

## אבולוציה אינסטנט עמינדב ברנשטין<sup>1</sup>



### מגוון ויקטוריה

מחזה דגים מרהיב. הזכר המקושט מכין קן: גומה פשוטה בקרקעית האגם. בעונה זאת הצבע והקישוטים של הזכר נעשים בולטים, בניגוד לנקבה שהיא כרגיל בעלת צבע וקישוט דהויים. הזכר מגן על הטריטוריה שלו מסביב לקן, בפני זכרים זרים. כאשר מתקרבת נקבה מלאת ביצים, הזכר מתחיל בטקס החיזור המתבטא בתנועות שונות ומשונות, מפנה את הנקבה אל הקן ונוגע בה באזור פתח הרבייה. אז הנקבה מטילה כמה ביצים, הזכר ממחרר להתיז עליהם את תאי הזרע, והנקבה מכניסה את המופרות אל תוך פיה. התהליך כולו יכול לחזור על עצמו עם אותו זוג, או עם זכר אחר. בכל מקרה, המגע עם הזכר הוא קצר, ולבסוף הנקבה נשארת לבדה עם ביצים מופרות בפה. כעבור זמן מה, מהביצים בוקעים דגיגים היוצאים החוצה בכדי לאכול. אבל, בשעת סכנה, הם שוב נכנסים אל פיה פנימה.

בטבע, הנקבות מכל מין מזהות חזותית את הזכרים מאותו מין, והן לא מוכנות כרגיל לקבל זכרים אחרים. הזיהוי החזותי תלוי במידת שקיפות המים: סביר כי במקומות בהם המים נעשו עכורים, כתוצאה מזיהום למשל, יקשה על הנקבה לזהות את הזכר המתאים. ניסוי מעבדה איששו סברה זאת. מלבד זאת, הצליחו במעבדה לזווג בין מינים שונים: בני הכלאים הם תקינים ופריים. המשמעות היא שאצל מינים מסוימים של דגים קיים מחסום רבייה קדם-זיגוטי – שאינו מאפשר הפרייה, אך לא אחר-זיגוטי.

התיאור לעיל מתאים כללית למאות מינים אנדמיים מהסוג **אמנונית** (Haplochromis) החיים באגם ויקטוריה, באפריקה. כדאי לדעת שהמיון של דגים אלה אינו לגמרי ברור, ויש מי שמחלק את הסוג Haplochromis לכמה וכמה סוגים נפרדים. באגמים האחרים במזרח אפריקה מצויים לרוב סוגים ומינים שונים ממשפחת הציקלידים<sup>2</sup> (Cichlidae = אמנוניים) (אני מצדיף להשתמש במונח ציקלידים, כדי לא להתבלבל עם השם אמנוניות).

בסביבות הכנרת ובעמק הירדן, חי מין אנדמי אחד של אמנונית: **אמנונית יוסף** (Haplochromis josephi-flavii).

### גילו של אגם ויקטוריה

בבדיקות גיאולוגיות שנערכו לא מזמן, התברר כי אגם ויקטוריה נוצר לפני כ- 750,000 שנים. מחקרים חדשים מצביעים על כך שהאגם התייבש כליל לפני כ- 12,500 שנים, ולאחר מכן התמלא שנית. אין בטחון שההתייבשות הייתה שלמה, ויתכן שנתרו כמה בריכות עם דגים בתוכן. בדיקות גנטיות של אמנוניות בויקטוריה, הצביעו על כך שמוצאן הוא דווקא מלפני כמה מאות אלפי שנים . . .

### תפוצת המינים בתוך האגם

באגם ויקטוריה, כל מין של אמנונית קשור לרוב לתת-בית-גידול מסוים. יש השוכנים מעל לקרקעית חולית, אחרים מעל לקרקעית בוצית או סלעית. מינים רבים חיים כל הזמן במים פתוחים ולעתים קיימת ביניהם גם שכבתיות ברורה לפי העומק. הנאמנות לבית-הגידול היא בדרך כלל ניכרת, והגיוון מדהים: בקטע אחד בדרום האגם, שכל שטחו 45 קמ"ר, נמצאו למשל כ- 200 מיני אמנוניות.

