



אקולוגיה

חוברת סיכומים

מתוך הקורס הווירטואלי- מטח



designed by  freepik

ערכה: לינוי יחיאל

רשימת הנושאים בחוברת:

1. מדברים אקולוגית- מבוא

2. יחסי גומלין

3. התאמה לבתי גידול

4. מעבר חומרים ואנרגיה

5. אבולוציה

6. מעורבות האדם בטבע





סיכום: מתחילים לדבר אקולוגית

רעיון מרכזי: הסביבה מאופיינת על ידי גורמים א-ביוטיים וגורמים ביוטיים המשפיעים אלו על אלו. כל המאפיינים של בית הגידול יוצרים יחד את התנאים בבית הגידול, וחלק מהם מהווים משאבים הנחוצים לחיי היצורים. כל אחד מהגורמים יכול להוות גורם מגביל של גודל אוכלוסיות היצורים בבית הגידול ויחד הם קובעים את כושר הנשיאה של הסביבה.

תכנית הלימודים

פירוט הסילבוס של משרד החינוך:

גורמים ביוטיים וגורמים א-ביוטיים
גורמים א-ביוטיים: מים, קרקע, אור וקרינה, טמפרטורה, רוח, חמצן, CO₂.
- גורמים ביוטיים: צמחים, בעלי חיים, פטריות, חיידקים.
מונחים: גורם מגביל, כושר נשיאה
הערות: חלק מהתכנים המופיעים בסעיף זה נלמד בחטיבת הביניים. מומלץ לערוך בירור תכנים במסגרת הסיוור.

התאמות

סוגים שונים של התאמות: מורפולוגית, פיזיולוגית-ביוכימית, התנהגותית.
הערה: נושא זה נכלל במקור בתוכנית הלימודים בפרק "התאמה לבתי גידול", אולם בקורס הועבר לפרק המבוא מכיוון שהוא נושא בסיסי שכדאי ללמוד כבר בתחילת לימוד האקולוגיה. לכן הוספו שעות לימוד לפרק הפתיחה, וקוצרו שעות הלימוד המומלצות לפרק "התאמה לבתי גידול" (שעוסק באופן ספציפי בהתאמה לבית גידול מדברי ולבית גידול מימי).

- א. מונחי יסוד
- ב. התאמות אורגניזמים לסביבתם
- ג. הגורמים המשפיעים על גודל האוכלוסייה, כושר נשיאה
- ד. רמות הארגון שבהן עוסקת האקולוגיה

א. מונחי יסוד

אקולוגיה עוסקת בחקר הסביבה. הסביבה מורכבת מגורמים ביוטיים ומגורמים א-ביוטיים.

• גורמים ביוטיים

אורגניזמים חיים. לדוגמה: צמחים, בעלי חיים, חיידקים ופטריות

• גורמים א-ביוטיים

המרכיבים השונים של הסביבה הדוממת לדוגמה: מים, אור, טמפרטורה ומלחים. חלק מהגורמים הא-ביוטיים הם תנאים וחלקם משאבים. ראו הסבר על תנאים ומשאבים בהמשך

• אקולוגיה

מדע העוסק ביחסי הגומלין בין אורגניזמים (הגורמים הביוטיים) ובין הגורמים הא-ביוטיים בסביבתם וביחסי הגומלין בין האורגניזמים השונים. מקור השם אקולוגיה ביוונית: אקו=בית, לוגיה=תורה. יחסי הגומלין האלה קובעים את התפוצה והשפע (איפה הם חיים ומה מספרם) של האורגניזמים בסביבות השונות (תפוצה=איפה האורגניזמים חיים, שפע=מהו מספרם בכל מקום).

• מערכת אקולוגית

רמת ארגון הכוללת את האורגניזמים ואת גורמי הסביבה הא-ביוטיים הפועלים יחד כמערכת אחת ומקיימים ביניהם יחסי גומלין.

• בית גידול

המקום שבו חי אורגניזם (לדוגמה בעל חיים או צמח). למעשה אין הבדל של ממש בין מערכת אקולוגית ובין בית גידול, אלא רק בגודלו של השטח הנחקר או הנלמד. בדרך כלל משתמשים במונח בית גידול לגבי שטח קטן בממדיו וכאשר מתמקדים באורגניזם ממין אחד החי בבית גידול זה. לעומת זאת, מערכת אקולוגית היא גדולה יותר בממדיה, וכוללת מגוון של בתי גידול ושל מיני אורגניזמים.

• תנאים

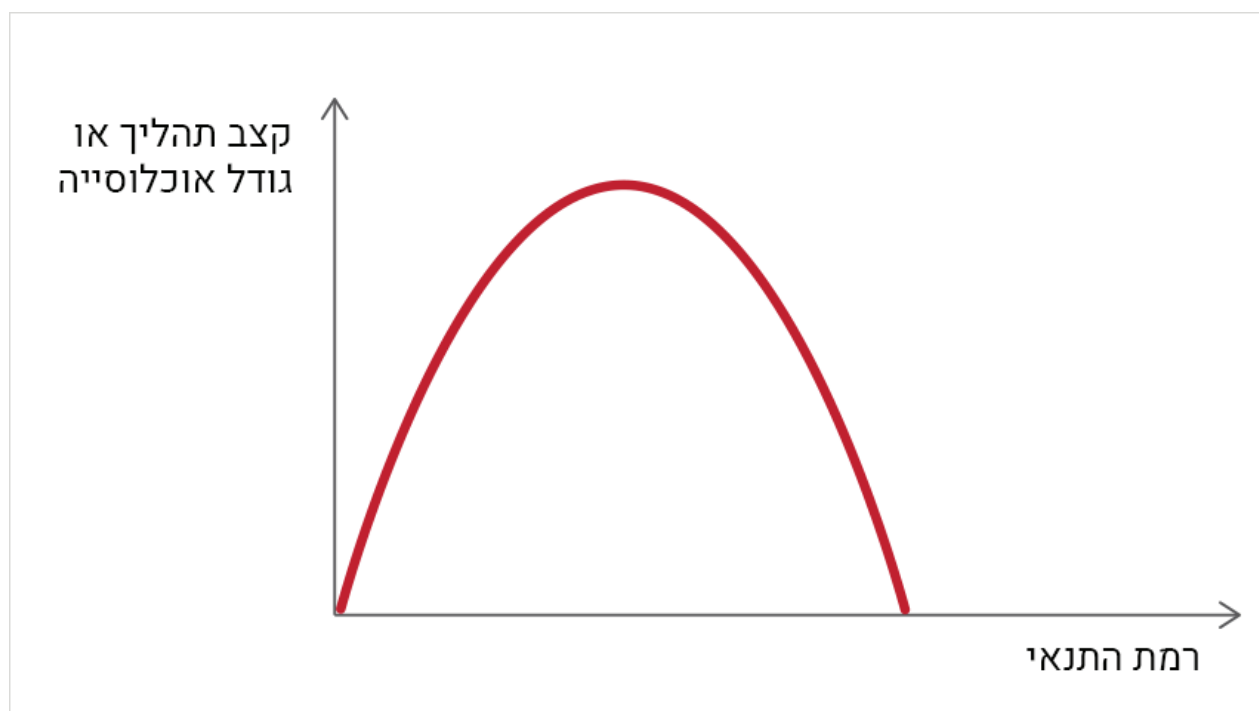
המאפיינים הכימיים והפיזיקליים של הסביבה (כלומר גורמים א-ביוטיים), המשפיעים על תהליכים המתרחשים באורגניזמים ועל גידול האוכלוסייה. לדוגמה: טמפרטורה, עוצמת אור, ודרגת חומציות בסביבה.

• משאבים

מרכיבים של הסביבה שנצרכים על ידי אורגניזמים וכתוצאה מכך כמותם פוחתת. אם קצב אספקת המשאב קטנה מקצב גידול האוכלוסייה הצורכת אותו, הוא עלול להפוך לגורם מגביל של אותה אוכלוסייה. משאבים יכולים להיות גורמים ביוטיים (אורגניזמים המהווים מזון לאורגניזמים אחרים) או גורמים א-ביוטיים. משאבים עבור אורגניזמים הם בעיקר החומרים שמהם בנוי גופם, האנרגיה הדרושה לפעילותם והמקומות שבהם הם פועלים. המשאבים העיקריים שצורכים בעלי חיים הם: מזון (צמחים או בעלי חיים אחרים), מים, חמצן, מקום מחיה (לדוגמה, מקום קינון). המשאבים העיקריים שצורכים צמחים הם: קרינת שמש, פחמן דו-חמצני, מינרלים ומקום מחיה.

• גורם מגביל

כל תנאי או משאב יכול להיות גורם מגביל. גורם מגביל הוא גורם ששינוי ברמתו או בעוצמתו משנה (מגביר, מאט או מעכב) את עוצמת התהליכים המתרחשים באורגניזמים, ולכן הוא משפיע על קצב גידול האוכלוסייה (גורם מגביל=הגורם הקובע את קצב התהליך). כשמתארים בגרף את ההשפעה של תנאי על קצב גידול אוכלוסיות של יצורים מתקבל לרוב גרף דמוי פעמון, משום שיש טווח מיטבי של הגורם שבו הפעילות שעליה הוא משפיע באורגניזמים מתקיימת בקצב המקסימלי, ומשני צידי הטווח הפעילות הולכת וקטנה. כלומר, התנאי מהווה גורם מגביל (הגורם המשפיע) בכל הרמות שלו.



שימו לב שהשפעת התנאים והמשאבים דומה השפעת תנאים ומשאבים שונים על קצב תהליכים אנזימטיים. גם כשמתארים השפעת תנאי כמו טמפרטורה על קצב תגובה אנזימתית מתקבל גרף פעמון, וגרף שמתאר את השפעת ריכוז הסובסטרט, שהוא משאב, עולה בריכוזי סובסטרט נמוכים, עד לריכוז מסוים שמעליו קצב התגובה נשאר קבוע.

ב. התאמות אורגניזמים לסביבתם

יצור ישרוד בבית הגידול ויתרבה בו אם יש לו את ההתאמות הנדרשות לתנאים הא-ביוטיים, להשגת מזון ולניצולו, להקטנת טריפה ולהתרבות בבית הגידול. התאמה היא תכונה תורשתית (מבנית, פיזיולוגית-ביוכימית או התנהגותית) של אורגניזם המגדילה את סיכוייו לשרוד בסביבה ולהתרבות בה לעומת פרטים אחרים שאינם נושאים את התכונה. דוגמאות להתאמות:

התאמות מבניות (מורפולוגיות)

- מבנה השיניים בבעלי חיים מותאם לסוג המזון (התאמה להשגת מזון ולניצולו)
- קוצים בצמחים (התאמה להקטנת טריפה)
- עלים רחבים של צמחים הגדלים בצל (התאמה לתנאים הא-ביוטיים)

התאמות פיזיולוגיות-ביוכימיות

- הפרשת עודפי מים בסנדליות על ידי בועית מתכווצת (התאמה לתנאים הא-ביוטיים)
- ייצור ארס בנחשים (התאמה להשגת מזון ולניצולו)

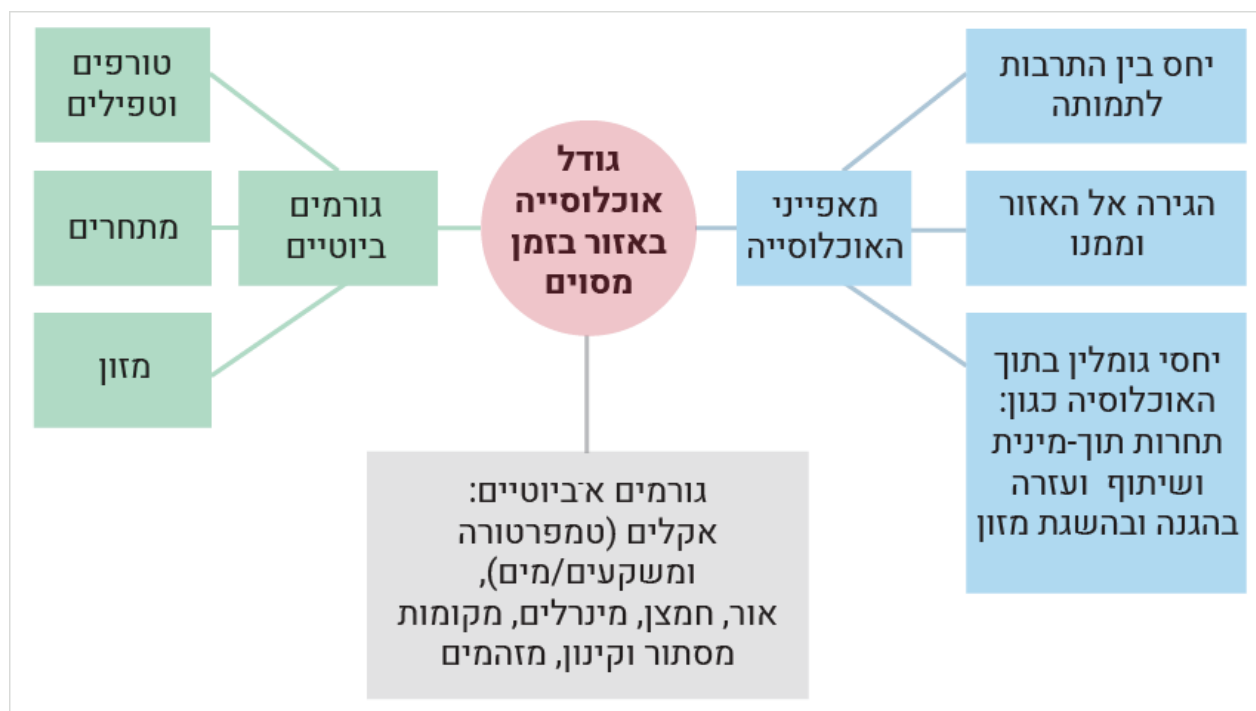
התאמות התנהגותיות

- הסתתרות במחילה ביום ופעילות לילה במכרסמים מדבריים (התאמה לתנאים הא-ביוטיים)
- ציד בקבוצה בשקנאים (התאמה להשגת מזון)
- חיים בלהקות בעדרי גנו (התאמה להקטנת טריפה)

שימו לב: מיון ההתאמות לסוגים הוא לצורך הנוחות. להתאמה מסוג מסוים יש היבטים הקשורים לסוגי ההתאמות האחרים. לדוגמה, תכונות מבנה הן תוצאה של תהליכים אנזימטיים פנימיים (כלומר של תהליכים פיזיולוגיים-ביוכימיים).

ג. הגורמים המשפיעים על גודל האוכלוסייה, כושר נשיאה

גודל אוכלוסיות של אורגניזמים בטבע מושפע מהצירוף של השפעת הגורמים הא-ביוטיים (כגון מים, אור, טמפרטורה ומקומות מחסה) והגורמים הביוטיים (כגון טורפים, טפילים ומתחרים, וגורמים הקשורים באוכלוסייה עצמה כגון תקופת הרבייה והגירה של פרטים בני אותו המין מאזורים סמוכים). כל אחד מהגורמים הא-ביוטיים והביוטיים יכול (במצבים שונים) להיות הגורם המגביל את גודל האוכלוסייה. לדוגמה, בשנת בצורת הגורם המגביל את גודל אוכלוסיית הצמחים יהיה כמות המים.



השתנות גודל האוכלוסייה

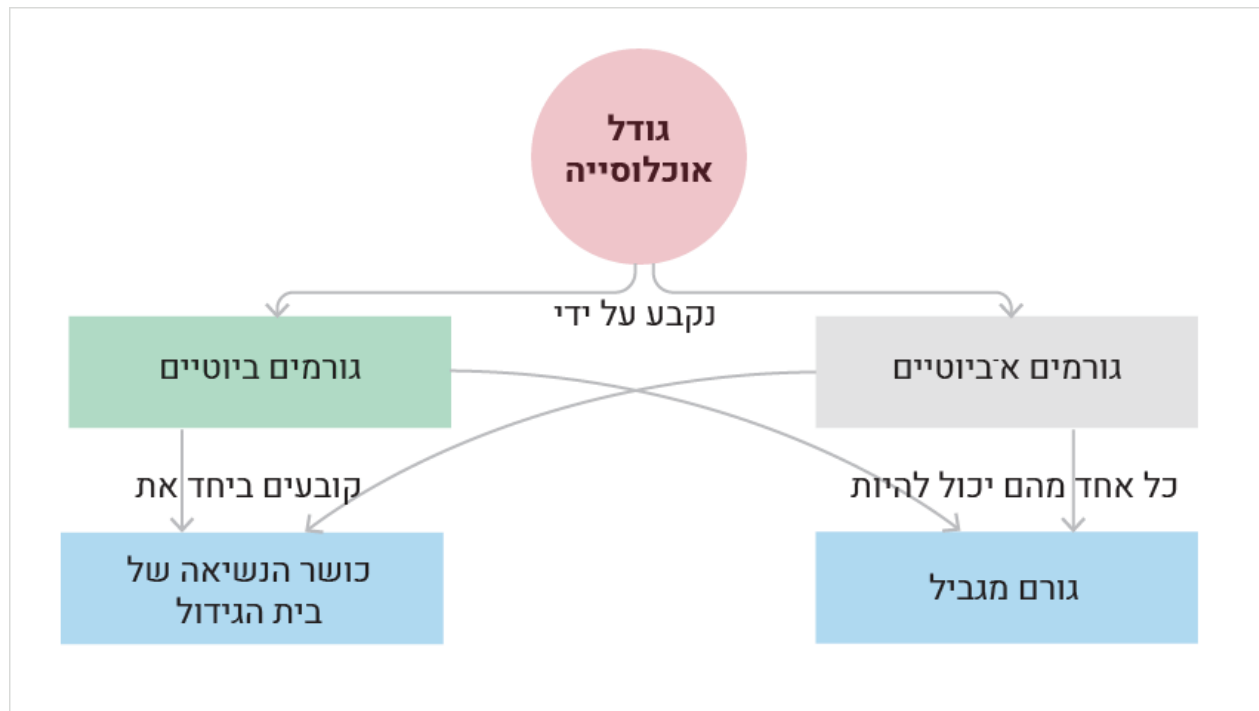
גודל האוכלוסיות בבית הגידול אינו קבוע לגמרי אלא משתנה ללא הרף בהתאם להשתנות התנאים. במערכות אקולוגיות הנמצאות בשיווי משקל ואינן מופרעות על ידי האדם, גודל האוכלוסיות נשאר פחות או יותר קבוע בתוך טווח שינוי מסוים. עם זאת, ידועים מקרים רבים של שינויים דרסטיים באוכלוסיות אורגניזמים בהשפעת האדם. השינויים הדרסטיים באוכלוסיית אורגניזם מסוים יכולים לגרום בתהליך שרשרת לשינויים דרסטיים בגודל אוכלוסיות של אורגניזמים המקיימים איתה יחסי גומלין. לדוגמה, בשנת 1964 החליט משרד החקלאות להשמיד את התנים (שהיו עד אז הטורפים הנפוצים ביותר) מפני שהם גרמו נזקים לחקלאות.

עשרות אלפי אפרוחים מורעלים פוזרו בשדות החקלאיים. תוצאות ניסיון ההשמדה הזה היו שונות מהמצופה: מלבד התנים הושמדו גם זאבים, שועלים מצויים, נמיות, חתולי ביצות וחתולי בר. כתוצאה מהיעלמות הטורפים חלה עלייה תלולה באוכלוסיות מכרסמים, ארנבות וחוגלות, שגרמו לחקלאות נזקים קשים מאלה שגרמו התנים לפני המבצע. השמדת הנמיות, הטורפות גם את הנחש הארסי הנפוץ – צפע, גרמה לריבוי צפעים ולעלייה תלולה במספר מקרי ההכשה. בשנת 1977 חזרה אוכלוסיית הנמיות לרמתה הקודמת, ומספר ההכשות על ידי צפעים הצטמצם.

כושר נשיאה

מספר הפרטים המרבי של מין מסוים שהמשאבים בבית הגידול יכולים לקיים לאורך זמן נקרא כושר הנשיאה של בית הגידול לגבי מין זה.

לדוגמה, כושר הנשיאה של צבאים בבית גידול מסוים הוא מספר הצבאים המקסימלי שיכולים להתקיים בבית הגידול, תוך כדי קצב רעייה שמאפשר התחדשות ואינו גורם לחיסולה בגלל רעיית יתר. גודל אוכלוסיות הצבאים מווסת על ידי מגוון גורמים נוספים, כגון טורפים וטפילים.



מה לגבי המין האנושי? לנוכח הגידול העצום שחל בגודל אוכלוסיית בני האדם על פני כדור הארץ, יש הטוענים שהוא מעבר לכושר הנשיאה של כדור הארץ. מה עושים בקשר לכך? הפרק האחרון של הקורס עוסק בין היתר בסוגיה הזאת.

ד. רמות הארגון שבהן עוסקת האקולוגיה

מדע האקולוגיה חוקר תופעות בכמה רמות ארגון:

אורגניזם – יצור חי כגון צמח, בעל חיים, פטרייה וחיידק.

אוכלוסייה – קבוצת אורגניזמים בני אותו מין החיה באזור מסוים באותו הזמן.

