

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 הוא 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 וחיבובתה

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 ישרדו 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 המיוזה**. לדוגמה, באדם יש 10^{600} אפשרויות של צירופי גנים בין תאי הרבייה של אותו האדם.

השונות באוכלוסייה יכולה להיות מושפעת גם מאירועים אקראיים

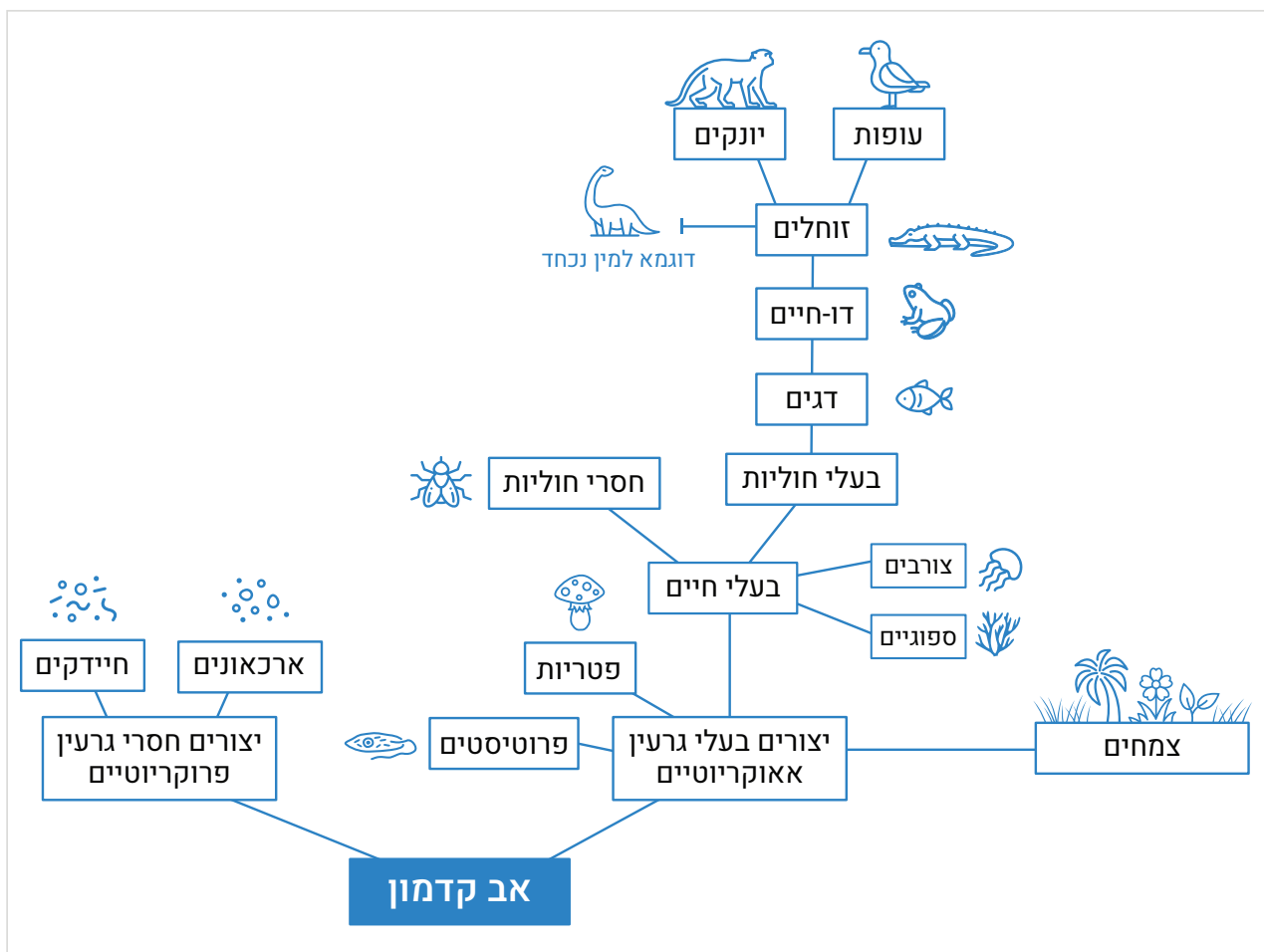
שכיחות של תכונות מסוימות באוכלוסייה אינה מושפעת רק מתהליך הברירה הטבעית, אלא גם מאירועים אקראיים שמתקיימים במקביל לתהליכי ברירה טבעית. אירועים אלה יכולים לגרום לעלייה בשכיחותן של תכונות שלא דווקא מקנות התאמה טובה יותר לסביבה. אירועים אקראיים (כגון שריפה או התפרצות של הר געש) יכולים לגרום להכחדה של חלק מהאוכלוסייה, ושכיחות צירופי הגנים באוכלוסייה הנוותרת 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.