<sup>1</sup> עמינדב ברנשטין, מורה בגמלאות [nadavami@netvision.net.il](mailto:nadavami@netvision.net.il)

<sup>2</sup> תמונות מרהיבות של ציקלידים מופיעות במאמר:

Stiassny M. L. J., Meyer A. (1999) – Cichlids of the Rift Lakes – Scientific American 280(2), 64-69

## תזונה

הציקלידים של אגם ויקטוריה, שרובם ככולם אנדמיים, הם קבוצה מגוונת ביותר מבחינת סוג המזון והדרך להשיגו. גיוון זה משתקף במבנה הלסתות שלהם. הם בעלי שתי מערכות נפרדות של לסתות עם שיניים: מערכת קדמית בפה עצמו, ומערכת אחורית בלוע. שילוב שתי המערכות, תוך שינויים לא גדולים בכל אחת מהן, מאפשר התאמה לכמעט כל סוגי המזון. לדוגמה:

1. מגרדי אצות הצומחות על סלעים או על צמחים טבולים.
2. אוכלי פיטופלנקטון תוך סינון המים. סביר כי הצעירים של רוב המינים האחרים ניזונים בדרך זאת.
3. נוגסי עלים של צמחים טבולים.
4. אוכלי שאריות (דטריטוס) הנאספות מהקרקעית הבוצית.
5. מפצחי חלזונות תוך שימוש בלסתות הלוע הפועלות כמו מפצחי אגוזים.
6. קולפי חלזונות המשתמשים דווקא בלסתות הפה כדי לשלוף את החילזון מתוך הקונכייה.
7. אוכלי זואופלנקטון תוך שאיבה וסינון המים.
8. אוכלי חרקים על-ידי סינון בוץ ומציצה מתוך המצע הסלעי.
9. טורפי חסילונים הנמצאים מעל לבוץ הקרקעית.
10. טורפי דגים - מהווים 40% בערך ממיני האמנוניות באגם ויקטוריה.
11. נקאים, הניזונים מטפילים חיצוניים של דגים אחרים.
12. פדופאגים ("אוכלי ילדים") - ראו בהמשך.
13. תולשי קשקשים - ראו בהמשך.

נייחד כאן את הדיבור על שתיים מצורות התזונה המיוחדות:

פדופאגים - בקיבותיהם של מינים רבים באגם ויקטוריה נתגלו ביצים, עוברים או פגיות של דגים אחרים. נזכר כי שם כל האמנוניות הן דוגרות-פה. "אוכלי ילדים", המצויים באגמים האחרים, נחקרו היטב. השיטות להשגת מזון כזה הן מגוונות. לרוב הטורף מכה בנקבה "הרה" כך שזאת פולטת את תוכן פיה, הנאכל מיד. אבל ישנם גם כאלה המוצצים את טרפם הישר מתוך פי הדוגרת!

תולשי קשקשים - באגם ויקטוריה נתגלה מין אחד הניזון מקשקשים הנתלשים מעורם של דגים אחרים. התולש מזנק מאחור אל הקורבן ומגרד קשקשים מאזור הזנב שלו. שיטת תזונה זאת היא מיוחדת בכך שהפגיעה ב"טרף" היא די מצומצמת, היות והקשקשים מתחדשים במהרה. באגם טנגנייקה חיים כמה מינים של תולשי קשקשים. המיוחד בהם הוא במבנה האסימטרי של הפה. אצל כמחצית מהפרטים של בני מין מסוים הפה מופנה ימינה, ואצל המחצית השנייה הפה מופנה שמאלה. הראשונים תולשים קשקשים מצידו השמאלי של הטרף, האחרים מצידו הימני!

מגוון המזון והדרכים להשגתו, מתבטאים כמובן בהבדלים בין המינים השונים - בעיקר במבנה הפה, הלסתות והשיניים, ובצורת הגוף. יחד עם זאת, המינים דומים האחד לשני, וההבדלים הם לעתים די קטנים. כדאי לציין כי ישנה גם גמישות בהרגלי התזונה, כך שדגים מסוגלים לעתים לשנות את התפריט לפי הנסיבות.

## המגוון הביולוגי

עד לפני כמה עשרות שנים, היה באגם ויקטוריה - גדול האגמים הטרופיים של מים מתוקים - מגוון ביולוגי יוצא דופן, שכלל לא רק אין ספור דגים אנדמיים למיניהם, כי אם גם רכיכות, סרטנים, חרקים, תולעים, אצות ועוד ועוד. כיום, חלק מהמגוון נפגע מפעילות האדם, שהכניס למשל לאגם את הדג הענק נסיכת הנילוס (*Lates niloticus*), שבשרו נמכר גם אצלנו בישראל. נסיכה זאת היא טורפת רצינית, הניזונה מלא מעט ציקלידים. מלבד זאת, מי האגם מזדהמים מהביוב המוזרם אל תוכו, ונעשים עכורים ודלי חמצן בשכבות העמוקות. למרות זאת, נותר באגם המיוחד הזה חלק, אולי לא מבוטל, מהעושר המקורי.