חברה – קבוצה של אוכלוסיות ממינים שונים החיות באותו בית גידול ומקיימות יחסי גומלין ביניהן.

מערכת אקולוגית – הצירוף של האורגניזמים והסביבה הא-ביוטית באזור מסוים הפועלים יחד כמערכת אחת.

ביוספירה – שכבה סביב כדור הארץ שבה מתקיימים חיים. צירוף כל המערכות האקולוגיות בכדור הארץ. 8.



רמות הארגון
בהם עוסק נושא:

אקולוגיה ●

גוף האדם ●

התא ●



סיכום פרק: יחסי גומלין

בין פרטים של אותה אוכלוסייה ובין פרטים של אוכלוסיות שונות באותה חברה מתקיימים יחסי גומלין מסוגים שונים.
יחסי הגומלין בתוך האוכלוסיות וביניהן משפיעים על גודלן.

תכנית הלימודים

מתוך הסילבוס של משרד החינוך:

מונחים ומושגים נוספים / הערות	מפרט תכנים
הערה: יש ללמוד על השפעתם של לפחות 3 גורמים א-ביוטיים מתוך הרשימה. גורם מגביל, כושר נשיאה, משאב, תנאי, מינים אנדמיים (יילמד בקורס בפרק: התאמה לבתי גידול), מגוון ביולוגי (יילמד בקורס בפרק: השפעת האדם).	היקף הפרק: 4-6 שעות • יחסי ההזנה בין יצרנים לבין צרכנים. • טריפה, הימלטות מטריפה. • תחרות בתוך אוכלוסיות ובין אוכלוסיות. • יחסי שיתוף (סימביוזה) מסוגים שונים. השפעת יחסי הגומלין על גודל האוכלוסייה.

- א. מבוא
- ב. תחרות
- ג. טריפה
- ד. הדדיות (מוטואליזם)
- ה. טפילות
- ו. קומנסליזם

א. מבוא

כל האורגניזמים זקוקים למשאבים דומים: מזון, מים, חמצן, אור, מקום וכדומה. מכיוון שכמות המשאבים בכל בית גידול היא מוגבלת, האורגניזמים מקיימים ביניהם יחסי גומלין מסוגים שונים, מקצתם מביאים תועלת ומסייעים להשיג את המשאבים הנחוצים להם, ומקצתם גורמים נזק.

יחסי הגומלין העיקריים בין אורגניזמים בטבע ומידת התועלת או הנזק שמפיקים האורגניזמים:

סוג יחסי הגומלין	צד א	צד ב
תחרות	-	-
טריפה	טורף +	נטרף -
הדדיות	+	+
טפילות	טפיל +	פונדקאי -
קומנסליזם	+	0

סימביוזה: הדדיות, טפילות וקומנסליזם הם הסוגים העיקריים של יחסי גומלין מסוג סימביוזה. סימביוזה חיי שיתוף בין שני אורגניזמים שיש ביניהם קשר הדוק לתקופות ארוכות ולעיתים למשך כל החיים. לעיתים אין המינים השותפים יכולים להתקיים באופן עצמאי.

הערה חשובה: קביעת מידת התועלת או הנזק הנגרמת מהקשר היא פשטנית, מכיוון שלעיתים גם קשר הגורם לנזק מתאפיין בהיבטים חיוביים. לדוגמה: טריפה מזיקה לפרט הספציפי הנטרף, אך עשויה להועיל לאוכלוסיית הנטרפים כולה, מכיוון שהיא מווסתת את גודל אוכלוסיית הנטרפים ומקטינה את התחרות בתוך האוכלוסייה.

יחסי גומלין בין שני פרטים או יותר הזקוקים לאותו המשאב (כגון מזון, מים, אור, מקום קינון). התחרות מתקיימת כאשר כמות המשאב קטנה ביחס לצריכה. יש תחרות בין פרטים מאותו המין (תחרות בתוך האוכלוסייה), ותחרות בין פרטים ממינים שונים (תחרות בין אוכלוסיות).

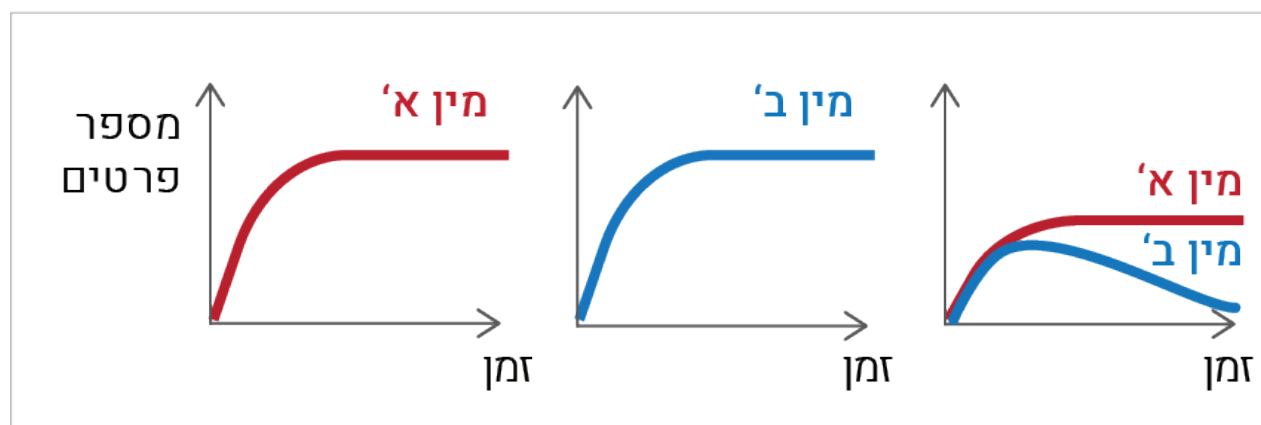
תחרות מתבטאת בשתי דרכים:

תחרות ניצול: פרטים מסוימים מנצלים יותר מהאחרים את המשאבים בבית הגידול, ולאחרים לא נותר די מהמשאבים האלה. לדוגמה, תחרות בין בעלי חיים אוכלי נבלות כמו צבועים ונשרים על שאריות פגרים של גנו שניצודו על ידי אריות.

תחרות הפרעה: פרטים מסוימים מונעים באופן פעיל מפרטים אחרים את הגישה למשאבים. דוגמאות לתחרות של הפרעה:

- התנהגות טריטוריאלית: מתאפיינת בכך שפרט או פרטים מסוימים מסמנים נחלה, מגינים עליה ומונעים מפרטים אחרים לחדור לתוכה ולנצל את משאביה.
- מבנה היררכי: יש מינים של עופות ויונקים (כגון זאבים וסוגים מסוימים של קופים) החיים בקבוצות בעלות מבנה היררכי. העומדים בראש הפירמידה זוכים ליותר משאבים, כמו מזון וגישה לנקבות לצורך הזדווגות והעמדת צאצאים. במקרים רבים רכישת המעמד תלויה בתוצאה של קרבות בין הזכרים. (ראו פעילות: אינסולין – הורג? על שימוש באינסולין ככלי נשק במלחמות בין זכרי הברווזן).

בגרף מתוארת באופן סכמתי השתנות גודל אוכלוסיית שני אורגניזמים שמקיימים יחסי תחרות כשהם גדלים ביחד ובנפרד באותם תנאים. כפי שנראה בגרף, תחרות בין מינים שונים יכולה להסתיים בדחיקה של המין הנחות יותר מבית הגידול.

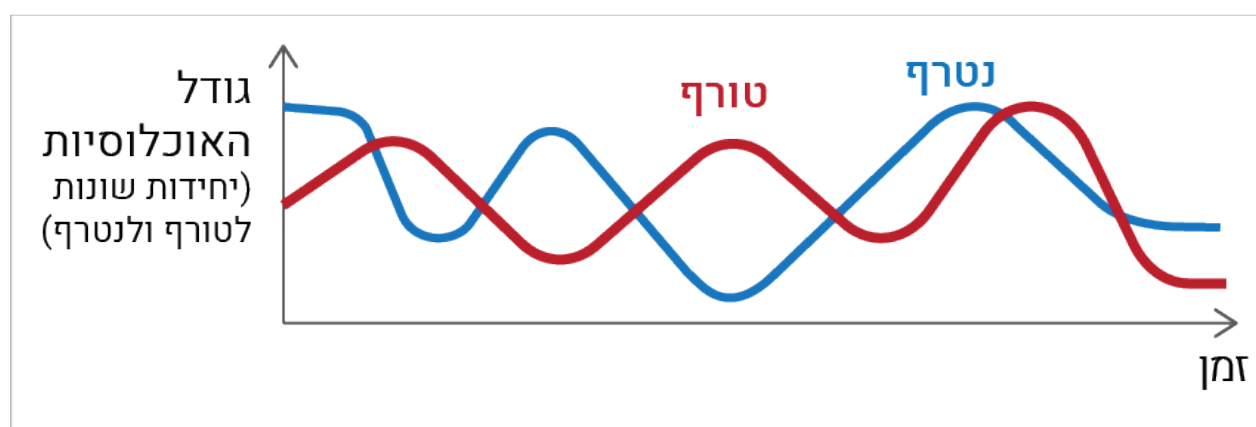


עם זאת, בטבע גם מתקיימים זה לצד זה מינים שיש ביניהם יחסי תחרות, משום שהחפיפה בין סוגי המשאבים שהם צורכים היא חלקית. בטווח זמן ארוך מאוד, תהליכים של ברירה טבעית יכולים לגרום להשתנות המינים ולהקטנת מידת החפיפה בדרישות של שני המינים. בתהליכים אלה (ברירה טבעית), בתוך כל מין יש עדיפות לפרטים שמנצלים ביעילות את סוג המשאבים שאינם מנוצלים על ידי בני המין השני, ופרטים אלה מתרבים יותר מהפרטים האחרים (שנפגעים בצורה משמעותית יותר מהתחרות עם המין השני). כתוצאה מהגדלת ההבדלים בין שני המינים, התחרות ביניהם קטנה והם יכולים להתקיים זה לצד זה באותו בית גידול.

הטריפה היא תופעה מרכזית בטבע והיא הבסיס למארג המזון. ארגון החברה מושתת על כך שאורגניזמים אוכלים או טורפים זה את זה. בדרך כלל משייכים את המונח "טריפה" לאכילת בעל חיים על ידי בעל חיים אחר, אולם יש המשייכים את המונח גם לאכילת צמחים על ידי בעלי חיים צמחוניים. (ראו פעילות: אינסולין – הורג? על חלזונות הטורפים דגים, ופעילות: איך זאבים שינו תוואי של נהרות?) על השפעת השבת זאבים לבית גידול שממנו הם נכחדו).

השתנות גודל אוכלוסיות הטורף והנטרף

גודל האוכלוסיות של הטורף והנטרף משתנה במחזוריות: גידול באוכלוסיית הטורפים מביא להקטנת אוכלוסיית הנטרפים; בשל מחסור במזון גם אוכלוסיית הטורף קטנה; וכתוצאה מהירידה בעומס הטריפה מתאוששת אוכלוסיית הנטרפים, וחוזר חלילה....



התאמות לטריפה ולהקטנת טריפה

בטבע קיימות התאמות רבות שגורמות להקטנת עומס הטריפה על אורגניזמים. גם אצל הטורפים יש התאמות להשגת טרף ולניצול מיטבי שלו. התפתחות אוכלוסיות בעלות ההתאמות האלה היא תוצאה של תהליך ברירה טבעית במהלך האבולוציה. סביר להניח שאורגניזמים שלא היו מותאמים להפחתת עומס הטריפה, או כאלה שלא היו מותאמים להשיג טרף – לא שרדו, בעוד שהאחרים המותאמים שרדו והתרבו.

אפשר לחלק את ההתאמות האלה לשלושה סוגים: התאמות מבניות, התאמות פיזיולוגיות-ביוכימיות והתאמות התנהגותיות. דוגמאות:

התאמות להקטנת טריפה: שריון הצבים (התאמה מבנית), הפרשה של חומרים דוחים בבואש (התאמה פיזיולוגית), הגנה קבוצתית על הצאצאים הצעירים בעדרי הגנו (התאמה התנהגותית). התאמות להשגת טרף: טפרים מפותחים (ציפורניים) בעופות דורסים (התאמה מבנית), יצירת ארס בנחשים (התאמה פיזיולוגית), ציד בקבוצות בזאבים ושקנאים (התאמה התנהגותית).

היתרונות והחסרונות של הטריפה לאוכלוסיית הנטרף

לטריפה יש היבטים חיוביים ושלייליים הן לאוכלוסיית הנטרפים והן לאוכלוסיית הטורפים. מצד אחד, הטריפה גורמת להקטנת מספר הפרטים באוכלוסיית הנטרף, ובצירוף נסיבות מסוים יכולה לגרום

להיכחדותה. מצד שני, הקטנת מספר הפרטים באוכלוסייה גורמת לכך שיותר משאבים עומדים לרשות הפרטים שלא נטרפו, וכך גדלים סיכוייהם לשרוד. הטריפה גורמת להשבחת האוכלוסייה, מכיוון שבדרך כלל הפרטים החלשים באוכלוסייה נטרפים, והפרטים החזקים מתרבים ומעבירים את תכונותיהם לצאצאים.

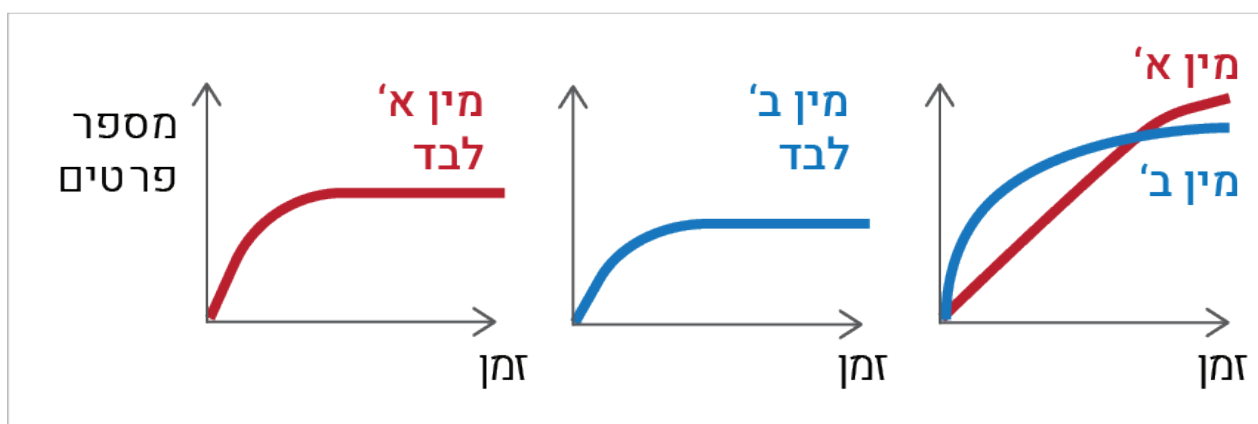
ד. הדדיות (מוטואליזם)

הדדיות היא צורה של שותפות המועילה לשני הצדדים.

דוגמאות ליחסי הדדיות

- חזזית: שיתוף בין אצה לפטרייה. האצה מבצעת פוטוסינתזה שמתוצריה נהנית גם הפטרייה. הפטרייה מספקת לאצה סביבה נוחה ומוגנת להתפתחות מיטבית, וכן מים ומינרלים שהיא קולטת מהסביבה. אי אפשר להבחין בעין בין שני השותפים, אלא רק בתצפית מיקרוסקופית. השילוב בין האצה לפטרייה הוא מוצלח מאוד, והחזזית היא אחת מצורות החיים העמידות ביותר על פני כדור הארץ. היא נפוצה בכל כדור הארץ, כולל בתי גידול שהתנאים בהם קיצוניים כמו אנטרקטיקה.
- סימביוזה בין דבורים, פרפרים וחרקים מאביקים אחרים ובין צמחים: הצמחים מספקים לחרקים צוף ואבקה, ומקבלים בתמורה שירותי האבקה; החרקים מעבירים אבקה מפרח לפרח וכך מאפשרים את ההפריה ואת יצירת הפירות. (ראו פעילות: הכל דבש).
- סימביוזה בין ציפורים ובין צמחים בעלי פירות בשרניים: הציפורים אוכלות את הפירות בשלמותם, ומכיוון שלזרעים יש קליפה קשה הם אינם מתעכלים ומופרשים בצואה. כך הציפור מסייעת בהפצת הזרעים.
- סימביוזה בין דגי מעמקים וחיידקים פולטי אור. החיידקים חיים באיברים מיוחדים בגופם של הדגים ומעניקים להם יכולת להאיר, תכונה חשובה בתקשורת בין הדגים. החיידקים מצידם מרוויחים בית גידול נוח וחומרי מזון.
- יחסי הדדיות בין נמלים לכנימות – ראו פעילות: לחלוב כנימות.

בגרף מתוארת באופן סכמתי השתנות הגודל של אוכלוסיית שני אורגניזמים המקיימים יחסי הדדיות כשהם גדלים ביחד ובנפרד באותם תנאים:



טפילות היא קשר בין שני אורגניזמים, שאחד מהם (הטפיל, בלועזית – פרזיט) חי בתוך גופו או על גופו של אורגניזם אחר (הפונדקאי), ניזון ממנו ונהנה מסביבת חיים נוחה.

בדרך כלל הטפיל קטן בהרבה מהפונדקאי, ובמקרים רבים יש מספר גדול של טפילים מאותו הסוג החיים על פונדקאי אחד. בדרך כלל קיימת ייחודיות בין הטפיל לפונדקאי, המבוססת על התאמה בין המבנה והתפקוד של שניהם. לעיתים הטפיל תלוי באופן מוחלט בפונדקאי ואינו יכול לחיות בלעדיו. ההתאמה בין הטפיל לפונדקאי מקנה יתרון לטפיל, משום שהוא יכול לגדול ולהתרבות בצורה מרבית תוך ניצול יעיל של הפונדקאי ומשאביו. החיסרון בקשר לפונדקאי ייחודי, היא תלותו של הטפיל בפונדקאי וחוסר יכולתו להתקיים בלעדיו. (ראו פעילות: לחלוב כנימות)

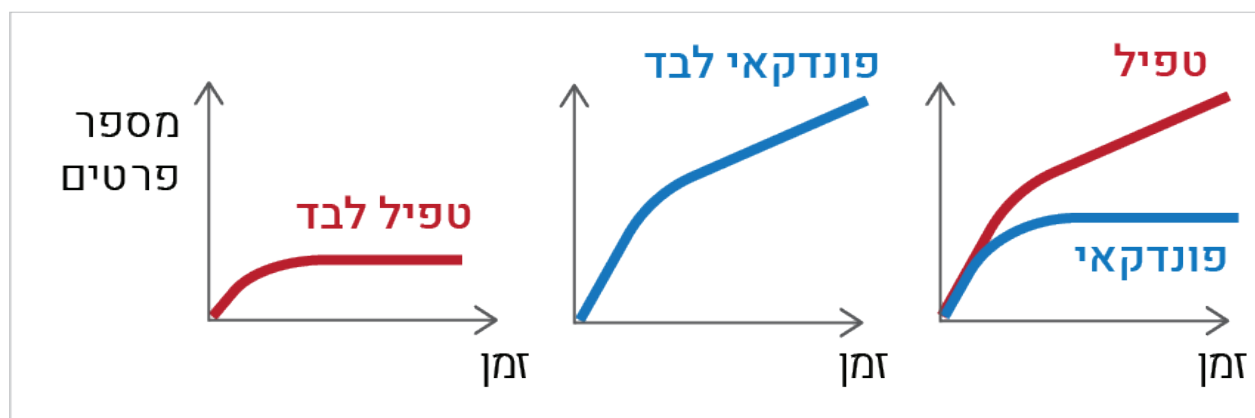
הטפיל פוגע בפונדקאי, אך במקרים רבים אינו גורם למותו. סביר להניח שבמהלך האבולוציה טפילים אגרסיביים מדי שגרמו למות הפונדקאים שלהם, "כרתו את הענף שעליו הם יושבים" ולא שרדו. הטפילים ששרדו הם אלה שהפונדקאים שלהם הצליחו לגדול ולהתרבות על אף פגיעתם של הטפילים.

שימוש בטפילים להדברה ביולוגית: בחקלאות משתמשים בטפילים להדברה של אורגניזמים שמזיקים לחקלאות. לדוגמה, משתמשים בצרעה שמטילה את ביציה בתוך כנימות עלה. הייחודיות הגבוהה בין הטפיל והפונדקאי מגדילה את הסיכוי לכך שהטפיל יפגע במזיק בלבד ולא באורגניזמים אחרים.

דוגמאות לטפילות

- וירוסים וחידקים גורמי מחלות באדם, בבעלי חיים אחרים ובצמחים.
- טפיל חד-תאי שנקרא לישמניה, המועבר לאדם דרך עקיצת זבוב החול וגורם למחלת שושנת יריחו.
- הצמחים טפילים כמו יחנוק המדבר והרנוג השיטים על צמחים אחרים (ראו במיני פעילות: את מי הוא חונק).
- כיני ראש באדם.
- קרציות של כלבים.
- תולעים טפילות שחיות במעי האדם.
- ציפור קוקייה שמטילה את ביציה בקינים של מיני ציפורים אחרות. גוזלי הקוקייה שבוקעים מהביצים מסלקים את ביצי הציפור הפונדקאית, וזו מגדלת אותם כאילו היו הגוזלים שלה.

