זיבול לדישון. בתשובתכם התייחסו להיבטים שונים: מקור החומר, התועלת לצמח, הנוחות לחקלאי, חסרונות ויתרונות.
6. הדואגים לאיכות הסביבה ממליצים להכין קומפוסט ולהשתמש בו, במקום להוסיף דשן. מהם הנימוקים להמלצה זו?
7. בחרו חמישה מושגים מרשימת המושגים בסוף הפרק וכתבו פסקה קצרה הכוללת את המושגים ומבהירה את הקשר ביניהם.



חמניות

ג. תגובה לכיוון השמש

שמה של *החמנית* (ממשפחת המורכבים), שאת פירותיה - "גרעינים שחורים" - אנחנו מפצחים בהנאה, נגזר מהדמיון של תפוחת הצמח לשמש (חמה). *החמנית* "מפורסמת" בתנועה של התפוחת בעקבות תנועת השמש. תנועה זו מתקיימת הודות לקיומם של חיישנים לאור שאופן מיקומם ברקמות מאפשר לצמח "לחוש" את כיוון האור ולגרום לתנועה שבסיומה ניצבת התפוחת והעלים מול השמש.

בדרך כלל לאחר השקיעה האיברים שנעו חוזרים מעמדתם האחרונה (כיוון שקיעת השמש) אל עמדת המוצא עד לזריחה למחרת. יש לציין שהתופעה בולטת בעיקר במיני התרבות של החמניות והיא מתקיימת עד לשלב שבו הפרחים בוגרים.

?? שאלה ג-11

שערו מהו היתרון לצמח מהתגובה לכיוון השמש?

ד. תקשורת בצמח ובין צמחים

ברקמות של צמח שנפגע על ידי בעל-חיים או טפיל נוצר תוך זמן קצר **אתילן**, והוא גורם ליצירת חומרים הרעילים לאורגניזם שתקף את הצמח.

במספר מיני צמחים מצאו שיש תקשורת בין פרטים מאותו המין. בעצי *ערבה* שנפגעו מזחלי חרקים מזיקים נוצרו חומרי הגנה רעילים למזיקים. בנוסף נוצרו בעלים תרכובות שהפכו את העלים למרים ולפחות טעימים למזיקים. מעניין לדעת שהשינויים הכימיים התרחשו לא רק בעצי *ערבה* שנפגעו אלא גם בעצי *ערבה* מרוחקים מהעץ שנפגע אף על פי שהם עצמם טרם נפגעו.

תופעה דומה - תקשורת בין צמחים - נמצאה גם בעצי אורן (מחשופי הזרע). בעלים של עץ אורן שלא הותקף על ידי מזיקים, עולה ריכוז חומרי הרעל נגד אותם מזיקים שפגעו בעץ אורן סמוך.

התקשורת בין הפרטים מבוססת, כנראה, על חומרים נדיפים המשתחררים לאוויר מהפרט הפגוע ונקלטים על ידי הפרטים הסמוכים. קליטת החומרים הנדיפים מעוררת שרשרת של תגובות בתאי העלים של העץ שלא נפגע ובעקבות כך לייצור חומרי ההגנה או רעל בעלים.

?? שאלה ג-12

- א. מה היתרון לצמח מיצירת חומרים רעילים גם כאשר המזיקים לא נמצאים עליו?
- ב. איזו תועלת מפיק עץ קבוע במקומו מתקשורת המתקיימת בינו לבין צמח סמוך?

עיקרי הנושאים בפרק

- ♦ הצמח גדל ומתפתח בשני כיוונים מנוגדים: השורשים - אל תוך הקרקע והנצר - אל מעל לקרקע.
- ♦ תהליכי הגדילה וההתפתחות של הצמח אינם אקראיים, אלא מושפעים מגורמים חיצוניים בסביבת הצמח ומגורמים פנימיים הקשורים למידע התורשתי.
- ♦ גדילה של הצמח מלווה בתוספת של חומרים וכן הודות לשני תהליכים: התרבות של תאים בתהליך מיטוזה וגדילה של התאים. גידול במספר התאים מלווה בהתמיינות תאים לרקמות השונות.
- ♦ הצמחים הם אוטוטרופים ויוצרים חומרים אורגניים בתהליך הפוטוסינתזה.
- ♦ תהליך הפוטוסינתזה מושפע מגורמים חיצוניים (אור, טמפרטורה, ריכוז CO₂, זמינות המים בקרקע, וזמינות מינרלים בקרקע) ומגורמים פנימיים (כמו מבנה העלה, כמות הכלורופיל).
- ♦ הפחמימות, תוצרי הפוטוסינתזה, משמשות להפקת אנרגיה בתהליך הנשימה התאית, בניית תרכובות אורגניות נוספות כמו חלבונים ושומנים. הפחמימות, השומנים והחלבונים משמשים, לגדילה ולאגירה בכל איברי הצמח, ובעיקר באיברים תת־קרקעיים, בזרעים ובפירות.
- ♦ לצמיחה ולהתפתחות הצמח דרושים בנוסף לאור ול־CO₂, גם מים ומינרלים שונים, כגון: חנקן, אשלגן, זרחן, מגנזיום וברזל.
- ♦ צמח חד־שנתי מזדקן ומת בתום מחזור חייו. בצמח רב־שנתי מזדקנים עלים וענפים והם מתים ונושרים אך הצמח כולו ממשיך לחיות.
- ♦ כל התהליכים במחזור חיי הצמח מתנהלים באופן מבוקר הודות לפעולתם של הורמונים, למשל: אוקסין וג'יברלין. אתילן הוא הורמון המשפיע על תהליכי הזדקנות והבשלת פירות.
- ♦ על אף שהצמחים קבועים במקומם הם מגיבים לתנאי הסביבה. איבריהם נעים במרחב בהשפעת כיוון ההארה, ומקצתם מפרישים חומרים רעילים בתגובה לנוכחות בעלי־חיים מזיקים.
- ♦ החקלאים יכולים להשפיע על קצב הגדילה ועל התפתחות הצמח בדרכים שונות: שינוי התנאים החיצוניים ואספקת משאבים לקיום מיטבי של התהליכים בצמח, ויסות ותיאום התהליכים בצמח על־ידי הוספת הורמונים שונים ושינוי מהלך הצמיחה באמצעות גיזום.

מושגים חשובים בפרק

אוקסין	טפטפות
אור	לחץ טורגור
אתילן	מי קולחין
גדילה	מיחזור משאבים בצמח
גורמים חיצוניים-סביבתיים	מיטוזה
גורמים פנימיים	מים מליחים
גיברלין	מינרלים: אשלגן זרחן חנקן
גידולים חסויים (חממות ומנהרות)	נצר
גיזום ענפים	נשירה
דילול פירות	עצמת אור
דשן	פוטוסינתזה
הורמונים	קדקודי צמיחה
הזדקנות	קומפוסט
העשרה ב־CO ₂	רקמת (אזור) ניתוק
השקיה	שלב וגטטיבי
התמיינות	תאורה מלאכותית
התפתחות	CO ₂
זבל	