## מוצא האמנויות באגם ויקטוריה

בשנים האחרונות נערכו בדיקות מולקולאריות רבות כדי לבחון את הקרבה הגנטית בין מיני האמנויות השונים, ואת הפילוגנזה שלהם.

מתברר כי ההבדלים הגנטיים שנתגלו בין המינים השונים הם מזעריים, ואינם משקפים נאמנה את ההבדלים המורפולוגיים והבדלי התזונה למשל.

הבדיקות הפילוגנטיות הראשונות, המורפולוגיות והגנטיות, הצביעו על כך כי אמנויות אגם ויקטוריה הן קבוצה מונופילטית - הכוללת את כל צאצאיו של מין קדום יחיד. המשמעות היא שאל האגם הגיע מין אחד שהתפצל במרוצת הזמן למינים הנפרדים הרבים. בבדיקות חדישות יותר של DNA מיטוכונדריאלי ונוקליארי, התעורר ספק מסוים לגבי מצב זה: יתכן כי אל האגם הגיעו כמה מינים, מהם נבע המגוון הקיים היום.

## האומנם אבולוציה אינסטנט?

ישנה סתירה בין לוח הזמנים הגיאולוגי, המדבר על אגם שנתמלא לאחרונה רק לפני כ-12,500 שנה, לבין האילן הפילוגנטי המולקולארי, לפיו ההתפצלות החלה כנראה לפני כמה מאות אלפי שנים.

אם אגם ויקטוריה באמת התייבש לחלוטין לפני 12,500 שנה, ואם אל מימיו המחודשים הגיע רק מין אחד של אמנויות שהתפצל למאות מינים נפרדים החיים שם כיום - הרי לפנינו קצב ספציאציה מהיר ללא תקדים. מדהים עוד יותר המצב באגם הקטן נבוגאבו (Nabugabo), המופרד מאגם ויקטוריה רק על-יד שרטון חול. הגיל המשוער של אגם נבוגאבו הוא פחות מ-4,000 שנה, ובכל זאת הוא מכיל חמש אוכלוסיות אנדמיות של אמנויות, הקרובות אמנם למינים החיים בויקטוריה, אך נבדלות מהם בין היתר בצבעי הרבייה של הזכרים. האם אלה חמישה מינים נפרדים או בדרך להפרדה? כך או כך, זהו קצב אבולוציוני מסחרר.

לאחרונה פורסם ממצא לפיו לפני זמן גיאולוגי לא רב, היה קיים בדרומה של אפריקה אגם רחב ידיים, שהתייבש לגמרי. סברה היא שהדגים של אגם קדום זה אכלסו את האגמים בני ימינו.

בכל מקרה, גם אם כל מאות המינים של אמנויות החיים כיום באגם ויקטוריה נוצרו במרוצת כמה מאות אלפי שנים "בלבד", מדובר על ספציאציה מהירה ביותר.

## אלופטריה, פאראפטריה ו/או סימפטריה<sup>3</sup>?

עובדת מציאותם של מינים רבים של אמנויות באגם ויקטוריה, שאולי השתלשלו אבולוציונית ממקור משותף בעבר הקרוב או הרחוק - מעוררת שאלה על מנגנון הספציאציה הזאת.

נתאר תחילה תסריט בו אוכלוסיית המוצא התפצלה לקבוצות מנותקות לגמרי, מה שלא אפשר מעבר גנים. הפיצול נבע, למשל, מיצירת מקווי מים נפרדים עקב ירידה ניכרת במפלס המים באגם הגדול. במרוצת הזמן חלו בכל קבוצה שינויים גנטיים, כתוצאה ממוטציות ואפיומוטציות, מברירה טבעית ו/או מסחיפה גנטית. יתכן גם שקבוצה קטנה זאת או אחרת לא כללה מראש, לגמרי במקרה, הרכבים גנטיים מסוימים (אפקט המייסד). השינויים לא היו בהכרח זהים בכל קבוצה וקבוצה: עם הזמן הקבוצות נבדלו ביניהן באקולוגיה, במורפולוגיה, ברבייה - ובגנטיקה כמובן.