בגרף מתוארת באופן סכמתי השתנות הגודל של אוכלוסיית שני אורגניזמים המקיימים יחסי הדדיות כשהם גדלים ביחד ובנפרד באותם תנאים:



הדמיון והשוני בין טפילות ובין טריפה

הדמיון בין טריפה לטפילות הוא שהפונדקאי והנטרף מהווים מקור מזון לטפיל ולטורף. ההבדלים הם שבדרך כלל הטורף גדול מהנטרף, בעוד שהטפיל קטן מהפונדקאי. בדרך כלל הטריפה גורמת למות הנטרף, ואילו הטפילות אינה גורמת לכך. במקרים רבים טורפים ניזונים מכמה מיני אורגניזמים, ואילו הטפילות בדרך כלל ייחודית לפונדקאי ממין מסוים.

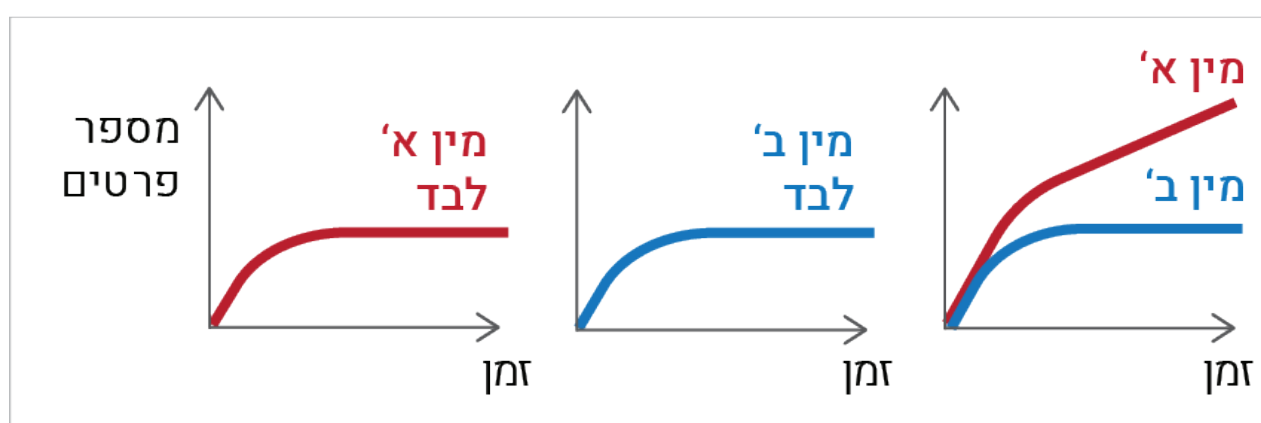
1. קומנסליזם

קומנסליזם הוא צורה של חיי שיתוף שמועילה לצד אחד בלי להזיק או להועיל לצד האחר, בבחינת "זה נהנה וזה לא חסר".

דוגמאות לקומנסליזם

- צמחים מטפסים (כגון קיסוסית) שגדלים על גזעי עצים ושיחים ובכך יכולים לקלוט יותר אור. הצמחים המטפסים אינם גורמים נזק לעצים, אולם ייתכן מצב שהם גדלים לממדים גדולים ומתחרים עם הצמח שעליו הם מטפסים על האור (במקרה כזה יחסי הגומלין ביניהם לא ייחשבו כקומנסליזם).
- נשרים שניזונים מטרף של אריה לאחר שהוא סיים לאכול. הנשרים ניזונים משיירי בשר קשים שהאריה אינו יכול לאכול.

בגרף מתוארת באופן סכמתי השתנות גודל אוכלוסיית שני אורגניזמים שמקיימים יחסי קומנסליזם כשהם גדלים ביחד ובנפרד באותם תנאים:





סיכום פרק: התאמה לבתי גידול

תכנית הלימודים

התאמה לבתי גידול (8-10 שעות)

רעיון מרכזי: קיימת התאמה בין המבנה והתפקוד של יצורים חיים לבין התנאים בסביבתם.

נושאים

- סוגים שונים של התאמות: מורפולוגית, פיזיולוגית-ביוכימית, התנהגותית. (הנושא נלמד כבר בפרק הראשון: מתחילים לדבר אקולוגית).
- מחזור חיים של צמחים.
- מחזור חיים של חד-שנתיים וגיאופיטים כהתאמה לאקלים ים תיכוני ולאקלים מדברי (אסטרטגיות לבריחה ולהימנעות או התחמקות מעונה יבשה).

מונחים:

הומיאותרמיים (אנדותרמיים), פויקילותרמיים (אקטותרמיים), בצל, דיות, האבקה, הפצת זרעים, זרע, נביטה, פיונית, פקעת, פרח, פרי.

הערות:

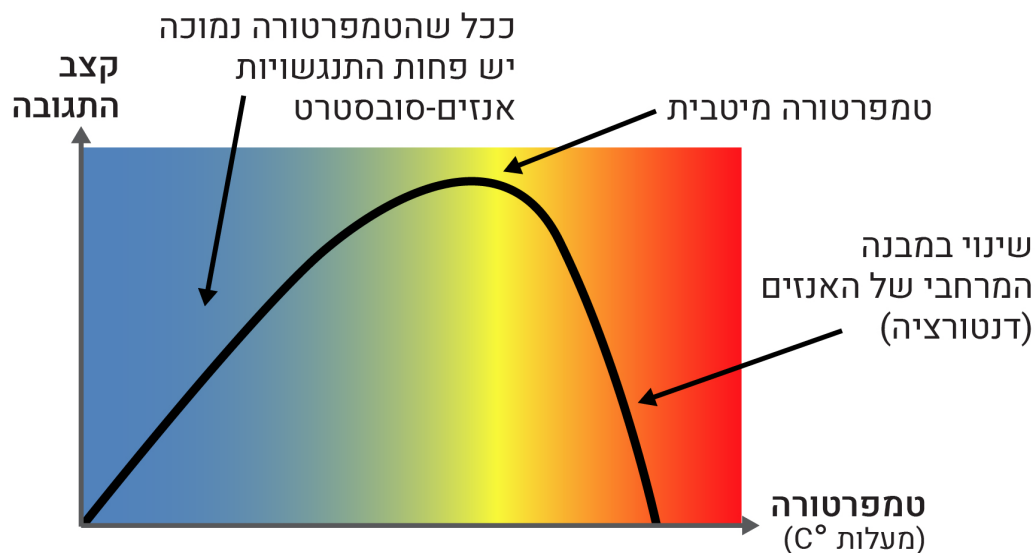
- על התלמיד להכיר התאמות של צמחים והתאמות של בעלי חיים בארץ ל-3 סביבות: סביבה מימית, אקלים ים תיכוני ואקלים מדברי.
- יש להתייחס לחשיבות יחס שטח פנים לנפח והשפעתו על האורגניזם. זהו עיקרון מרכזי שנלמד ברמות ארגון שונות וגם כאן.

סיכומים

- א. ויסות טמפרטורת גוף.
- ב. התאמות למדבר.
- ג. התאמות לסביבת חיים מימית (ים וגופי מים מתוקים).

השפעת הטמפרטורה על אורגניזמים

טמפרטורת הסביבה היא אחד הגורמים הא-ביוטיים המרכזיים המשפיעים על אורגניזמים (יצורים חיים). קיום החיים מחייב שמירה על טווח טמפרטורות המאפשר את קיומם של תהליכי החיים בתאים. אחת הסיבות העיקריות לכך היא שתהליכי חילוף החומרים מזורזים על ידי אנזימים, והפעילות האנזימתית מתאפשרת רק בתחום טמפרטורות מסוים המתאים לפעולת האנזימים. טמפרטורות גבוהות עלולות לגרום לשינוי במבנה המרחבי של חלבונים – דנטורציה, מה שגורם במקרה של האנזימים להקטנת פעילותם או להפסקתה המוחלטת. (*הטמפרטורה משפיעה גם על עוד גורמים בתאים, כמו על קרום התא. לדוגמה, טמפרטורה גבוהה מדי עלולה לגרום להמסת הפוספוליפידים ולהרס הקרום).



רוב האורגניזמים חיים בסביבה שהטמפרטורה בה משתנה, ולעיתים עולה מאוד או יורדת מאוד ומגיעה אל מחוץ לטווח הטמפרטורה האופטימלי עד לרמות שעלולות לסכן את האורגניזם. לכן קיומם של אורגניזמים תלוי בכושרם לווסת את טמפרטורת גופם ולשמור אותה בטווח מסוים למרות השינויים בטמפרטורת הסביבה, או לא להיחשף לטמפרטורת סביבה שיכולה להיות קטלנית.

בעלי החיים נחלקים לשתי קבוצות מבחינת כושרם לווסת את טמפרטורת גופם: **פויקילותרמיים** (**אקטותרמיים**): לבעלי חיים אלה אין מנגנון פנימי לוויסות הטמפרטורה, ולכן טמפרטורת גופם משתנה בהתאם לטמפרטורת הסביבה. יש להם יכולת לווסת את טמפרטורת גופם במידה מסוימת על ידי מנגנונים התנהגותיים בלבד כמו מעבר ממקום למקום (לדוגמה, יש נחשים המתחפרים בחול כאשר טמפרטורת פני הקרקע גבוהה מאוד). לקבוצה זאת משתייכים כל חסרי החוליות, וכן כמה מבין בעלי החוליות – הדגים, הדו-חיים והזוחלים.

הומיאותרמיים

בעלי חיים שיש להם מנגנוני ויסות פיזיולוגיים לשמירה על טמפרטורת גוף קבועה פחות או יותר, גם בסביבה שהטמפרטורה בה אינה קבועה. היונקים והעופות שייכים לקבוצת ההומיאותרמיים. לבעלי החיים ההומיאותרמיים יש שכבות מבודדות (פרווה, שומן תת-עורי, נוצות) המסייעות לשמור על חום הגוף בסביבה קרה. בנוסף, כאשר טמפרטורת הגוף עולה (עקב שהות בסביבה חמה או פעילות גופנית) או יורדת (עקב שהות בסביבה קרה), מופעלים מנגנונים פיזיולוגיים המסייעים לשמירה על טמפרטורת גוף קבועה. דוגמה למנגנוני ויסות טמפרטורה באדם – הזעה והרחבת כלי דם היקפיים להורדת טמפרטורת הגוף, וכן רעידה וכיווץ כלי הדם ההיקפיים כשטמפרטורת הגוף יורדת.

היתרון בהומיאותרמיות

בעלי חיים הומיאותרמיים יכולים לשמור על טמפרטורת גוף שמתאימה לפעילות האנזימים שלהם, ולכן יכולים להיות פעילים ביום, בלילה, בקיץ ובחורף, בסביבה חמה מאוד ובסביבה קרה מאוד. לעומתם, בעלי חיים פויקילותרמיים מוגבלים רק בסביבות המחיה שלהם, ויכולים לפעול רק בשעות או בעונות שמתאימות לפעילות האנזימים שלהם.

"מחיר" ההומיאותרמיות: להומיאותרמיות יש גם "מחיר" – הצורך לאכול כמויות גדולות בהרבה (פי 10–30) בהשוואה לבעלי חיים פויקילותרמיים באותו משקל. הכמויות הללו מאפשרות לקיים קצב מטבוליזם (חילוף חומרים) גבוה, מפני שבתהליכים המטבוליים (כמו נשימה תאית) נפלט חום המחמם את הגוף. הבעיה היא שלא תמיד יש בבית הגידול זמינות גבוהה של מזון.

טמפרטורת הגוף של בעלי החיים ההומיאותרמיים היא כמעט תמיד גבוהה מטמפרטורת הסביבה (ברוב היונקים 360–390°C, וברוב העופות 400–430°C), ולכן הם מאבדים חום לסביבה. (כדי לדמיין כמה אנרגיה נדרשת כדי לשמור על טמפרטורת גוף קבועה שגבוהה מטמפרטורת הסביבה, חשבו כמה אנרגיית חשמל הייתה נדרשת על מנת לשמור מִכָּל מלא מים בגודל גוף האדם בטמפרטורה של 37 מעלות צלזיוס.)

השפעת יחס בין שטח הפנים לנפח של הגוף על ויסות הטמפרטורה

ליחס שבין שטח הפנים לנפח של הגוף יש חשיבות רבה בוויסות טמפרטורת הגוף. ככל שיחס זה גדול יותר, כך שיעור הקליטה הפסיבית של חום מהסביבה או איבוד חום אליה גבוה יותר.

היחס שטח פנים/נפח של הגוף מושפע מגודל הגוף

ככל שהגוף גדול יותר, כך היחס קטן יותר. לגוף גדול יש יתרון עבור בעלי חיים בסביבות קרות, מכיוון שהם מאבדים פחות חום לסביבה הקרה (ליחידת נפח גוף). במקרים רבים בעלי חיים המותאמים לסביבות אלה הם בעלי גוף גדול בהשוואה לבעלי חיים ממינים דומים באזורים חמים יותר (לדוגמה, שועל שלג גדול בהרבה משועל פנק החי במדבר).

גם צורת הגוף וצורת איברים בגוף משפיעות על היחס בין שטח הפנים לנפח.

לדוגמה, באוזניים גדולות ודקות יחס השטח פנים/נפח גדול יותר מאשר באוזניים קצרות ועבות. לאוזניים גדולות יש יתרון בפיזור חום בסביבת חיים חמה, ואילו לאוזניים קצרות ועבות יש יתרון בסביבה קרה משום שמתרחש בהן פחות איבוד חום לסביבה. (לדוגמה, לשועל פנק יש אוזניים גדולות מאוד ביחס לגודל הגוף, ואילו לשועל ארקטי יש אוזניים קטנות).

התאמות לבית גידול מדברי

חלק ב'

התנאים הא-ביוטיים הבסיסיים המאפיינים את כל המדבריות החמים הם:

- טמפרטורה גבוהה בשעות היום (ובחורף טמפרטורה נמוכה מאוד בלילה).
- מיעוט משקעים (פחות מ-200 מ"מ גשם בשנה), יובש, במקרים רבים אין מים זמינים במשך רוב השנה.

לכן הטמפרטורה והמים מהווים גורמים מגבילים בסביבה המדברית. גורם מגביל הוא תנאי או משאב ששינוי ברמתו או בעוצמתו משנה (מגביר או מאט) את הקצב של תהליך באורגניזם או את קצב גידול האוכלוסייה.

פויקילותרמיים והומיאותרמיים

לבעלי חיים מדבריים יש התאמות שמאפשרות להם לשמור על מאזן המים בגופם ולווסת את טמפרטורת גופם, במילים אחרות – לשמור על ההומיאוסטזיס.

דוגמאות להתאמות:

התאמות שמקטינות את כמות החום הנקלטת ו/או את איבוד המים לסביבה:

פעילות בלילה ושהות ביום במחילה, הסתתרות בצל בשעות החמות, ריצה ברגליים מתוחות כשהגוף מרוחק מהקרקע החמה.

התאמות שמקטינות את איבוד המים לסביבה:
הפרשת שתן מרוכז, הפרשת צואה מרוכזת.

התאמות שמגדילות את איבוד החום לסביבה:

גוף קטן ואוזניים גדולות שמגדילים את היחס שטח פנים/נפח. במקרים רבים בעלי חיים מדבריים הם בעלי גוף קטן ואוזניים גדולות בהשוואה לבני מינם או למינים קרובים החיים באזורים קרים יותר. להתאמות אלו יש חשיבות קריטית, מכיוון שבסביבה שחונה יש יתרון בקירור הגוף על ידי איבוד חום לאוויר לעומת קירור הגוף במנגנונים שכרוכים באידוי מים כמו הזעה או הלחתה (הוצאת לשון והתנשמות כמו אצל כלבים).

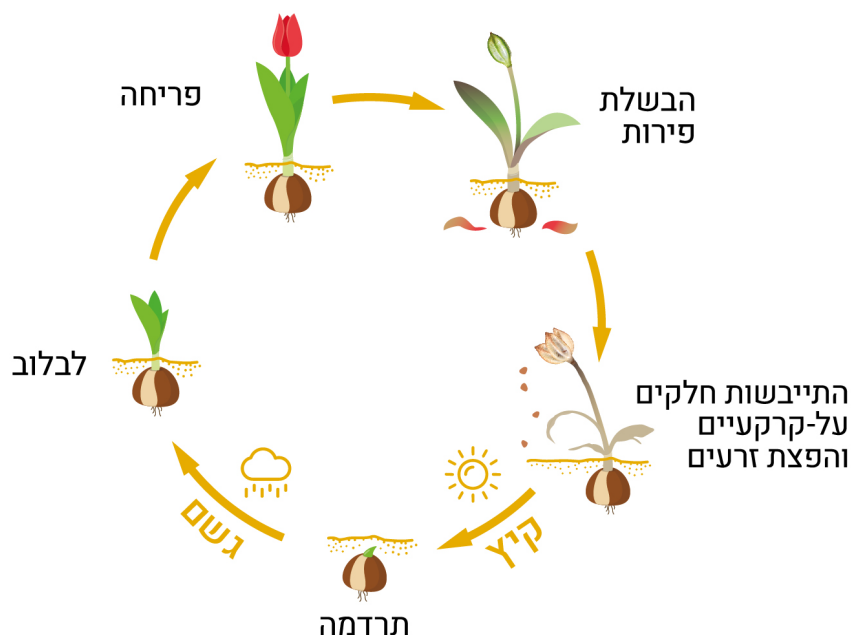
התאמות צמחים לתנאי מדבר

אפשר לחלק את צמחי המדבר לשתי קבוצות לפי מנגנוני ההתאמה שלהם לתנאים אלו:

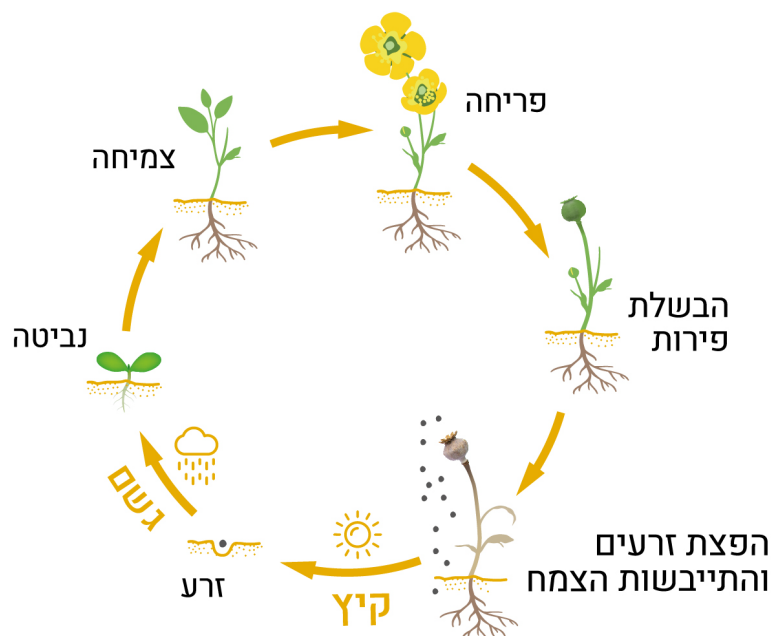
- "המתחמקים" מתנאי היובש: צמחים חד-שנתיים וגיאופיטים שגדלים רק בעונות הנוחות – סתיו, חורף ואביב.
- "השורדים": שיחים ועצים רב-שנתיים הגדלים במשך כל עונות השנה. יש להם התאמות לחיים בסביבה חמה ויבשה.

המתחמקים מתנאי יובש

גיאופיטים הם צמחים בעלי איברים תת-קרקעיים (בצל, פקעת או שורש מעובה). צמחים אלה מצמיחים עלים ופרחים ומבשילים פירות וזרעים בעונות הנוחות לגידול – סתיו, חורף ואביב. לקראת בוא הקיץ נובלים ומתייבשים החלקים העל-קרקעיים, ונשארים רק החלקים התת-קרקעיים וכן הזרעים הנמצאים בתרדמה.



צמחים חד-שנתיים הם צמחים המסיימים את מחזור חייהם בתוך שנה אחת. הם נובטים, מצמיחים עלים ופרחים, ומבשילים פירות וזרעים בעונות הנוחות לגידול – סתיו, חורף ואביב. לקראת בוא הקיץ הם נובלים ומתייבשים, ובאדמה נשארים רק הזרעים הנמצאים בתרדמה עד שינבטו בעונת הגשמים הבאה.



"השורדים"

השורדים הם שיחים עשבוניים ועצים רב-שנתיים הגדלים במשך כל עונות השנה. ניתן למצוא בהם התאמות לשמירה על מאזן המים. **דוגמאות להתאמות:** התאמות להקטנת איבוד מים בדיות: תהליך של אידי מים מהצמח, ראו הסבר בהמשך.

הקטנת שטח הפנים שמאבד מים בדיות: עלים קטנים או השרת עלים בקיץ (הקטנת שטח פנים שמאבד מים בדיות), החלפת עלי חורף גדולים בעלי קיץ קטנים (הקטנת שטח פנים שמאבד מים בדיות), המתה של חלק מענפי הצמח בשנות בצורת.