כאשר האגם התמלא שנית, נוצר קשר בין מקווי המים הנפרדים, והקבוצות באו במגע ביניהן. אך, ההבדלים בין הקבוצות, בעיקר בתחום הזיווג (צבע הזכרים, למשל), מנעו חילופי גנים: כל קבוצה היוותה אוכלוסייה מבודדת גנטית. מחסומי רבייה כאלה הם בעיקר קדם-זיגוטיים, כפי שצוין לעיל. תסריט כזה הוא תהליך של **אלופטריה**.

<sup>3</sup> אלופטריה - ספציאציה בשטחים נפרדים, כאשר המחסום הרבייתי הוא פיזי.  
 פאראפטריה - ספציאציה בשוליים של השטח המקורי, כאשר המחסום הפיזי הוא חלקי.  
 סימפטריה - ספציאציה באותו שטח עצמו, ללא מחסום פיזי.

אבל, גם שינויים לא גדולים במפלס, יוצרים בשולי האגם מקווי מים נפרדים חלקית, כדוגמת המצב באגם השולי נבוגאבו. במקרים כאלה, יכולות להתפתח אבולוציונית אוכלוסיות שונות; וכאשר המפלס עולה שוב, קיים כבר קושי בזיווג, שילך ויגבר עם הזמן. זהו תהליך של פאראפטריה.

ישנם תסריטים משוערים שאינם גורסים הפרדה פיזית מלאה או חלקית בין אוכלוסיות. נהפוך הוא, לפיהם מחסום הרבייה נוצר כאשר ישנו דווקא מגע בין האוכלוסיות, המאפשר לכאורה חילופי גנים. היתרון של תסריטים אלה הוא בכך שאין לפיהם צורך להניח, למשל, יצירת מקווי מים נפרדים תוך התייבשות – הספציאציה אמורה להתרחש באגם רצוף. באפריקה ישנם למשל כמה אגמים קטנים הממוקמים בתוך לועי געש כבויים. באגמי לוע כאלה חיים מינים אנדמיים של דגים, להם מוצא פילוגנטי יחיד. לפי מבנה האגם, אין כל אפשרות שהייתה אי-פעם הפרדה פיזית בין תת-האוכלוסיות, על-כן אין ספק שהתרחשה כאן ספציאציה סימפטריה. הקושי הוא, כאמור, בתהליך המשוער, היוצר הפרדה גנטית ללא הפרדה פיזית. חוקרים לא מעטים מפקפקים בקיומו; אך בזמן האחרון פורסמו מספר מודלים לפיהם מנגנון כזה אפשרי בנסיבות מסוימות.

יש השמים דגש על ההתמחות האקולוגית של קבוצות מסוימות, מבחינת המזון, אזור המחיה, אתר הרבייה וכו'. נזכור כי אצל האמנוניות הצאצאים הצעירים צמודים אל האם, ובהתבגרותם הם נוטים להישאר באותו אזור, לאכול אותו מזון, להשתמש באותם אתרי רבייה וכו'. מצב כזה מקטין את הסיכוי לזיווג בין קבוצות התופסות גומחות אקולוגיות שונות. הקושי בתסריט כזה הוא בכך שהוא לא מסביר את יצירת מחסום הרבייה הקדם-זיגוטי - הצבע והתנהגות המיוחדים של הזכרים למשל.

באגם ויקטוריה ישנם קטעים עם קרקעית סלעית, ואחרים עם קרקעית חולית. קטעים אלה מאוכלסים במינים שונים – הנבדלים לא רק בבחירת הסביבה והמזון, למשל, כי אם גם בצבע, בעיקר של הזכרים. נוכל לתאר מצב בו אוכלוסיית דגים קטנה ופחות או יותר אחידה הגיעה אל האגם, חלק ממנה התיישב בקטע סלעי, וחלק אחר בחולי. כאן עשוי להתרחש "אפקט המייסד", שביא לכך שכבר מראש תת-אוכלוסיות אלה יהיו קצת שונות גנטית. התנאים השונים (כמו מצע הקן והמזון) יפעילו ברירה טבעית, שתגרום להבדלים נוספים בין תת-האוכלוסיות, הפעם הבדלים בהתאמות. הזיווג בין שתי תת-האוכלוסיות אפשרי, אך הוא יוליד אולי בני כלאיים שאינם מתאימים לא לאן ולא לשם. תופעה זאת יכולה להביא ליצירת מחסום קדם זיגוטי, המבוסס על הבדלי צבע והתנהגות הזכרים למשל. הברירה הזוויגית תלך ותחדד הבדלים אלה. תסריט כזה, אם הוא באמת קיים במציאות, עשוי להסביר ספציאציה סימפטריה.