הקטנת קצב הדיות:

קוטיקולה עבה בעלים שמקטינה את הדיות מכל שטח העלים מלבד הפיוניות. (הקוטיקולה היא שכבת חומר אטום דמוי שעווה שמקיפה את העלים ומונעת את התייבשותם. הפיוניות הן פתחים זעירים באפידרמיס של העלים שדרך עובר CO_2 הנחוץ לפוטוסינתזה, וגם אדי מים מהצמח אל האוויר בתהליך דיות – ראו הסבר מפורט בהמשך.) על ידי יצירת סביבה לחה סביב הפיוניות: הפיוניות נמצאות בתוך שקעים או מכוסות בשערות, העלים מכוסים בשערות.

התאמות לקליטת יותר מים או לאגירת מים:

מערכת שורשים מפותחת בעלת שטח פנים גדול שמתפרסת לרוחב או לעומק בהתאם לזמינות המים בקרקע.

עלים בשרניים או חלקי צמח אחרים בשרניים.

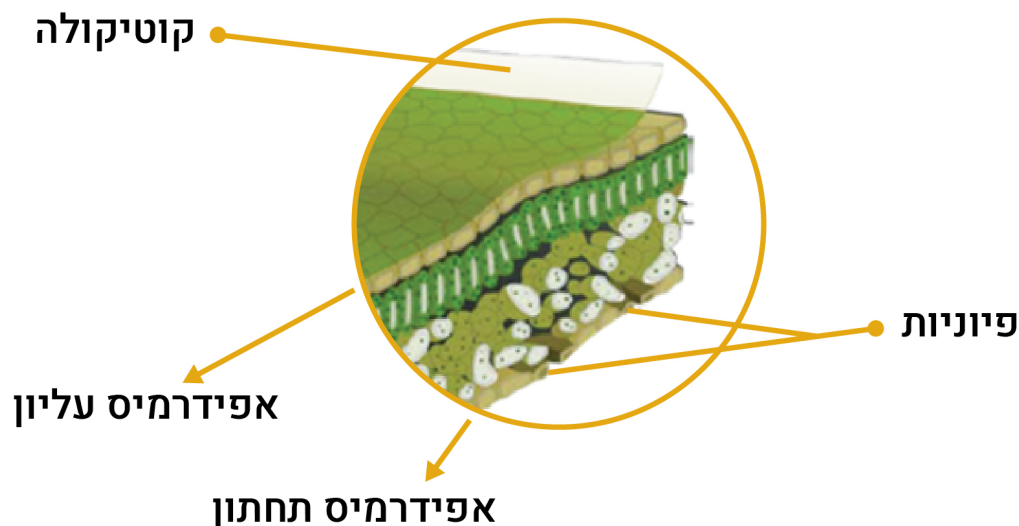
בצמחי מדבר אחדים יש מנגנונים שגורמים להפצת הזרעים או לנביטה שלהם רק לאחר ירידת כמות גשמים מספקת. לדוגמה, הזרעים כלואים בתוך התפרחת היבשה שנפתחת רק כשהיא נרטבת, או ריכוז גבוה של מלחים בקליפת הזרעים שמונע את נביטתם כל עוד הם לא נשטפים בכמות מספקת של מים. המנגנונים גורמים לכך שהזרעים יתפזרו וינבטו כאשר יורדת כמות מספקת של גשם ולא עקב טל או כמות גשמים מועטת. הדבר מגביר את הסיכוי להצלחת הנביטה ולהישרדות המין כולו. נביטה בתנאים שאינם מספיקים להשלמת מחזור חיים, מהווה בזבז אנרגיה לריק על ייצור הזרעים.

הפיוניות ותהליך הדיות

תהליך הדיות

רק כ-1% מהמים שהצמח קולט מהאדמה נצרכים לפוטוסינתזה ולבניית התאים, כ-99% מהמים עוברים דרך הצמח ומתנדפים לאוויר בתהליך הנקרא דיות (טרנספירציה). העלים עטופים משני הצדדים בשכבת קוטיקולה הבנויה מחומר שעוותי שקוף חדיר לאור אך אטום למים, המגינה על העלים מפני התייבשות. בצד העליון שחשוף לשמש שכבת הקוטיקולה עבה יותר ומשווה לעלים מראה מבריק.

חתך רוחב בעלה



תהליך הדיות מתרחש ברובו דרך הפיוניות, שהן פתחים זעירים הנמצאים באפידרמיס של העלים. דרכן מתרחשת קליטת ה- CO_2 הנחוץ לפוטוסינתזה והחמצן הדרוש לנשימה התאית, אך באותו זמן נפלטת דרכן אדי מים מהצמח לאוויר. מספר הפיוניות גדול יותר בצד התחתון המוצל של העלים (בקוטיקולה יש פתח מעל לכל פיונית).

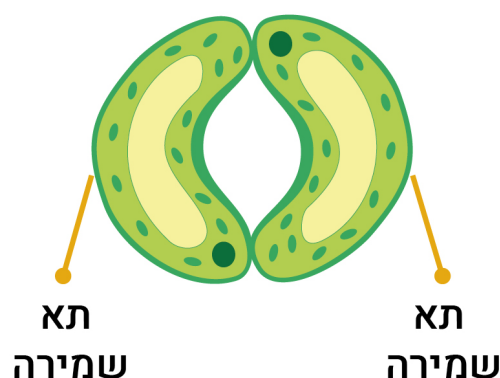
כל פיונית בנויה משני תאי שמירה. כאשר תאי השמירה מתנפחים עקב חדירת מים לתוכם בתהליך אוסמוזה, נוצר ביניהם פתח זעיר – כלומר הפיונית פתוחה.

עובי דופן תאי השמירה בצד הפונה זה לזה גדול יותר מעובי הדופן בשאר הצדדים, ולכן בעת התנפחות התאים הצד הפנימי מתרחב פחות מאשר שאר הצדדים. ההתנפחות הא-סימטרית מקנה לתאי השמירה מראה דמוי זרע שעועית וגורמת ליצירת פתח ביניהם. כאשר לחץ הטורגור בתאי השמירה יורד, הפיוניות נסגרות.

תצפית מיקרוסקופית באפידרמיס עלה (מבט מלמעלה)



פיונית פתוחה



היתרון של מבנה הפיוניות ואופן פעולתן הוא שברוב הצמחים הן נסגרות בחושך, כאשר ממילא אין אור הנחוץ לפוטוסינתזה, וכך נמנע איבוד מים מיותר.

הפיוניות נסגרות גם במצב של מחסור במים בצמח (בגלל ירידה בלחץ הטורגור בתאי השמירה של הפיוניות). במצב זה נמנע איבוד מים אך נמנעת גם כניסת CO_2 , ולכן קצב הפוטוסינתזה הוא קטן. בצמחי המדבר המצב הזה שכיח מאוד והוא אחת הסיבות לקצב הגידול האיטי שלהם.

התאמות לאקלים ים-תיכוני חלק ג'

רוב חלקה המרכזי והצפוני של ארץ ישראל נמצא באזור של אקלים ים-תיכוני. האקלים הים-תיכוני מאופיין בקיץ חם ודל במשקעים, בעונות מעבר הפכפכות ובחורף קר וגשום (לעיתים רחוקות אף מושלג). באזורי האקלים הים-תיכוני יורדים יותר מ-400 מ"מ של משקעים בשנה.

הצומח הים-תיכוני מתאפיין בתצורות שונות: צומח של שיחים נמוכים ועשבוניים, שיחים גבוהים, חורש ואף יער. תצורת הצומח בכל מקום והרכב מיני הצמחים מושפעים מתנאי האקלים המקומי וגם מגורמים נוספים כמו סוג המסלע והקרקע, השפעת האדם, מידת הרעייה ושריפות.

כמו אצל צמחי המדבר, גם לצמחים הים-תיכוניים יש שתי אסטרטגיות בסיסיות להתמודדות עם תנאי היובש בקיץ:

- "המתחמקים" מתנאי היובש: צמחים חד-שנתיים וגיאופיטים שגדלים רק בעונות הנוחות – סתיו, חורף ואביב.
- "השורדים": צמחים רב-שנתיים (שיחים, עצים ועשבונים רב-שנתיים) שיש להם התאמות לתנאי יובש. התאמת אלו דומות להתאמות של צמחי המדבר, והן מאפשרות הישרדות בתנאי היובש השוררים בקיץ באזורי האקלים הים-תיכוני.

גם לבעלי החיים באזור הים-תיכוני יש התאמות לתנאי היובש בקיץ. התאמות אלה דומות להתאמות של בעלי חיים לתנאי מדבר (כמו הסתתרות ביום במחילה ופעילות בלילה), וגם במקרה זה מדובר בהתאמות לקיץ הים-תיכוני ולא לתנאים הקיץ הקשים יותר השוררים במדבר.

התאמות לבתי גידול מימיים חלק ד'

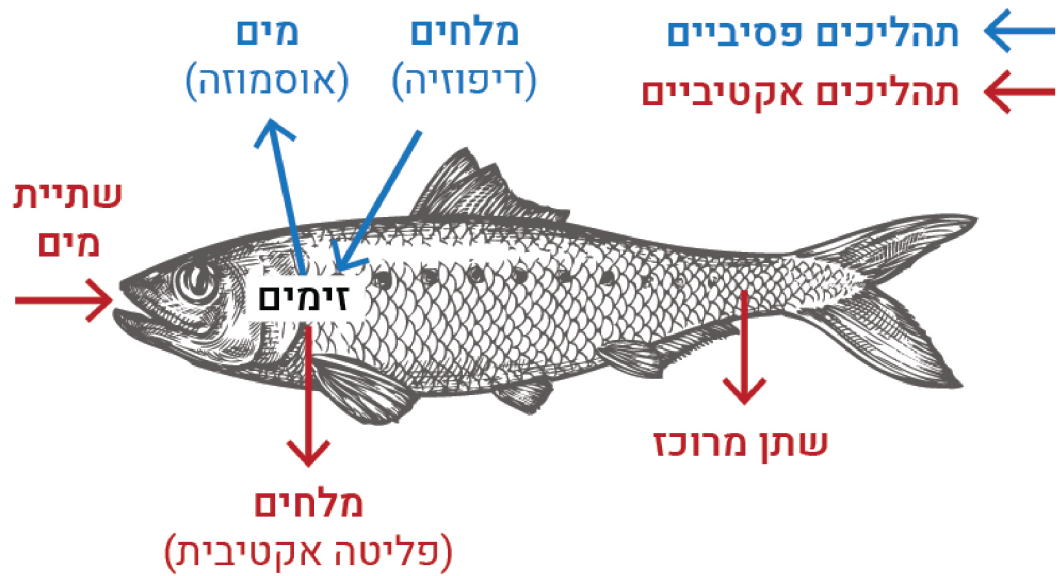
המים הם סביבת חיים נוחה בעלת יתרונות רבים. הבולטים שבהם:

- אין שינויים קיצוניים בטמפרטורות בין היום ללילה או בין עונות השנה.
- יש תמיכה פיזית מספקת לאורגניזמים החיים במים, ויכולים לחיות בהם גם אורגניזמים שהם חסרי שלד פנימי או חיצוני (כמו מדוזה או אצות).
- יש זרמים המקלים על התנועה במים.

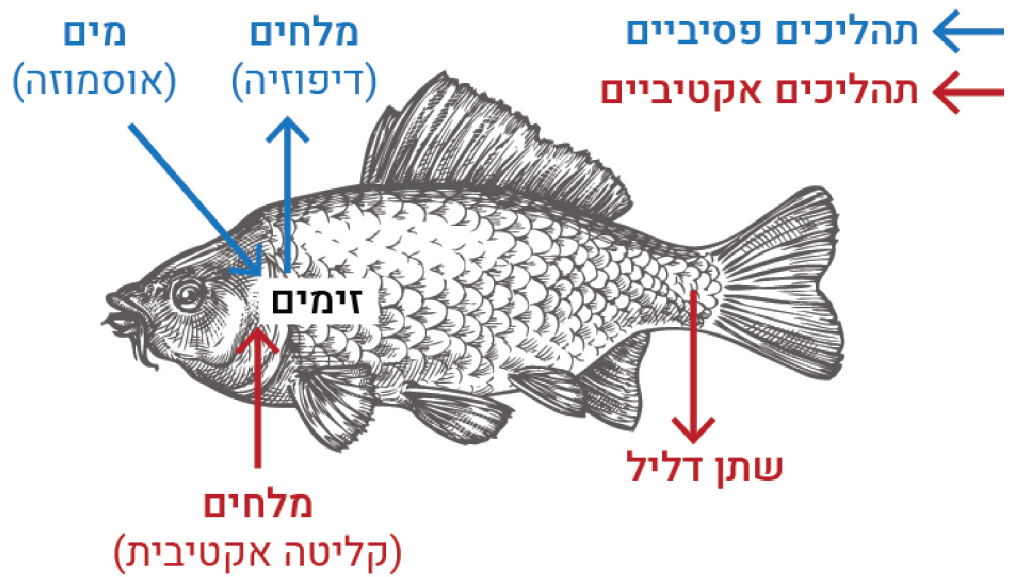
אף שהמים הם סביבה נוחה, הם מציבים בפני האורגניזמים כמה מגבלות, ובהן:

- המים צמיגיים מן האוויר והחיכוך איתם גדול יותר ומעכב תנועה אקטיבית. ליצורים רבים החיים במים יש מבנה גוף הידרודינמי וחלק, מה שגורם להקטנת החיכוך עם המים.
- מסיסות החמצן במים נמוכה, והוא מהווה גורם מגביל עבור האורגניזמים. ליצורים הנושמים במים צריכים להיות מנגנונים לקליטה יעילה של החמצן. לדוגמה, זימי הדגים מפוצלים להרבה מבנים דקיקים דמויי וילונות. הפיצול מגדיל את שטח המגע עם המים (כלומר היחס שטח פנים/נפח של הזימים גדול) ולכן כמות החמצן הנקלטת גדולה יחסית. החיים במים מצריכים ויסות מתמיד של מאזן המים והמלחים בגוף. לדוגמה, לדגי מים מתוקים חודר ים מים בתהליך אוסמוזה, והם מאבדים מלחים לסביבה בתהליך דיפוזיה. הדגים שומרים על מאזן המים והמלחים בהוצאת עודפי המים דרך השתן ובאמצעות קליטה אקטיבית של מלחים בזימים.

דגים



דגי מים מתוקים



עוצמת האור החודר למים הולכת וקטנה עם הירידה בעומק. האור מהווה גורם מגביל עבור צמחי המים, ויש להם התאמות לקליטת כמה שיותר אור.

האורגניזמים המבצעים את עיקר הפוטוסינתזה במים הם אצות ופיטופלנקטון (אורגניזמים מיקרוסקופיים, חלקם אצות חד-תאיות). נוסף עליהם יש בגופי המים (בעיקר באגמים ובנחלים) גם צמחים עילאיים, בעלי עלים גבעולים ופרחים, חלקם טבולים בתוך המים וחלקם מזדקרים מעל המים או שעליהם צפים על גבי המים. לצמחים הטבולים יש התאמות לקליטת מקסימום אור. לדוגמה, עליהם דקיקים (הם מורכבים ממעט שכבות תאים). גם לאצות רבות יש מבנה דק, ויש להן גם פיגמנטים נוספים (מלבד כלורופיל) הקולטים את האור החודר למים, כדי לאפשר קליטת יותר אור.

בניגוד לצמחי היבשה שעליהם מוקפים בשכבת קוטיקולה עבה המונעת את התייבשותם, בצמחי המים הטבולים שכבת הקוטיקולה דקה מאוד. בנוסף, צמחי המים הטבולים חסרי פיוניות, וקליטת הפחמן הדו-חמצני הדרוש לפוטוסינתזה (וכן חמצן הדרוש לנשימה) נעשית דרך כל שטח הפנים של העלים. בצמחי המים שעליהם צפים (כמו נופר ונימפיאה) יש פיוניות ושכבת קוטיקולה עבה בצד העליון של העלים הגובל באוויר.



סיכום פרק: מעבר חומרים ואנרגיה

כל היצורים החיים זקוקים לחומרים ולמקור אנרגיה לקיומם. הם קולטים חומרים ואנרגיה מהסביבה ומשחררים לסביבה חומרים ואנרגיית חום. במערכת האקולוגית מתקיים מיחזור של החומרים, אולם האנרגיה איננה ממוחזרת ולכן קיום המערכת מותנה באספקה מתמדת של אור השמש.

תכנית הלימודים

פירוט הסילבוס של משרד החינוך:

מקורות אנרגיה, מעברי אנרגיה ומעברי חומרים במערכת אקולוגית (8-10 שעות)

נושאים

- השמש מקור האנרגיה הראשוני והעיקרי במרבית המערכות האקולוגיות.
- מעברי אנרגיה בין גורמים ביוטיים לבין הסביבה האביוטית.
- זרימת אנרגיה בין גורמים ביוטיים נעשית באמצעות הזנה.
- דרכים לייצוג מעברי אנרגיה וחומרים במערכת האקולוגית: שרשרת מזון, מארג מזון ופירמידה אקולוגית.
- מחזורי חומרים בטבע: מחזור חנקן (ללא פירוט תהליכים כימיים) ומחזור הפחמן.

מונחים: אנרגיה כימית, אנרגיית חום, ביומסה, זמינות, חומר אורגני, חומר אי-אורגני, טורף-על, יחסי הזנה, יצרנים, מפרקים (חיידקים ופטריות), נשימה, פוטוסינתזה, צרכנים (ראשוניים, שניוניים), קיבוע חנקן.

הערה: נדרשת הבנה כללית של מחזור החנקן. אין צורך לפרט תהליכים כימיים.

- א. דרכי הזנה
- ב. יצרנים, צרכנים ומפרקים
- ג. שרשרת מזון, מארג מזון ופירמידה אקולוגית
- ד. מחזורי חומרים וזרימת אנרגיה
- ה. מחזור הפחמן
- ו. מחזור החנקן

א. דרכי הזנה

כל האורגניזמים החיים זקוקים לחומרים אורגניים שאותם הם מפרקים בתהליך הנשימה התאית. האנרגיה הנפלטת בתהליך מנוצלת לתהליכי החיים (באמצעות חומר מתוך ATP). החומרים האורגניים מנוצלים גם לגוף האורגניזמים, כלומר לבניית התאים ולתפקודם.

אפשר לחלק את האורגניזמים על פי יכולת ייצור החומרים האורגניים לשתי קבוצות – אוטוטרופים והטרוטרופים.

אוטוטרופים

אורגניזמים המייצרים חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים שהם קולטים מהסביבה. האוטוטרופים העיקריים במערכת האקולוגית ביבשה הם הצמחים, ובמים – אצות חד-תאיות ורב-תאיות, חיידקים כחוליים וצמחי מים. אורגניזמים אלה מייצרים בתהליך הפוטוסינתזה פחמימות מפחמן דו-חמצני וממים, תוך ניצול אנרגיית השמש. חלק מהפחמימות הנוצרות מתפרקות בתהליך הנשימה התאית של הצמח, וחלק אחר מהפחמימות משמש כשלד לבניית כל שאר החומרים האורגניים (כגון חלבונים ושומנים הבונים את תאי הצמח). לתהליך ההרכבה של חלק מהחומרים האלה נחוצים יסודות כמו חנקן וזרחן, שאינם מרכיבים את שלד הפחמימות. מקור היסודות האלה הוא במינרלים שונים (חומרים אי-אורגניים) הנקלטים מהקרקע.

כימואוטוטרופים (הרחבה): יש כמה מיני חיידקים אוטוטרופים שאינם מנצלים אנרגיית אור להרכבת החומרים האורגניים, אלא את האנרגיה הנפלטת מחמצון של תרכובות מחוזרות שנמצאות בסביבתם. לדוגמה, חיידקי הניטריפיקציה במחזור החנקן שמחמצנים אמוניה (כפי שיפורט בהמשך). חיידקים אלה נקראים כימואוטוטרופים, להבדיל מהאורגניזמים הפוטו-אוטוטרופים שמבצעים פוטוסינתזה.

הטרוטרופים

אורגניזמים שאינם מסוגלים לייצר חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים, ומנצלים חומרים אורגניים שהם קולטים מהסביבה. על הטרוטרופים נמנים בעלי החיים, הפטריות והחיידקים.

ב. יצרנים, צרכנים ומפרקים

יצרנים

האוטוטורפים הם היצרנים במערכת האקולוגית, משום שהם מייצרים את החומרים האורגניים הנצרכים על ידי כל שאר האורגניזמים שניזונים מהם במישרין (בעלי החיים הצמחוניים) או בעקיפין (בעלי החיים הטורפים והמפרקים). מכאן נובע שהקיום של כל ההטורופים תלוי באוטוטורפים.

צרכנים

ההטורופים נחלקים למפרקים ולצרכנים, וגם הצרכנים נחלקים לשתי קבוצות: **צרכנים ראשוניים**: אלו שניזונים מצמחים בלבד, כלומר הצמחוניים.

צרכנים שניוניים: אלו שניזונים מאכילת בעלי חיים, כלומר הטורפים.

שימו לב!

לעיתים מחלקים את הצרכנים חלוקת משנה לשניוניים, שלישוניים וטורפי-על, ולעיתים מכלילים את כולם כצרכנים שניוניים. יש אורגניזמים אוכלי-כול שמשתייכים לשתי רמות הזנה. לדוגמה, שועל שניזון בעיקר מטריפה, אך גם מפירות או מצמח טורף שמבצע פוטוסינתזה אך גם ניזון מטריפת חרקים.

מפרקים

המפרקים הם חיידקים ופטריות שפועלים בעיקר בקרקע, שם הם מפרקים שאריות של צמחים, בעלי חיים מתים והפרשות של בעלי חיים. הם מפרישים אל הסביבה אנזימים המפרקים את החומרים האורגניים שבשרידי האורגניזמים (בכך הם שונים מהצרכנים שאצלם האוכל נכנס אל תוך הגוף באכילה ומפורק בתוך הגוף).

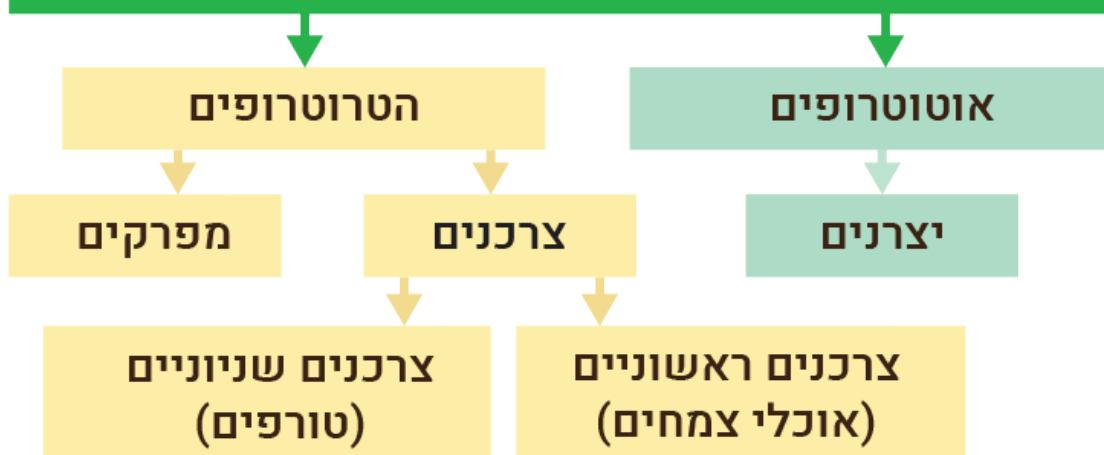
תוצרי הפירוק הם:

יחידות המבנה של החומרים האורגניים (כגון חד-סוכרים וחומצות אמיניות) שנספגות אל גופם של המפרקים ומנוצלים לבניין ולנשימה תאית.

חומרים אי-אורגניים שמורכבים מיסודות שונים כמו חנקן, ברזל וגופרית (מינרלים) שנשארים בסביבה וחלקם נקלט דרך שורשי הצמחים. בכך תורמים המפרקים למיחזור החומרים בטבע.

לסיכום: מיון האורגניזמים במערכת האקולוגית לפי דרך ההזנה ורמת ההזנה:

גורמים ביוטיים במערכת האקולוגית



ג. שרשרת מזון, מארג מזון ופירמידה אקולוגית

הצרכנים והמפרקים בבית הגידול תלויים ביצרנים ותלויים אלו באלו לאספקת החומרים האורגניים הנחוצים לקיומם. אפשר לייצג את מעבר החומרים בין האורגניזמים בשתי דרכים:

א. ייצוג איכותי באמצעות שרשרת מזון ומארג מזון

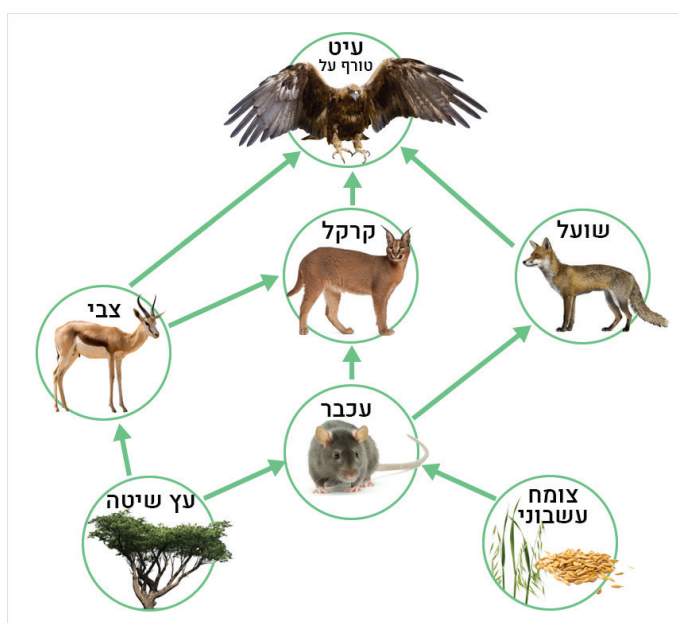
ב. ייצוג כמותי באמצעות פירמידה אקולוגית

שרשרת מזון

שרשרת מזון היא ייצוג איכותי של רצף אחד של יחסי הזנה בסביבת חיים מסוימת: יצרן נאכל על ידי בעל חיים צמחוני שנאכל על ידי טורף, שנאכל על ידי טורף אחר. בראש השרשרת נמצא טורף-על.

מארג מזון

מארג מזון הוא צירוף כל שרשראות המזון והקשרים ביניהן בסביבת חיים מסוימת. לפניכם חלק ממארג המזון בבית גידול מדברי:



פירמידה אקולוגית

פירמידה אקולוגית היא ייצוג גרפי כמותי של רמות ההזנה השונות במערכת האקולוגית במקום מסוים.

רמת הזנה

רמת הזנה היא עמדה בשרשרת המזון הנקבעת על ידי מספר ה"צעדים" של מעבר החומרים (והאנרגיה האצורה בהם) במערכת האקולוגית, מרמת ההזנה הראשונה של היצרנים ועד רמה זו.

נדון בשני סוגים של פירמידה אקולוגית – פירמידת ביומסה ופירמידת אנרגיה.

פירמידת ביומסה

פירמידת ביומסה היא ייצוג גרפי כמותי של הביומסה של האורגניזמים במערכת אקולוגית מסוימת. השטח של כל נדבך בפירמידה הוא פרופורציונלי לביומסה של כלל האורגניזמים במערכת השייכים לאותה רמת הזנה.

ביומסה היא משקל המסה הכוללת של כל האורגניזמים, והיא מבוטאת בדרך כלל כמשקל יבש ליחידת שטח. כלומר משקל האורגניזמים בלי המים. הביומסה מורכבת בעיקר מחומרים אורגניים המרכיבים את תאי האורגניזמים (בעיקר פחמימות, חלבונים ושומנים).

פירמידת ביומסה



במערכות האקולוגיות הטבעיות הביומסה הולכת וקטנה ככל שעולים ברמת ההזנה ההסבר לכך הוא שחלק מהחומרים האורגניים במזון הנאכל על ידי האורגניזמים (או מיוצר על ידם, במקרה של היצרנים) מתפרק בנשימה תאית, חלקו נמצא בהפרשות בעלי החיים או בעלים וענפי צמחים שנופלים, ורק חלק מנוצל לגידול המתבטא בעליית הביומסה. רק חלק זה עומד לרשות רמת ההזנה הבאה.

פירמידת אנרגיה

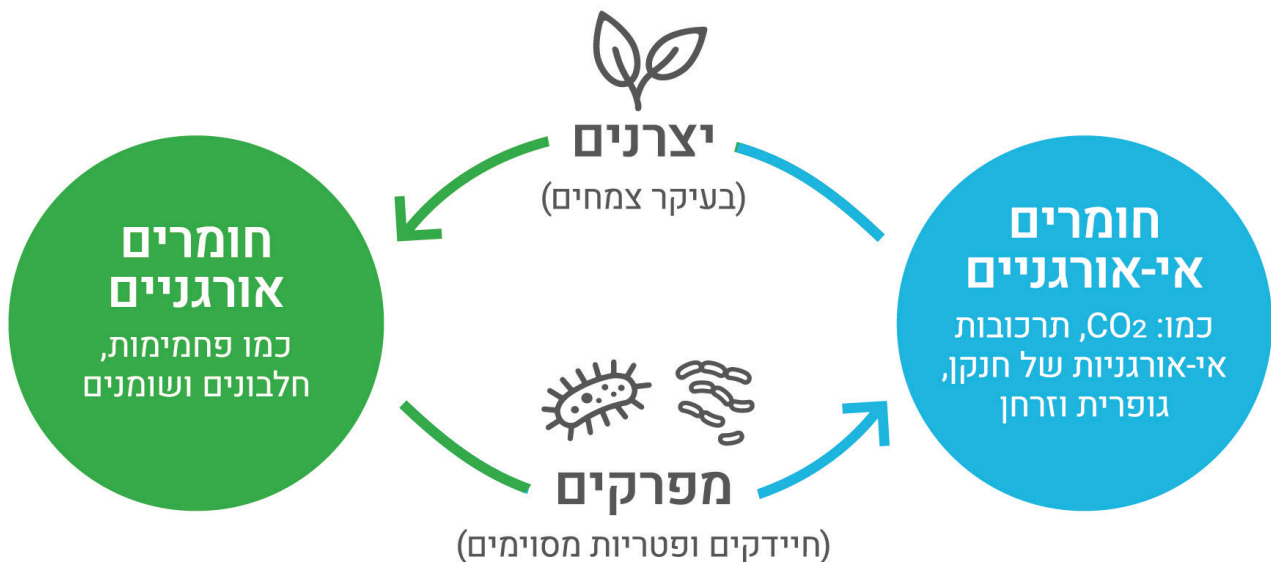
פירמידת ביומסה היא גם פירמידת אנרגיה. בחומרים האורגניים המרכיבים את גוף האורגניזמים, בכל רמת הזנה אצורה אנרגיה כימית. מכיוון שהביומסה הולכת וקטנה ככל שעולים ברמת ההזנה, גם האנרגיה האצורה בה הולכת וקטנה.

ד. מיחזור חומרים וזרימת אנרגיה במערכת האקולוגית

מיחזור חומרים במערכת האקולוגית

במערכת האקולוגית מתקיים מחזור של חומרים: היצרנים הופכים חומרים אי-אורגניים לאורגניים, והמפרקים עושים את התהליך ההפוך.

אם נבחן בנפרד מחזורי חומרים מרכזיים במערכת האקולוגית כמו פחמן וחנקן, נמצא שגם בהם מתקיים המחזור המתואר בתרשים. (ראו פירוט בהמשך).



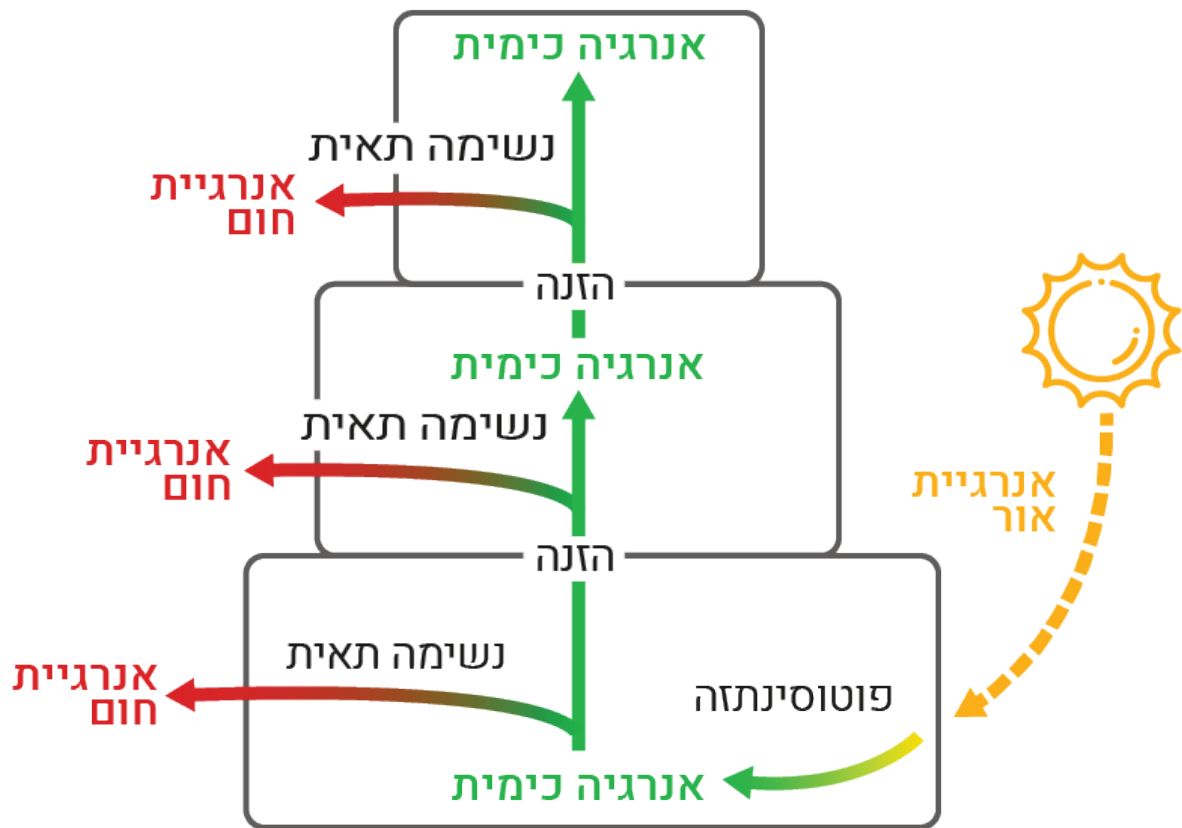
שימו לב: יש לזכור שלא רק המפרקים, אלא כל האורגניזמים מפרקים חומרים אורגניים בנשימה התאית ופולטים חומר אי-אורגני לסביבה – CO₂.

זרימת אנרגיה וגלגוליה במערכת האקולוגית

קיום המערכת האקולוגית תלוי באנרגיית השמש. אנרגיית האור נקלטת על ידי הצמחים, ובתהליך פוטוסינתזה היא מומרת לאנרגיה כימית האצורה בחומרים האורגניים הנוצרים בתהליך. מרגע זה ואילך, מעבר האנרגיה הכימית במערכת צמוד למעבר החומרים. החומרים האורגניים מנוצלים לנשימה תאית ולגדילה בצמחים ובכל בעלי החיים שניזונים מהם במישרין (הצמחוניים) או בעקיפין (הטורפים), וגם במפרקים. בתהליך הנשימה התאית של כל האורגניזמים, חלק מהאנרגיה משתחרר כחום.

המרת אנרגיה כימית
לאנרגיית חום

המרת אנרגיית אור
לאנרגיה כימית

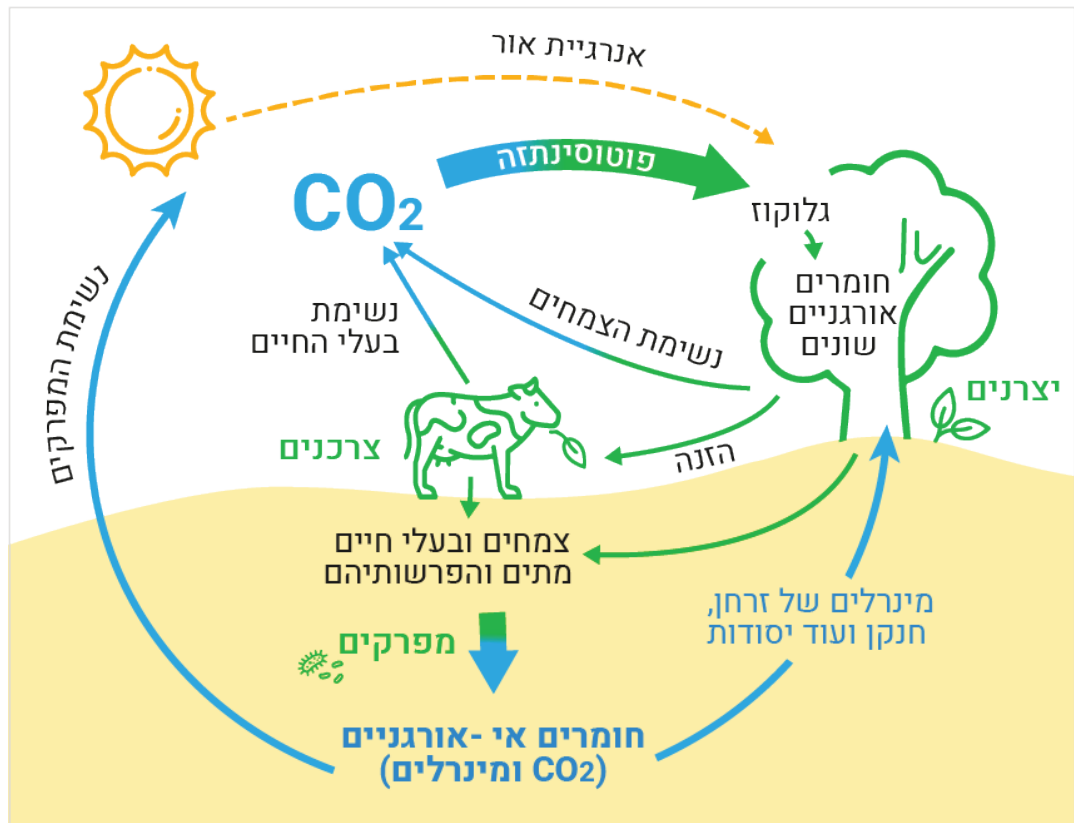


כלומר, האנרגיה הזורמת במערכת האקולוגית מומרת מצורה אחת לצורה אחרת:

אנרגיית אור → אנרגיה כימית → אנרגיית חום

מדוע בניגוד לחומרים, האנרגיה איננה ממוחזרת במערכת האקולוגית?

החום הנפלט בתהליך הנשימה התאית אינו יכול להיות מנוצל לתהליך הפוטוסינתזה, ולכן קיום המערכת האקולוגית תלוי באספקה מתמדת של אור השמש. כלומר האנרגיה אינה ממוחזרת במערכת האקולוגית אלא זורמת ומומרת מצורת אנרגיה אחת לאחרת, אך בניגוד לחומרים היא אינה ממוחזרת.



במחזור הפחמן יש שני תהליכים ביולוגיים מרכזיים שמשפיעים על ריכוז ה- CO_2 באוויר ועל מחזור החומרים באופן מנוגד:

תהליך	השפעה על ריכוז ה- CO_2 באוויר	השפעה על מחזור החומרים
פוטוסינתזה	הורדה	הפיכת חומרים אי-אורגניים לחומרים אורגניים
נשימה תאית	העלאה	הפיכת חומרים אורגניים לאי-אורגניים

פירוט מחזור הפחמן:

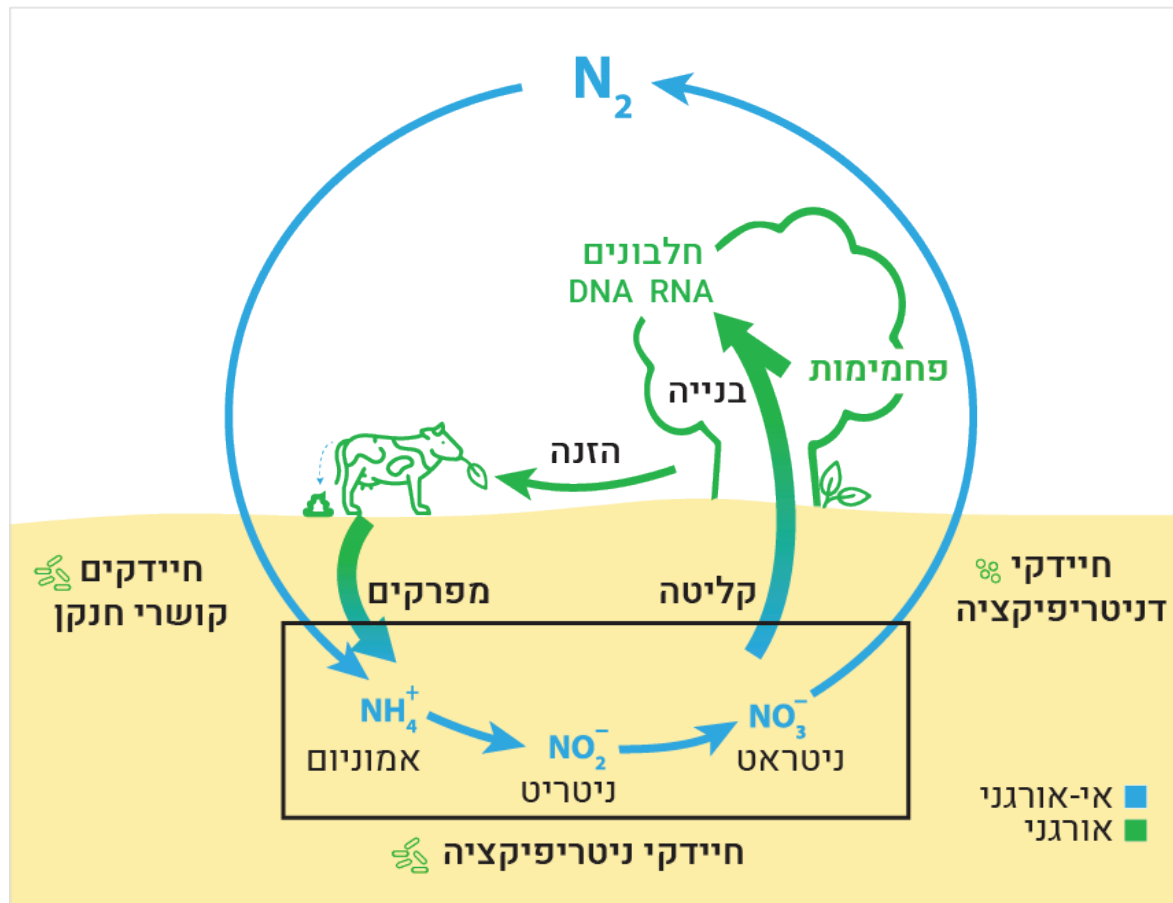
הפחמן מרכיב את השלד של כל החומרים האורגניים, והוא מרכיב מרכזי במחזור החומרים בטבע. בתהליך הפוטוסינתזה הצמחים יוצרים פחמימות מפחמן דו-חמצני ומים תוך ניצול אנרגיית השמש.