המצב כיום באגם, שבטבע אין כמעט זיווגים בין המינים, אך במעבדה הזיווגים אפשריים והצאצאים תקינים – איננו מאפשר בחירה של אחד מבין שלושת התסריטים לעיל; יתכן מאד ששלושת אלה התרחשו במועדים ו/או בתנאים שונים.

קיימת כמובן גם האפשרות כי הספציאציה חלה מחוץ לאגם ויקטוריה, באגמים ונהרות שכנים - אך עובדה היא שבמקווי מים אלה לא נמצאו עד היום מינים שהם קרובים לאלה שבאגם ויקטוריה.

תופעה מעניינת נתגלתה אצל אחד ממיני הציקלידים מאמריקה המרכזית. בניסוי שנעשה באקווריום, חילקו דגים מאותה תטולה לשתי קבוצות, שכל אחת מהן קבלה מזון אחר. השוני במזון כלל גם שוני בדרך השגתו. עם התבגרותם, נתגלו הבדלים בולטים בצורת הראש בין דגי שתי הקבוצות, הדומים להבדלים הקיימים בין שני מינים שונים בטבע. יתר על כן, התברר כי מתן מזון זהה לשתי הקבוצות הבוגרות, הביאה לשינוי בכיוון ההפוך: צורת הראש נעשתה דווקא דומה בשתי הקבוצות. פירוש הדבר כי אותו רקע גנטי יכול להביא להתפתחות אברים בעלי צורה שונה, לפי נסיבות חיצוניות המביאות אותם לתפקד בדרך זאת או אחרת. לא ידוע האם תופעה כזאת קיימת גם אצל מיני דגים אחרים, אך היא בהחלט מעוררת תהיות לגבי הדרך בה פועלת האבולוציה. יש לקחת בחשבון גם תהליכים אפיגנטיים אפשריים!

חוקרת דגים בשם מלאני סטיאסני (Melanie Stiassny) הציעה הסבר מיוחד לתהליך "אבולוציה אינסטנט". לפי הסבר זה, לאוכלוסייה שהגיעה אל אגם ויקטוריה כבר היה מראש מגוון גנטי (מוסתר בחלקו) המאפשר

הסתגלות לתנאי מחייה שונים. בסביבה החדשה, הדגים התפצלו לפי סוג המזון הנגיש להם, למשל, והפנוטיפ שלהם (ו/או של צאצאיהם) השתנה בהתאם לכך, על בסיס המידע הגנטי שהיה כבר קיים אצלם. תהליך כזה מכונה taxic atavism. הדוגמה של שינויים בצורת הראש, לפי דרכי התזונה, שתוארה לעיל מחזקת את האפשרות שאמנם תהליך כזה יכול להתקיים בטבע, ולהוות בסיס לאבולוציה "בן רגע"...

### ספציאציה תת-קרקעית

בזמן שהגרמנים הפציצו ללא הרף את לונדון, במלחמת העולם השנייה, התושבים מצאו מקלט בטוח במנהרות הרכבת התחתית. אבל משהו אחר הטריד אותם שם: יתושות עוקצניות! עד היום הן ממשיכות מדי פעם להתנפל על עובדי London Underground האגדי.

החרקים הללו נראים בדיוק כמו בני **כולכית מצויה** (*Culex pipiens*), החיים בשטחים פתוחים בלונדון וברחבי העולם (כולל בישראל). מתקבל על הדעת שהאוכלוסייה השוכנת במנהרות, מקורה בזאת שמלמעלה.

למרות הדמיון הגופני המלא, שתי האוכלוסיות הן שונות בכמה היבטים אחרים. היתושות של הרכבת התחתית מעדיפות למצוץ מדמם של בני אדם ויונקים אחרים – כגון חולדות. שם למעלה, העופות הם המועדפים. האוכלוסייה התת-קרקעית מתרבה במשך כל עונות השנה, והנקבות אינן חייבות למצוץ דם לפני ההטלה. האוכלוסייה שממעל נכנסת לתרדמת חורף והנקבות זקוקות למנת דם לפני ההטלה.