הפחמימות משמשות בחלקן כשלד ליצירת תרכובות אורגניות אחרות (כמו חלבונים), ובחלקן הן מתפרקות בתהליך הנשימה התאית (הן בצמחים והן בבעלי החיים הניזונים מהן במישרין או בעקיפין).

הפחמן הדו-חמצני שנוצר בתהליך הנשימה התאית של כל האורגניזמים נפלט לאטמוספירה.

בדורות האחרונים ריכוז ה- CO_2 באוויר עולה הן בשל שריפת דלקים בתעשייה, במכוניות ובשימוש ביתי, והן בשל צמצום שטחי היערות שגורם להקטנת הפוטוסינתזה שצורכת CO_2 . העלייה בריכוז ה- CO_2 מגבירה את אפקט החממה וגורמת להתחממות כדור הארץ – תהליך שיש לו השפעה מכרעת על גורל האנושות ועל גורל המערכת האקולוגית כולה.

1. מחזור החנקן



החנקן הוא יסוד חשוב מאוד בגוף החי. הוא מרכיב בתרכובות חנקן אורגניות כמו חלבונים וחומצות גרעין.

הצמחים מייצרים את התרכובות האלה משלד הפחמימות שנוצרו בתהליך הפוטוסינתזה ומתרכובות חנקן אי-אורגניות כמו אמוניום (NH_4^+) וניטראט (NO_3^-) שהם קולטים מהאדמה.

הצמחים נאכלים על ידי בעלי חיים צמחוניים, והחומרים האורגניים מתפרקים במערכת העיכול שלהם ליחידות המבנה, שמועברות לתאים ומנוצלות להרכבת חומרים הנחוצים לבניית התאים ולתפקודם. לדוגמה, מהחומצות האמיניות מתוצרי פירוק החלבונים – נבנים חלבונים חדשים בהתאם לצורכי התאים. תהליך דומה מתרחש בגופם של בעלי החיים הטורפים שניזונים מבעלי החיים הצמחוניים.

תרכובות החנקן האורגניות שבשרידי הצמחים ובעלי החיים המתים ובהפרשות בעלי החיים, מפורקות על ידי המפרקים. אחד התוצרים הוא אמוניה NH_3 שהיא תרכובת חנקן אי-אורגנית. בסביבה מימית האמוניה הופכת ליון אמוניום (NH_4^+) שזמין לצמחים.

לצמחים יש מקור נוסף לאמוניום – חיידקים קושרי חנקן שחיים בסימביוזה עם צמחים ממשפחות מסוימות (כגון הקטניות) או באופן עצמאי בקרקע (ראו פירוט בהמשך).

ניטריפיקציה (הרחבה): לא כל האמוניום נקלט על ידי הצמחים; על חלק ממנו פועלים חיידקים הנמצאים בקרקע שנקראים חיידקי ניטריפיקציה (חינקון). הם מחמצנים את האמוניום לניטריט NH_2^- , ולאחר מכן לתרכובת חנקן אי-אורגנית נוספת, ניטראט NO_3^- , שגם היא נקלטת על ידי הצמחים. החיידקים האלה מפיקים אנרגיה מהתהליך ומנוצלים להרכבת חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים. כלומר הם כימאאוטוטרופים, ובניגוד לצמחים מקור האנרגיה שלהם אינו אור אלא האנרגיה שנפלטת בתהליכים כימיים של חמצון חומרים כמו האמוניה.

קשירת חנקן

לא כל תרכובות החנקן האי-אורגניות בקרקע מקורן בפעילות המפרקים. חלקן נוצרות על ידי חיידקים קושרי חנקן. החנקן הגזי מהווה 78% מהגזים המרכיבים את האוויר, אולם כל הצמחים ובעלי החיים ומרבית החיידקים אינם יכולים לנצלו. יש מינים מועטים של אורגניזמים פרוק-ריוטיים, רובם חיידקים, שמסוגלים להפוך את החנקן שבאוויר לאמוניום בתהליך שנקרא קשירת חנקן או קיבוע חנקן. חלק מהאורגניזמים קושרי החנקן חיים באופן עצמאי, וחלקם חיים בתוך גופם של צמחים ובעלי חיים מסוימים שאיתם הם מקיימים יחסי הדדיות.

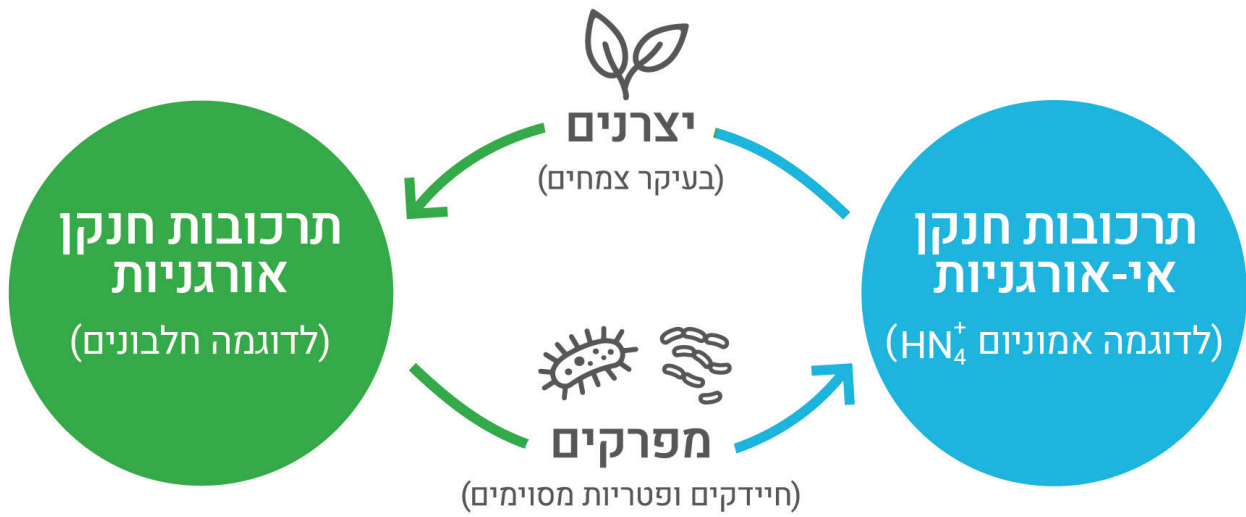
לדוגמה, בשורשי צמחים ממשפחת הקטניות יש פקעיות שבתוכן חיים חיידקים מסוג ריזוביום. הצמחים מקבלים מהחיידקים את תרכובת החנקן שהם בנו ויכולים לנצל אותה לתועלתם, ובתמורה החיידקים מקבלים מהצמחים תרכובות אורגניות שיוצרו בפוטוסינתזה, וסביבת חיים מוגנת ומתאימה לפעילותם.

דניטריפיקציה (הרחבה): קשירת החנקן על ידי החיידקים קושרי החנקן גורעת חנקן גזי מהאוויר. למרות זאת, ריכוז החנקן באוויר נשאר קבוע הודות לתהליך שנקרא דניטריפיקציה המבוצע על ידי חיידקים המצויים בקרקע שהופכים חלק מהניטראטים לחנקן גזי הנפלט לאטמוספירה.

בעולם מתקיים מחזור של חומרים: הצמחים (היצרנים) מייצרים בתהליך הפוטוסינתזה חומרים אורגניים שמשמשים מזון לשאר האורגניזמים במערכת האקולוגית. כאשר הצמחים ושאר האורגניזמים מתים, החומרים האורגניים המרכיבים אותם מפורקים על ידי המפרקים לחומרים אי-אורגניים שנקלטים על ידי הצמחים, וחוזר חלילה.

לסיכום

מחזור החנקן הוא מורכב מאוד, אבל באופן עקרוני מתקיים בו מחזור של חומרים אורגניים וחומרים אי-אורגניים ולהפך, כפי שקורה במחזור הפחמן ובמחזור החומרים בטבע באופן כללי.



סיכום פרק: אבולוציה

תהליכים אבולוציוניים משפיעים על שכיחות של תכונות המאפיינות את המין ועל מגוון המינים.

תכנית הלימודים

מתוך הסילבוס של משרד החינוך:

מפרט תכנים

היקף הפרק: 8-10 שעות

תיאוריית האבולוציה מתבססת על שלוש עובדות:

- בכל אוכלוסייה קיימת שונות, שחלקה תורשתית.
 - מספר הצאצאים הנוצרים גדול ממספר הצאצאים השורדים.
 - קיים קשר בין תכונות הפרט לבין הסיכויים שלו לשרוד ולהתרבות בתנאי סביבה מסוימים.
- עם הזמן תעלה באוכלוסייה שכיחותם היחסית של פרטים בעלי תכונות המקנות להם יתרון.

התאמה

ההתאמה היא תוצר של תהליכי ברירה טבעית.

שונות

- שונות בין פרטים בתוך המין מתבטאת בהבדלים: התנהגותיים, פיזיולוגיים, אנטומיים וברמה התאית מולקולרית.
 - מקורות השונות:
 - מוטציות אקראיות בתאי הזויג או בזיגוטה
 - צירופים שונים של אללים
 - רבייה זוויגית
- מונחים: מחסום רבייתי, מינים אנדמיים (המונח נלמד כבר בקורס בפרק: התאמה לבתי גידול).

ברירה טבעית

שונות בטבע כחומר גלם לברירה טבעית, תחרות על משאבים, הישרדות, העמדת צאצאים פוריים והתאמה. תהליכי ברירה טבעית משפיעים על המגוון בתוך המינים, ועל המגוון של המינים.

הרכב אוכלוסיות מושפע גם מאירועים אקראיים

- אירועים אקראיים מתקיימים במקביל לתהליכי ברירה טבעית (תהליכים שונים, כמו שרפה יכולים להשפיע באופן אקראי על הרכב האוכלוסיות, בנוסף לאקראיות המוטציות).
- השפעת אירועים אקראיים ומוטציות אקראיות גדולה במיוחד באוכלוסיות קטנות, ועשויה לגרום לעליה בשכיחות של תכונות שאין להן יתרון בסביבה.
- היווצרות הבדלים בין תת אוכלוסיות יכולה לגרום להיווצרות מינים חדשים, וכך לגרום להגדלה של מגוון המינים.

השפעה אפשרית של האדם על תהליכים אבולוציוניים

(מתוך סילבוס פרק: השפעת האדם, נלמד בקורס בפרק זה)
דוגמאות: עמידות לתרופות, מלניזם תעשייתי.

- א. תיאוריית האבולוציה
- ב. התאמה וכשירות
- ג. מקורות השונות הגנטית
- ד. תהליך יצירת המינים

א. תיאוריית האבולוציה

אבולוציה

היא שינוי בתכונות התורשתיות של יצורים חיים מדור לדור.

המושג אבולוציה מתייחס גם לאבולוציה בקנה מידה קטן (השינוי בשכיחות גנים באוכלוסייה בין דור לדור) וגם לאבולוציה בקנה מידה גדול (התפתחות מינים שונים במהלך דורות רבים מאב קדמון משותף). האבולוציה מאפשרת לנו להבין את ההיסטוריה של החיים.

הרעיון המרכזי באבולוציה הוא שכל מיני האורגניזמים החיים ושחיו בעבר על פני כדור הארץ התפתחו מאב קדמון משותף שממנו התפתחו בתהליכי התפצלות עוקבים מינים חדשים שאף הם התפצלו בהמשך למינים חדשים, בתהליך שנהוג לתארו כעץ האבולוציוני (העץ הפילוגנטי). התיאוריה מתבססת על ממצאים של מאובנים, ממצאים גיאולוגיים, וממצאים המלמדים על דמיון ושוני במבנה, בפעילות ובמטען הגנטי בין קבוצות אורגניזמים שונות.

צ'ארלס דרווין - "אבי תורת האבולוציה"

דרווין היה הראשון שהצביע על תהליך הברירה הטבעית כתהליך המניע את השינויים באוכלוסיות. ההסבר שלו מקובל עד היום על העולם המדעי.

אלה הם עיקריה של תורת האבולוציה בדרך של ברירה טבעית כפי שניסח אותה דרווין:

- א. מספר הצאצאים הנוצרים בכל אוכלוסייה גדול מכפי שהסביבה מסוגלת לשאת. לכן הפרטים נאלצים להתחרות על המשאבים.
- ב. בכל אוכלוסייה קיימת שונות גנטית בין הפרטים שגורמת לשינוי בתכונות האורגניזמים.
- ג. הפרטים בעלי תכונות שמקנות להם התאמה טובה יותר לתנאי הסביבה שורדים ומעמידים צאצאים יותר מהפרטים האחרים באוכלוסייה. עם הזמן עולה שכיחות הפרטים בעלי התכונות האלה באוכלוסייה.
- ד. הברירה הטבעית משנה את תכונותיהן של שושלות של יצורים. בחלוף הזמן ועם הצטברות השינויים היא מסוגלת לגרום ליצירת מינים חדשים.
- ה. האבולוציה היא תהליך דינמי ומתמשך. אם תנאי הסביבה משתנים, לחץ הברירה פועל לטובת הפרטים שמתאמים לתנאים החדשים.

יצור ישרוד בבית הגידול ויתרבה בו אם יש לו את ההתאמות הנדרשות לתנאים הא-ביוטיים, להשגת מזון ולניצולו, להקטנת טריפה ולהתרבות בבית הגידול.

התאמה (adaptation)

תכונה תורשתית [מבנית (מורפולוגית), פיזיולוגית-ביוכימית או התנהגותית] של פרט המגדילה את סיכוייו לשרוד בסביבה ולהתרבות בה לעומת פרטים אחרים באוכלוסייה שאינם נושאים תכונה זו.

דוגמאות להתאמות:

התאמות מבניות (מורפולוגיות)

- מבנה השיניים בבעלי חיים מותאם לסוג המזון (התאמה להשגת מזון ולניצולו).
- קוצים בצמחים (התאמה להקטנת טריפה).
- עלים רחבים של צמחים הגדלים בצל (התאמה לתנאים הא-ביוטיים).

התאמות פיזיולוגיות-ביוכימיות

- הפרשת עודפי מים בסנדליות על ידי בועית מתכווצת (התאמה לתנאים הא-ביוטיים).
- ייצור ארס בנחשים (התאמה להשגת מזון ולניצולו).
- עמידות לאנטיביוטיקה בחיידקים.

התאמות התנהגותיות

- הסתתרות במחילה ביום ופעילות לילה במכרסמים מדבריים (התאמה לתנאים הא-ביוטיים).
- ציד בקבוצה בשקנאים (התאמה להשגת מזון).
- חיים בלהקות בעדרי גנו (התאמה להקטנת טריפה).

כשירות (fitness)

כשירות היא מידת היכולת של פרט מסוים להעמיד צאצאים ולהעביר את הגנים שלו לדורות הבאים בהשוואה לפרטים אחרים.

הסבר: התאמה היא תכונה המגדילה את סיכוייו של הפרט לשרוד בסביבה שבה חי ולהתרבות בה. גם הסיכויים של צאצאיו שירשו את תכונותיו לשרוד בסביבה גדולים יותר מצאצאי הפרטים האחרים באוכלוסייה. לכן שכיחות הפרטים בעלי הגנוטיפים המקנים התאמה באוכלוסייה תלך ותגדל במשך הדורות.

השונות הגנטית וחשיבותה

התבוננות בכל אוכלוסייה של אורגניזמים מאותו המין מגלה שיש ביניהם דמיון רב והם שונים מאורגניזמים השייכים למין אחר, אך הפרטים השייכים לאותו המין אינם זהים אלו לאלו – יש ביניהם הבדלים שחלקם נובעים מהבדלים במטען התורשתי. לא מדובר רק בהבדלים מורפולוגיים (הבדלים במבנה), אלא גם בהבדלים פיזיולוגיים ובהבדלים התנהגותיים. המגוון של כל הגנוטיפים בגנים השונים הנמצאים באוכלוסייה מתבטא בשונות הגנטית, והיא "חומר הגלם" שעליו פועל תהליך הברירה הטבעית. ככל שהשונות הגנטית באוכלוסייה גדולה יותר, כך גדל הסיכוי שלה לשרוד שינויים החלים בסביבה, מכיוון שיש סיכוי גדול יותר שבאוכלוסייה מגוונת יהיו פרטים המותאמים לתנאים החדשים. פרטים אלה יישרדו ויתרבו, וכך האוכלוסייה לא תיכחד.

מקורות השונות באוכלוסייה:

מוטציות

מוטציות הן שינויים ב-DNA הנגרמים בשל טעויות בתהליך שכפול ה-DNA או בהשפעת גורמים חיצוניים (כמו קרינה חזקה או חומרים שגורמים לשברים או לשינויים נקודתיים ב-DNA).

המוטציות הן התהליך היחיד שבו נוצרים אללים חדשים בגנים קיימים או ליצירת גנים חדשים. שאר מקורות השונות הגנטית משפיעים על מספר צירופי הגנים, אך אינם גורמים ליצירת גנים חדשים. הרבייה המינית גורמת ליצירת צירופים חדשים בין גנים קיימים, ואילו זרימת גנים ואירועים אקראיים גורמים להגדלת מספר צירופי הגנים באוכלוסייה או להקטנתם.

מוטציות יכולות להיות מועילות, ניטרליות או מזיקות ליצור. מידת ההשפעה של המוטציה על היצור תלויה בתנאי הסביבה. לדוגמה, מוטציה ניטרלית שמקנה לחרק מסוים עמידות בפני קוטל חרקים DDT היא ניטרלית בסביבה שאין בה DDT, ומועילה במקרה של חשיפה ל-DDT.

שימו לב! **מוטציות הן אקראיות.** הן אינן מתרחשות בתגובה לשינוי בסביבה, כדי להועיל ליצור ו"לספק את צרכיו" או כדי לגרום לו להיות מותאם יותר לסביבה. התרחשות מוטציה או אי התרחשותה אינה קשורה בשום דרך לתועלת או לנזק שהיא מביאה ליצור.

רק מוטציות המתרחשות בתאי הזוויג (תאי המין) או בזיגוטה ומועברות לצאצאים יכולות להשפיע על האבולוציה. מוטציות מתרחשות בכל תאי הגוף ויכולות להשפיע על שרידות היצור. עם זאת, המוטציות שיכולות להיות משמעותיות מבחינה אבולוציונית הן אלו שמתרחשות בתאי המין או בזיגוטה (ולכן יועברו לכל תאי הצאצא כולל תאי המין).

מוטציה בודדת יכולה להיות בעלת השפעה אדירה, אך **במקרים רבים שינוי אבולוציוני מבוסס על הצטברות של מוטציות רבות.**

רבייה זוויגית (מינית)

רבייה זוויגית יוצרת פרטים עם הרכבי גנים חדשים באוכלוסייה. כל צאצא מקבל סט אחד של אללים מכל אחד מהוריו, וביחד הם יוצרים הרכב גנטי ייחודי אך ורק לו. מקור המגוון של הצירופים הגנטיים שיש בתאי הרבייה של כל יצור הוא **תהליך השחלוף וההפרדה הבלתי תלויה בין הכרומוזומים ההומולוגיים המתרחשים בעת יצירת תאי הרבייה בתהליך המיזוג**. לדוגמה, באדם יש 10^{600} אפשרויות של צירופי גנים בין תאי הרבייה של אותו האדם.

השונות באוכלוסייה יכולה להיות מושפעת גם מאירועים אקראיים

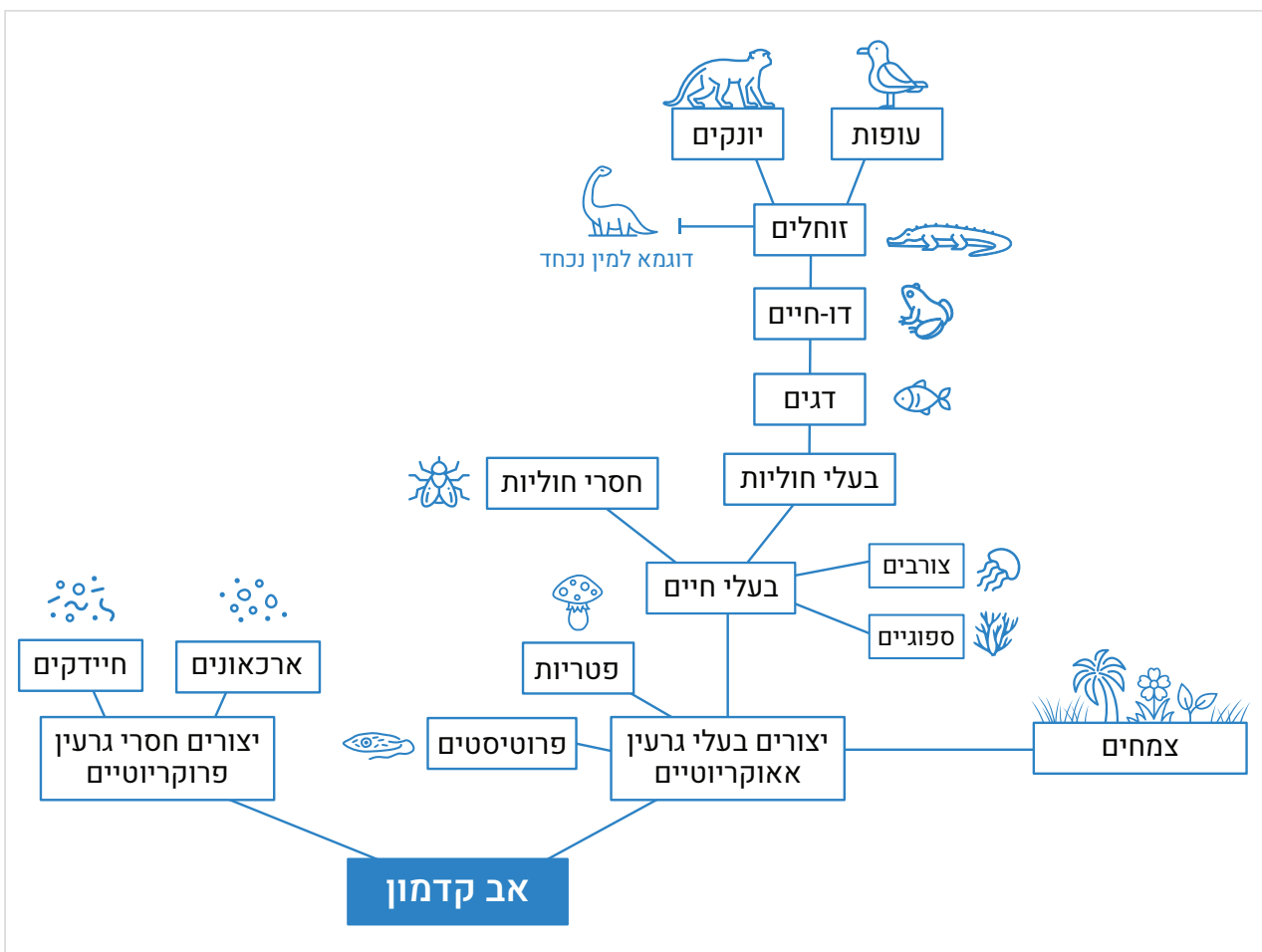
שכיחות של תכונות מסוימות באוכלוסייה אינה מושפעת רק מתהליך הברירה הטבעית, אלא גם מאירועים אקראיים שמתקיימים במקביל לתהליכי ברירה טבעית. אירועים אלה יכולים לגרום לעלייה בשכיחותן של תכונות שלא דווקא מקנות התאמה טובה יותר לסביבה. אירועים אקראיים (כגון שריפה או התפרצות של הר געש) יכולים לגרום להכחדה של חלק מהאוכלוסייה, ושכיחות צירופי הגנים באוכלוסייה הנותרת תהיה שונה מהשכיחות שהייתה באוכלוסייה המקורית. כך יכולה לעלות שכיחותן של תכונות שלא דווקא מקנות התאמה טובה יותר לסביבה. (הרחבה: תופעה זאת נקראת בשם "סחיפה גנטית", משום שבאופן אקראי יש סחיפה לטובת צירופים גנטיים שלא היו הרוב באוכלוסייה המקורית). השפעת אירועים אקראיים גדולה במיוחד באוכלוסיות קטנות.

שינויים אקראיים בשונות הגנטית באוכלוסייה יכולים להיגרם גם במקרים שבהם קבוצה קטנה של פרטים מהאוכלוסייה מהגרת למקום אחר ומייסדת אוכלוסייה חדשה (לדוגמה, קבוצת ציפורים שעפה מהיבשת אל אי מבודד). אם במקרה שכיחות הצירופים הגנטיים בקבוצת המייסדים שונה מהותית מאוכלוסיית המקור שלה, תהיה לכך השפעה על השונות הגנטית באוכלוסייה החדשה שתיווצר (הרחבה: תופעה זו נקראת "אפקט ההורים המייסדים").

ד. תהליך יצירת המינים (Speciation)

הרעיון המרכזי באבולוציה הוא שכל מיני האורגניזמים החיים ושחיו בעבר על פני כדור הארץ התפתחו מאב קדמון משותף. ממנו התפתחו בתהליכי התפצלות עוקבים מינים חדשים שאף הם התפצלו בהמשך למינים חדשים.

שושלת יכולה להתקיים במשך דורות רבים ואז להתפצל לשתי שושלות-בת, שכל אחת מהן ממשיכה בנתיב משלה. חלק מהשושלות מגיעות למבוי סתום (כלומר נכחדות), ואחרות ממשיכות להתפצל וליצור שושלות חדשות. התהליך הזה יוצר מבנה דמוי עץ (שנקרא העץ הפילוגנטי), שמקשר את כל המינים שחיו אי פעם על פני כדור הארץ.



כאמור, האבולוציה רצופה בתהליכים של יצירת מינים ושל הכחדת מינים. חוקרים משערים שכ-99.9% מהמינים שחיו אי פעם על פני כדור הארץ נכחדו.

מה גורם להתפצלות מין למינים חדשים?

הגורם להתפצלות מין אחד לשני מינים חדשים הוא היווצרות **מחסום רבייתי** בין שתי אוכלוסיות של אותו המין, כלומר בידוד המונע מפרטים משתי האוכלוסיות להיפגש ולהתרבות.

המחסום הרבייתי יכול להיגרם בגלל שתי סיבות עיקריות:

- הפרדה גיאוגרפית בשל מחסום בלתי עביר (כמו רכס הרים גבוה).
- היווצרות שוני במאפיינים של האוכלוסיות (כגון זמן הפעילות או מועד הרבייה).

בחלוף הדורות האוכלוסיות נעשות מותאמות יותר ויותר לתנאים בבית הגידול שלהן, והשוני ביניהן הולך וגדל. משלב כלשהו ייתכן שהשוני ימנע אפשרות של התרבות בין שני המינים – כלומר האוכלוסיות יהפכו לשני מינים נפרדים.

תהליך יצירת מינים חדשים מתאפשר בשל קיום שונות גנטית באוכלוסיות.





סיכום פרק: מעורבות האדם בטבע

במאתיים השנים האחרונות גדלה אוכלוסיית העולם פי שמונה, והדבר התאפשר בעיקר בזכות הגידול בכמות המשאבים שמספקת המערכת האקולוגית. אולם בשנים אלה קצב צריכת המשאבים עולה בהרבה על קצב התחדשותם, המשאבים מידלדלים, כדור הארץ הולך ומזדהם, הולך ומתחמם, ולדעת חוקרים רבים לאנושות יש רק חלון זמן קצר לפעולה כדי למנוע פגיעה בכדור הארץ לפני שהוא יגיע לנקודת האל-חזור.

תכנית הלימודים

פירוט תוכנית הלימודים (הסילבוס) של משרד החינוך:
השפעת האדם על הסביבה (12 שעות)

נושאים:

פעילות לתועלת האדם

- חקלאות אינטנסיבית: גורם מייצר מזון ותוצרים רבים נוספים לרווחת האדם. לדוגמה: שינוי מועד הפריחה, השפעה על קצב הטלת ביצים, פיתוח זנים עתירי יכול, פיתוח זנים עמידים למזיקים.
- תעשייה
- בינוי

המחיר הסביבתי

- זיהום ודלדול משאבים
- הרס בתי גידול
- הכחדת מינים וכניסת מינים פולשים

דרכים להקטנת המחיר הסביבתי

- בחקלאות: הדברה ביולוגית
- בבינוי ובתעשייה: פיתוח בר-קיימה
- צמצום צריכת משאבים
- חקיקה סביבתית
- חינוך והסברה

מונחים: אפקט החממה, דישון, דלדול האוזון, הדברה ביולוגית, הדברה כימית, הרס בתי גידול, זיהום אוויר, זיהום מים, זיהום קרקע, מי קולחין, מים מליחים, מים שפירים, מינים בסכנת הכחדה, מינים פולשים, קומפוסט.

השפעה אפשרית של האדם על תהליכים אבולוציוניים

דוגמאות:

- עמידות לתרופות, לקוטלי חרקים ולקוטלי עשבים. (נלמד בפרק "אבולוציה")
- מלניזם תעשייתי (נלמד בפרק אבולוציה)
- חיים בסביבה מוגנת (היעדר לחץ סביבתי)
- הרפואה המודרנית מקטינה את לחץ הברירה הטבעית
- השפעה על מגוון המינים בטבע: שימור מינים, הכחדת מינים, ביטול מחסומים גיאוגרפיים, מינים פולשים.
- השבחה וטיפוח

דילמות הקשורות לשמירה על הסביבה:

- שימור לעומת פיתוח
- עלות-תועלת מול שיקולים אתיים

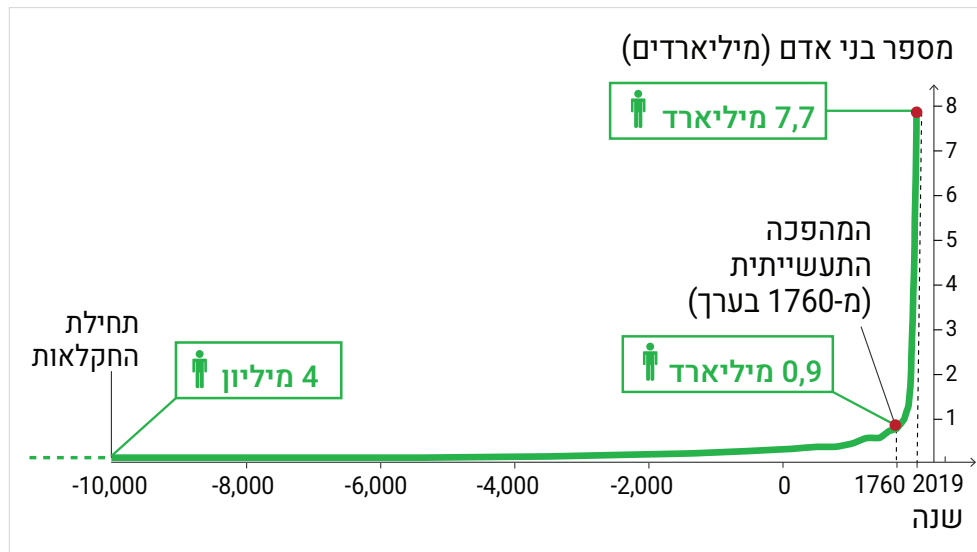
מונחים: הכחדת מינים, הכנסת מינים, טביעת רגל אקולוגית, מחסומים גאוגרפיים, קיימו

רשימת סיכומי הפרק

- א. מבט היסטורי – אירועי מפתח ששינו את גורל האנושות ואת מצב כדור הארץ
 - ב. אפקט החממה וההתחממות הגלובלית
 - ג. השפעת החקלאות על הטבע
 - ד. משבר המגוון האקולוגי
- ה. מה אפשר לעשות? – איך אפשר להקטין את טביעת הרגל האקולוגית של האנושות?

א. השפעת האדם – מבט היסטורי

השינויים בגודל אוכלוסיית העולם



אירועי מפתח שאיפשרו את העלייה בגודל אוכלוסיית האדם

תחילת החקלאות:

לפני כ-10,000 אירע דבר מה ששינה את גורל האנושות ואת פניו של כדור הארץ – בני האדם עברו מחיי ציידים-לקטים לחיי חקלאים. לראשונה בהיסטוריה, בני האדם לא הסתפקו רק במה שסיפקה להם הסביבה לצורך קיומם, אלא החלו לשנות את הסביבה ולנצל אותה לצורך הפקת כמויות גדולות של מזון. האדם עבר מחיי נדודים לחיי קבע – הוא החל לבנות בתים, להסב שטחי בר לשטחי חקלאות, לביית חיות ולפתח כלים וטכנולוגיות חקלאיים. הגדלת כמות המזון אפשרה עלייה הדרגתית במספר בני האדם בעולם.

אולם את המהפך שאפשר עלייה דרסטית וחסרת תקדים במספר בני האדם יצרו שני אירועים שהתרחשו במאתיים השנים האחרונות:

המהפכה התעשייתית:

(החל מאמצע המאה ה-18) – המצאת מנוע הקיטור, שפועל על אנרגיה שמקורה בשריפת פחם ודלקים, אפשרה פיתוח של רכבות, אוניות קיטור ומפעלי תעשייה שמבוססים על מכונות. לראשונה בהיסטוריה למד האדם לנצל באופן נרחב אנרגיה שאינה מופקת בתהליך הנשימה התאית. המתרחשת בשריריו או בשרירי בעלי החיים שביית.

המהפכה התעשייתית



תחבורה



מיכון בחקלאות



ניצול מקורות אנרגיה (קיטור ובהמשך פחם ונפט)



תעשייה

המהפכה הירוקה בחקלאות:

המהפכה הירוקה התחוללה אחרי מלחמת העולם השנייה. הגורם שהניע אותה היה המצאת שיטה לייצור דשנים בתהליך כימי תעשייתי. זמינות הדשנים אפשרה הגדלה ניכרת של כמות היבולים החקלאים והרחבה של השטחים החקלאיים גם לאזורים לא פוריים. המהפכה הירוקה הובילה להתפתחות של חקלאות אינטנסיבית – גידול זנים עתירי יבול תוך שימוש בדשנים וחומרי הדברה (קוטלי עשבים וקוטלי מזיקים) ובאמצעי השקיה מתקדמים. לחקלאות האינטנסיבית היו גם השלכות חברתיות כמו צמצום במספר החקלאים ומעבר של אנשים רבים מהכפרים אל הערים. בצד התועלת של החקלאות האינטנסיבית יש לה גם השפעות שליליות על הסביבה: זיהום הסביבה על ידי שאריות של דשנים וחומרי הדברה, וצמצום שטחי הצומח הטבעי.

המהפכה הירוקה בחקלאות



השקיה



פיתוח זנים
עתירי יבול



ייצור דשנים

אוכלוסיית העולם גדלה בקצב מהיר ביותר: בשנת 1800 היו בעולם פחות ממיליארד אנשים, וכיום חיים בו קרוב לשמונה מיליארד. מרבית בני האדם מתגוררים בערים, ואורח החיים, בייחוד במדינות המערב, מתאפיין בצריכה מרובה.

אורח החיים המודרני



אורח חיים
צרכני



מגורים בערים
גדולים

ההשפעה על המערכת האקולוגית

צורכי האדם – כמו מזון, מים וקורת גג, מגיעים מהמשאבים שמספקת המערכת האקולוגית. העלייה העצומה במספר בני האדם הגדילה מאוד את צריכת המשאבים מן הטבע. רבים משטחי הבר בוראו והוסבו להיות שדות חקלאיים או אזורי פיתוח עירוניים. המשאבים, כגון מים ראויים לשתייה, הולכים ומידלדלים. העלייה בצריכה גורמת לעלייה בכמות הפסולת, וכדור הארץ הולך ומתמלא בחומרים כמו פלסטיק, שכמעט אינו מתפרק בטבע ולכן מצטבר וגורם לנזקים אקולוגיים איומים; ריכוז ה-CO₂ באוויר הולך וגדל, מה שגורם להגדלת אפקט החממה ולהתחממות כדור הארץ (ראו פירוט בהמשך); שאריות חומרי הדברה ודשנים נשטפים ומזהמים את מי התהום ואת מקורות המים.



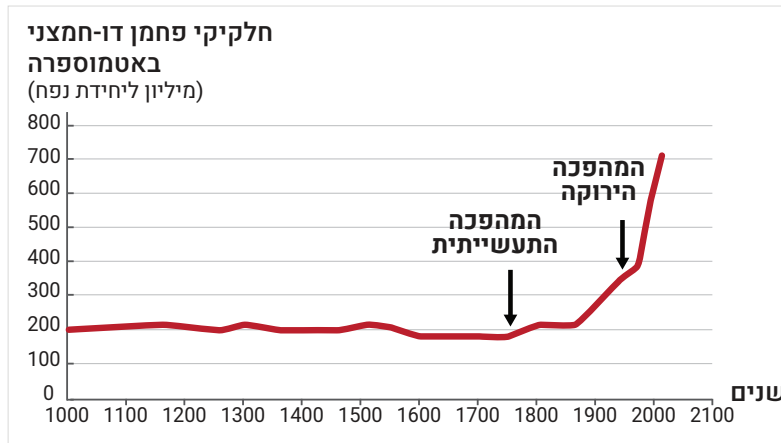
היום כבר ברור שאם אנו לא נחולל שינוי, איכות החיים של הדורות הבאים תלך ותידרדר, הפערים החברתיים ילכו ויגדלו (רק העשירים יוכלו להשיג לעצמם את המשאבים המידלדלים), ויש הסוברים שקיום האנושות יהיה בסכנה. "אנחנו הדור הראשון שיש בידיו הכלים להבין את השינויים שפעולות האדם מחוללות לכדור הארץ, והדור האחרון שיש לו עדיין הזדמנות להשפיע על המהלך המואץ של רבים מהשינויים האלה". פיטר ויטוסק (אקולוג)

ב. אפקט החממה וההתחממות הגלובלית

הגורמים לעלייה בריכוז ה- CO_2 באוויר

במאתיים השנים האחרונות חלה עלייה גדולה בריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר כתוצאה משני תהליכים עיקריים שהאדם אחראי להם:

- א. הקטנה של תהליכים קולטי CO_2 : כריתת יערות ושטחי בר אחרים והסבתם לשטחי חקלאות או מגורים. כתוצאה מכך קטן שיעור הפוטוסינתזה ופחות CO_2 נקלט מהאוויר.
- ב. הגדלה של תהליכים פולטי CO_2 : הגברה של פליטת CO_2 לאוויר בתהליכי שריפה של דלק, גז ופחם בתעשייה, בתחבורה ובמשקי הבית.



אפקט החממה וההתחממות הגלובלית

טענה מקובלת בעולם המדעי היא שהעלייה בריכוז ה- CO_2 גורמת להתחממות הגלובלית. CO_2 הוא גז חממה (גז חממה הוא גז הבולע או מחזיר קרינת חום הנפלטת מכדור הארץ, וכך נמנעת התפזרות החום לחלל). לכן העלייה בריכוזו גורמת להתגברות אפקט החממה ולעלייה בטמפרטורת כדור הארץ. לא רק ריכוז ה- CO_2 הולך ועולה, אלא גם ריכוזם של גזי חממה נוספים כמו מתאן (CH_4), שהוא גז חממה חזק הרבה יותר מפחמן דו-חמצני. המתאן נפלט ממטמנות אשפה מפירוק אנאירובי של שאריות אורגניות; גם פרות וכבשים פולטים מתאן.



חשוב לציין: אפקט החממה הוא תהליך טבעי שמאפשר טמפרטורה נוחה לקיום חיים על פני כדור הארץ. אם גזי החממה לא היו לוכדים את החום, כדור הארץ היה הופך למדבר קרח ולא היו יכולים להתקיים בו חיים. אך העלייה הגדולה בריכוז גזי החממה גורמת להתחממות יתר של כדור הארץ.

השפעות ההתחממות הגלובלית

להתחממות הגלובלית יש השפעות לא רצויות כגון הפשרת קרחונים, עלייה בגובה פני הים, אירועי מזג אוויר קיצוניים והרחבת שטחי המדבר, וצפוי שהן ילכו ויתעצמו. על פי מחקר שהתפרסם לאחרונה, עד סוף המאה הנוכחית גובה פני הים צפוי לעלות בשני מטרים בערך. כתוצאה מכך, 187 מיליון בני אדם חיים בקרבת החופים, ובכלל זה תושבי ניו יורק, לונדון וריו דה ז'נרו, עלולים להיעקר מבתיהם בשל הצפות. אקולוגים חוששים ששינויים אלה עלולים לאיים על קיום האנושות ועל המערכת האקולוגית כולה.

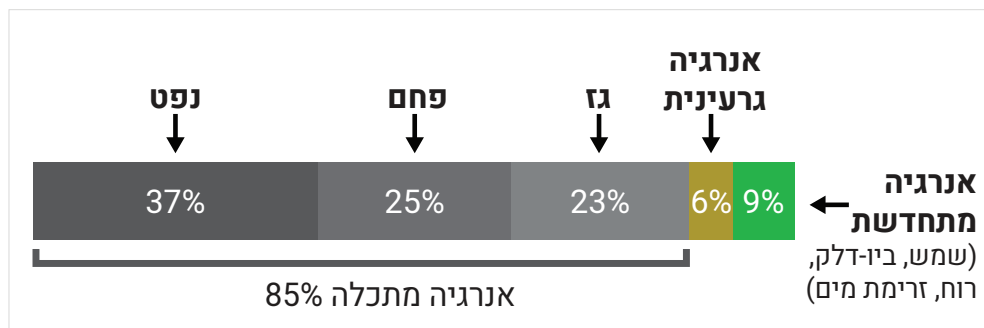
הדרכים לצמצום העלייה בריכוז ה- CO_2

א. צמצום תהליכים פולטי CO_2

צמצום פליטת CO_2 וגזי חממה אחרים כמו מתאן לאטמוספירה על ידי:

מעבר משימוש באנרגיה מתכלה לאנרגיה מתחדשת

אנרגיה מתחדשת היא אנרגיה שמקורה בתהליכים טבעיים מתמשכים. מקורות אפשריים הם אור השמש, רוח, זרמי מים, וגם ביו-דלק שמופק מצמחים כגון אצות (בשריפת ביו-דלק אומנם נפלט CO_2 לאוויר, אך הצמחים שמהם הופק הביו-דיזל צרכו CO_2 מהאטמוספירה בתהליך הפוטוסינתזה). רק 9% מהאנרגיה שבה האנושות משתמשת כיום היא אנרגיה מתחדשת. 85% מהאנרגיה מקורם בדלקים מאובנים – נפט, גז ופחם. אלה הם מקורות של אנרגיה מתכלה (כמות מקורות האנרגיה הולכת וקטנה עקב השימוש בהם והם אינם מתחדשים), ובתהליך שריפתם נפלט לאוויר CO_2 שגורם לאפקט החממה.



בשנת 2015 קיבלו ראשי המדינות המתועשות (ה-G7) החלטה: עד שנת 2100 כל צריכת האנרגיה של האנושות תהיה ממקורות של אנרגיה מתחדשת, שהשימוש בה מצמצם מאוד את הפגיעה בסביבה.

ב. צמצום הצריכה

צמצום הצריכה באמצעות קנייה של מוצרים שיש בהם צורך אמיתי, תיקון מוצרים, מחזור מוצרים ושימוש חוזר בהם. צמצום הצריכה יצמצם את פליטת ה- CO_2 הכרוכה בתהליך הייצור, יצמצם את צריכת המשאבים מהטבע, ויקטין את זיהום הסביבה הנגרם מייצור המוצרים, צריכתם ופירוקם לאחר השימוש.

ג. צמצום גידול פרות וחיות משק אחרות

פרות וחיות משק אחרות פולטות גז מתאן, שהוא גז חממה חזק לאין שיעור מ- CO_2 , ויש לו חלק ניכר בהתחממות כדור הארץ. גידול מזון לפרות דורש הסבת שטחי בר רבים לשטחי חקלאות, מה שמקטין את שיעור תהליכי הפוטוסינתזה ואת קליטת ה- CO_2 מהאוויר. האם להמשיך לאכול בשר ומוצרים אחרים מהחי, או לצמצם את צריכתם? – זאת שאלה חשובה שהאנושות צריכה לתת עליה את הדעת.

ד. הגדלת שיעור תהליך הפוטוסינתזה שצורך CO_2 מהאטמוספירה על ידי הפסקה של כריתת יערות, בייחוד יערות גשם, וצמצום הפגיעה בשטחי בר.

החור באוזון

עוד דוגמה להשפעה של האדם על האטמוספירה (שאין לה קשר לאפקט החממה) היא הפגיעה בשכבת האוזון – שכבה באטמוספירה המכילה גז אוזון (O_3) ונמצאת בגובה שבין 15-35 ק"מ מעל פני הקרקע. שכבת האוזון קריטית לקיום החיים על פני כדור הארץ מכיוון שהיא בולעת חלק מקרינת ה-UV המזיקה, וכך מוקטנת כמות קרינה זו המגיעה לפני כדור הארץ. קרינת UV גורמת למוטציות ולכן פוגעת באדם, בבעלי חיים ובצמחים.



במחצית השנייה של המאה ה-20 התגלה חור גדול בשכבת האוזון, בעיקר מעל אנטרקטיקה. החור נוצר בעיקר בגלל הרס האוזון על ידי גזים מעשה ידי האדם, ובעיקר פריאונים (ChloroFluoroCarbons, ובקיצור CFCs) שנהגו להשתמש בהם לייצור קצף לרהיטים ולבניין, בתרסיסים שונים ובנוזלי קירור למזגנים ומקררים. בשנת 1987, בעקבות מסע ציבורי נרחב, חתמו מדינות העולם על אמנת מונטריאול שאסרה על השימוש בפריאון.

החור באוזון הולך ומצטמצם, והחוקרים מעריכים שהוא ייסגר לחלוטין עד שנת 2060. סיפור האוזון הוא ראיה ניצחת לכך שכשאנשים בעולם פועלים יחד אפשר לפתור בעיות סביבתיות.

ג. השפעת החקלאות על הטבע

אחת הדרכים העיקריות שבהן האדם מתערב בטבע היא החקלאות. לחקלאות יש השפעה עצומה על המערכת האקולוגית, והשפעה זו גברה ביתר שאת עם המהפכה הירוקה והחקלאות האינטנסיבית. בעשרות השנים האחרונות כמות שטחי החקלאות והיבול החקלאי גדלה באופן דרסטי בעקבות שימוש בדשנים שיוצרו באופן תעשייתי, פיתוח זנים עתירי יבול, הדברת מזיקים ושיטות גידול והשקיה מתקדמות (לדוגמה: שינוי מועד הפריחה של גידולים חקלאיים והאצת קצב הטלת ביצים באמצעות הארה מלאכותית). העלייה ביבולים אפשרה לספק מזון לאוכלוסיית העולם, שאף היא גדלה בקצב עצום.

הפעילות החקלאית משפיעה על משאבי המים והקרקע, על מחזורי החומרים בטבע, על יחסי גומלין בין אורגניזמים ועוד. מכלול ההשפעות האלה פוגע לעיתים קרובות בטבע ובאיכות הסביבה. נדון בשלושה היבטים עיקריים של השפעת החקלאות על הטבע:

דישון

בשדות חקלאיים יש צורך בדישון מכיוון שהיבול מוצא מהשדה ואינו מתפרק בשטח, ולכן זמינות החומרים האי-אורגניים באדמה, יורדת. הדישון מביא להגדלה משמעותית ביבול, אך יש לו גם היבטים שלילים: הדשנים מסיסים במים, ועודפי הדשנים שלא נקלטו על ידי הצמחים נשטפים ומגיעים למי התהום ולמקווי מים כמו נחלים ואגמים. הדשנים גורמים לריבוי מהיר של אצות באגמים – תופעה שנקראת "פריחת אצות". עודפי האצות שלא נאכלים על ידי בעלי חיים אוכלי אצות, מפורקים על ידי המפרקים, ותוצרי הפירוק הם חומרים שפוגעים באיכות המים. תהליך הפירוק צורך חמצן, ובהיעדר חמצן במים, הדגים ושאר היצורים עלולים למות. עודפי הדשנים עלולים לפגוע גם בבריאות האדם משום שהם פוגעים באיכות מי השתייה.

קומפוסט: החלופה העדיפה לשימוש בדשנים תעשייתיים היא דישון עם קומפוסט. קומפוסט הוא זבל אורגני המיוצר מפסולת אורגנית כגון אשפה ביתית, הפרשות בעלי חיים ושאריות של גידולים חקלאיים, העוברים פירוק חלקי בעזרת מיקרואורגניזמים (חיידקים ופטריות). החומרים האורגניים שבזבל אינם מסיסים באותה מידה כמו חומרי הדשן האי-אורגני, ולכן הם אינם נשטפים למי התהום ולאגמים. הקומפוסט ממשיך להתפרק בשדה לחומרים אי-אורגניים הניתנים לניצול על ידי הצמחים בשדה. יש לקומפוסט עוד יתרון על פני השימוש בדשן – הוא סופח מים ולכן מגדיל את כמות המים הזמינים בקרקע, מה שמאפשר להקטין את שיעור ההשקיה, וחוסך מים.

הדברה

בניגוד לשדה הבר, שמתאפיין במגוון מינים, בשדה החקלאי יש בעיקר גידול אחד (מונוקולטורה). כתוצאה מכך מתרבים באופן בלתי מבוקר חרקים ויצורים אחרים שניזונים מהגידולים או טפילים שגורמים למחלות של הצמחים. שיטת ההדברה העיקרית כיום בחקלאות היא **הדברה כימית** באמצעות רעלים שמפזרים בשדות.

ההדברה הכימית גורמת לנזקים למערכת האקולוגית מכיוון שחומרי ההדברה פוגעים גם בבעלי חיים שאינם מזיקים. לעיתים נפגעים בעקיפין גם בעלי חיים שניזונים מבעלי החיים המורעלים בתהליך שנקרא **הרעלה משנית**. כמו הדשנים, גם העודפים של חומרי ההדברה נשטפים ומזהמים את הסביבה.

הדברה ביולוגית: הדברה ביולוגית היא חלופה פחות מזיקה לסביבה בהשוואה להדברה הכימית. לרוב היא מבוססת על שימוש באורגניזם שהוא האויב הטבעי (טורף או טפיל) של המזיק. ידועים מקרים שבהם ההדברה הביולוגית מצליחה מאוד ומשמשת חלופה טובה להדברה הכימית. עם זאת, לפני שמתמשים בה רצוי לערוך מחקרים כדי לוודא שהמין החדש שהוכנס לא יהפוך למין פולש ולמזיק בפני עצמו. במקרים רבים לא נמצא מדביר ביולוגי מתאים, או שעלות השימוש בו היא גבוהה מאוד, וחקלאים לא משתמשים בו.

פגיעה במגוון המינים

הסבת שטחי בר שיש בהם מגוון עשיר של מיני צמחים ובעלי חיים לשדות חקלאיים שהמגוון בהם מצומצם ביותר, וזיהום הסביבה על ידי עודפי חומרי הדברה ודשנים – כל אלה מצמצמים את מגוון המינים בטבע.

דלדול משאבי המים - בשימוש במים בחקלאות

מים – אחד המשאבים העיקריים שצורכת החקלאות הם המים. כ-60% מהמים במדינת ישראל מופנים לחקלאות. מצוקת המים בישראל הייתה זרז מרכזי לפיתוח מומחיות בתחום מחזור המים. **מי ביוב (נקראים גם מי שופכין)** שזורמים ממשקי הבית מוזרמים למכוני טיהור שבהם מטהרים את המים באופן חלקי באמצעות תהליכים של סינון, שיקוע ופירוק ביולוגי. התוצר הוא **מי קולחין** – מים מטהרים חלקית שאינם מתאימים לשתייה (להבדיל מ**מים שפירים***, הראויים לשתייה), אך שניתן לנצלם בחקלאות ובתעשייה. מקור מים נוסף לחלק מהגידולים הוא **מים מליחים** – מים שרמת המלחים בהם גבוהה מרמת המלחים במים מתוקים, אך נמוכה מרמת המלחים במי ים. בישראל יש כמות גדולה של מים מליחים במי התהום. נוסף על כך, פותחו מערכות לאיסוף מי נגר עילי הזורמים על הקרקע בעקבות הגשמים. יש לציין כי ישראל היא חלוצה בפיתוח שיטות השקיה יעילות וחסכוניות במים, כמו השקיה באמצעות **טפטפות**, שבה מים מוזרמים רק לסביבתו הקרובה של הצמח ולא לשדה כולו, מה שמצמצם את כמות המים הדרושים להשקיה. שיטה זו אומצה על ידי חקלאים ברחבי העולם.

***מים שפירים** הם מים באיכות טובה הראויים לשתייה. מקור המים השפירים בישראל הוא מי התהום, מים ממקווי מים מתוקים כמו הכינרת, ומים מותפלים שהם התוצר של התפלת מי ים.

ד. משבר המגוון הביולוגי

המגוון הביולוגי הוא מושג-על שכולל את כל מדדי השונות ברמות הארגון בטבע: המגוון הגנטי בקרב פרטים באוכלוסיות, מגוון המינים ומגוון המערכות האקולוגיות. בשל מיקומה הגיאוגרפי כגשר בין יבשות לבין אזורי אקלים שונים, ישראל התברכה במגוון ביולוגי גדול – בעושר של סביבות חיים ובעושר מיני צמחים, בעלי חיים ואורגניזמים אחרים.

חשיבות המגוון הביולוגי לאדם

קיומו של האדם תלוי במשאבים ובשירותים שמספקת המערכת האקולוגית, ולא רק קיומו הפיזי אלא גם הנפשי – הטבע הוא מקור של הנאה והשראה לבני האדם.

דוגמאות למשאבים שמספקת המערכת האקולוגית:

מזון, חמצן, מים, חומרים כמו עצים לבניין ומחצבים שונים. תרופות: צמחים, פטריות וחיידקים הם "כימאים" מעולים, וחומרים הנוצרים בהם שימשו כבר לפני שנים רבות כתרופות. למשל אספירין, מורפיום ופניצילין. מאגר גנטי: מיני הבר של צמחים חקלאיים הם מאגר של מידע תורשתי המהווה חומר גלם לטיפוח מינים חדשים. למשל, מינים שיהיו עמידים בתנאי אקלים משתנים או מינים שלא ייפגעו ממזיקים.

דוגמאות לשירותים שמספקת המערכת האקולוגית:

- **מחזור חומרים:** פירוק שאריות של חומרים אורגניים ומחזור של חומרים בטבע מבוצע על ידי המפרקים והיצרנים במערכת האקולוגית.
- **האבקה והפצה של זרעים** של חלק ניכר מהצמחים נעשית על ידי חרקים ובעלי חיים אחרים. ההאבקה היא תנאי להיווצרות פירות, והפצת הזרעים נעשית במקרים רבים על ידי בעלי חיים. ללא "שירותים" אלו לא ייווצרו חלק ניכר מהפירות והירקות החקלאיים.
- **יצירת קרקע ושימורה:** בתהליך יצירת הקרקע יש לאורגניזמים תפקיד מרכזי: שורשי הצמחים מפוררים את הסלעים וגורמים ליצירת קרקע והם אף מסייעים במניעה של סחיפת הקרקע. אורגניזמים החיים בקרקע תורמים לפוריותה ולאוורורה.

השפעת האדם על המגוון הביולוגי

לגידול הדרסטי באוכלוסיית בני האדם במאות השנים האחרונות, ולטכנולוגיות שפיתחו בני האדם יש השפעה עצומה על הטבע. אין כמעט בית גידול שאינו מושפע מפעולות האדם, ואנו נמצאים בעיצומה של הכחדת מינים המונית שמכונה "ההכחדה השישית". (קדמו לה במהלך האבולוציה חמש הכחדות המוניות). מה שמייחד את ההכחדה הנוכחית הוא שהיא נגרמת בידי האדם, ואילו האחרות נגרמו בהשפעת שינויים אקלימיים או אירועים טבעיים. (כמו פגיעת אסטרואיד בכדור הארץ לפני 66 מיליון שנה שגרמה לדעת החוקרים בין היתר גם להכחדת הדינוזאורים).

הסיבות העיקריות לפגיעה של האדם במגוון הביולוגי:

- **ההתחממות הגלובלית:** פוגעת במינים שאינם מותאמים לשינוי הטמפרטורה בבית הגידול שלהם, או גורמת להתפשטות מינים לבתי גידול חדשים – מה שמפר את האיזון האקולוגי ופוגע במינים המקומיים.
- הרס בתי גידול וקיטועם: בירוא שטחי בר והסבתם לשדות חקלאיים או לשטחים של בנייה עירונית, קיטוע בתי גידול על ידי כבישים ומסילות, ייבוש אגמים או יצירת אגמים מלאכותיים.
- **פלישה ביולוגית – ביטול מחסומים גיאוגרפיים:** הכנסה מקרית או מכוונת של מינים לאזור שבו לא התקיימו קודם לכן. מינים אלו (טורפים, מתחרים, וירוסים וחידקים גורמי מחלות) עלולים להפוך למינים פולשים, להפר את האיזון האקולוגי ולפגוע באורגניזמים המקומיים. אמצעי תחבורה כמו מטוסים ואוניות מבטלים מחסומים גיאוגרפיים כגון ימים ואוקיינוסים, ומאפשרים העברת אורגניזמים למקומות שאליהם לא היה סיכוי שיגיעו באופן טבעי.
- **זיהום הקרקע, האוויר ומקורות המים:** על ידי שפכים ופסולת ביתיים ותעשייתיים, עודפי דשנים וחומרי הדברה, עשן ופיח.
- **ניצול יתר של משאבים טבעיים – דוגמאות:** פגיעה בחיות בר בעקבות ציד יתר או דיג יתר, כריתת יערות לצורך שימוש בעצים.

דרכים לצמצום הפגיעה במגוון הביולוגי

- **הקמת שמורות טבע ו"מסדרונות אקולוגיים"** שמאפשרים מעבר של בעלי חיים ממקום למקום.
- **הקמת אוספים של אורגניזמים וגרעיני רבייה** שיאפשרו השבת אורגניזמים שנכחדו אל הטבע.
- **הקמת בנקים של זרעים וחומר גנטי** שמאפשרים מחקר; ובעתיד אולי יאפשרו גם יצירת אורגניזמים שנכחדו משרידי החומר הגנטי.
- **חינוך והסברה, חקיקה ושיתוף פעולה בין מדינות על ידי אמנות בין-לאומיות.**
- **פיתוח בר-קיימה וחתימה לחיי קיימות** – ראו פירוט בהמשך.

ה. איך אפשר להקטין את טביעת הרגל האקולוגית של האנושות?

טביעת רגל אקולוגית היא השטח על פני כדור הארץ הנחוץ לקיומו של אדם אחד. שטח זה כולל את השטח לגידול מזונותיו, למגוריו, לדרכי התחבורה שלו, למפעלי התעשייה הפועלים עבורו ולסילוק הפסולת שלו. אם מכפילים את טביעת הרגל הממוצעת במספר בני האדם בעולם, מקבלים את טביעת הרגל של האנושות. טביעת הרגל הנוכחית של האנושות היא כמעט שני כדורי ארץ, כלומר כדי לספק את צורכי האנושות היינו צריכים שני כדורי ארץ. משמעות הדבר היא שהאנושות צורכת את המשאבים שמספקת המערכת האקולוגית בקצב העולה על התחדשותם, וברור שללא שינוי – קיומם של הדורות הבאים מצוי בסכנה. מה שיכול אולי לשנות את המצב הזה הוא שינוי באורח החיים וחתימה על קיימות.

קיימות היא היכולת של המערכות האקולוגיות והמשאבים התומכים בקיום האדם להתקיים לאורך זמן, ויכולת זאת תושג על ידי פיתוח בר-קיימה שמבוסס על צמצום צריכת המשאבים מן הטבע, הגברה של החזרת משאבים אל הטבע וצמצום הפגיעה בסביבה.

חמשת ה-R הם חמישה עקרונות שיכולים לסייע בניהול אורח חיים בר-קיימה:

- REFUSE סירוב
- REDUCE הפחתה
- REUSE שימוש חוזר
- REPAIR תיקון
- RECYCLE מיחזור

מה אפשר לעשות?		
לדלול משאבי הטבע	זיהום האוויר, מקורות המים והקרקע והצטברות פסולת	התחממות כדור הארץ
• שמורות טבע ומסדרונות אקולוגיים • מניעת פלישת מינים • חיסכון במים • ומיחזור מים	• הפחת צריכה • מיחזור ושימוש חוזר • הדברה ביולוגית במקום כימית • שימוש בקומפוסט במקום דשנים	• מעבר לשימוש באנרגיות מתחדשות (כמו שמש וביו-דלק) במקום נפט וגז. • שינוי אורח חיים, הפחתת פליטת CO₂

ונסיים בשתי ציטטות שמטיבות לבטא את האחריות הכבירה המוטלת עלינו – שמירה על כדור הארץ למען הדורות הבאים:

"אנחנו הדור הראשון שיש בידיו הכלים להבין את השינויים שפעולות האדם מחוללות בכדור הארץ, והדור האחרון שיש לו עדיין הזדמנות להשפיע על המהלך המואץ של רבים מהשינויים האלה". פיטר ויטוסק (אקולוג)

"בשעה שברא הקדוש ברוך הוא את אדם הראשון, נטלו והחזירו על כל אילני גן עדן, ואמר לו: ראה מעשיי כמה נאים ומשובחים הם. וכל מה שבראתי, בשבילך בראתי. תן דעתך שלא תקלקל ותחריב את עולמי, שאם קלקלת, אין מי שיתקן אחריך." (קהלת, מדרש רבא).