הבדלים אלה, ואחרים, הביאו לכך שחוקרים מסוימים סיווגו את היתושים התת-קרקעיים כמין נפרד, בשם **כולכית טרדנית** (*Culex molestus*)<sup>4</sup>. ישנם כאלה הסבורים כי מדובר רק בתת-מין.

כדי לברר מה הקשר בין שתי האוכלוסיות, נערכו כמה בדיקות שכללו, בין היתר:

(1) ניסיונות זיווג בין האוכלוסיות, ו- (2) המרחק הגנטי ביניהן.

תוצאות הבדיקות היו:

1. ניסיונות הזיווג נכשלו לגמרי.

2. תוך השוואת ההרכב הגנטי בין שתי האוכלוסיות, התברר כי הן שונות באופן מובהק ( $p < 0.00001$ ).

עקרונית, ישנם שני הסברים אפשריים בנוגע למוצא האוכלוסייה התת-קרקעית:

א. ישנו דמיון בין היתושים שבמנהרות הרכבת התחתית בלונדון, לבין אוכלוסיות רחוקות, מסביב לים התיכון למשל. על כן, קיימת האפשרות שיתושי התחתית באו מרחוק. זה לא כל כך מתקבל על הדעת, למרות שדמיון כזה דורש הסבר סביר.

ב. לפי תוצאות השוואה הגנטית, יתכן כי כאשר החלו לחפור את המנהרות, לפני כמאה שנים, יתושים מאוכלוסייה עליונה חדרו פנימה, ויסדו את האוכלוסייה התת-קרקעית. הבידוד בין האוכלוסיות, הביא לשינויים הפיזיולוגיים, ההתנהגותיים והגנטיים ביניהן – מבלי ממש לשנות את המורפולוגיה.

אם גרסה (ב) היא הנכונה, הרי לפנינו מקרה מיוחד של "אבולוציה אינסטנט": תוך מאה שנים נוצר מין (או תת-מין) חדש, בתהליך של אלופטריה.

### כפל כפליים

בסוף המאה ה-19, נתגלה באירופה מין חדש של צמח מהסוג **ספרטינה** (*Spartina*), ממשפחת הדגניים. צמחים מהסוג הזה חיים בשטחים מלוחים קרוב לשפת הים. הם רב-שנתיים, בעלי קנה שורש, המתרבים גם ווגטיבית.

המין החדש, שכונה *Spartina anglica*, נוצר בתהליך מעניין ביותר, בשני שלבים. קודם כל, הייתה הכלאה בין שני מינים מאותו סוג: *S. maritima* x *S. alterniflora*. מהכלאה זאת נתקבל המין הקרוי *S. townsendi*, שהוא עקר זוויגית. אבל, בהמשך הזמן התרחשה הכפלה פוליפלואידית (*polyploidy*) של מערכת הכרומוסומים

<sup>4</sup> השם הלטיני *C. molestus* ניתן כבר מזמן ליתושים אוסטרליים, השונים מאלה שבלונדון. על-כן, יש סיכוי של בלבול ביניהם. בכל מקרה, המחקרים והמסקנות הנ"ל מתייחסות ליתושי לונדון בלבד.

השלמה שלו, וכך נוצר המין *S. anglica* הפורה. העקרות של *S. tosendi* נובעת מכך שכרומסום שמקורו במין אחד, אינו "מסתדר" במיזזה עם כרומסום מהמין השני. אבל, הכפלת המערכת כולה, יוצרת זוגות של כרומסומים הומולוגיים, המאפשרים ביצוע מיזזה תקינה. לעומת זה, לא מתאפשרת הכלאה בין *S. anglica* לבין האחרים מאותו סוג, כך שהוא הוגדר כמין נפרד, מצליח מאד, המתפשט במהירות ודוחק אחרים. זאת דוגמה של אבולוציה סימפטריית (המתבצעת ללא הפרדה פיזית), שהתרחשה במשך שנים מעטות: אבולוציה בן רגע!

תופעת הפוליפלואידיה היא נפוצה בצמחים, אך נדירה למדי בבעלי חיים. נזכור בכל זאת שקיימים תהליכים של הכפלת גנים, בנפרד מהכפלת כרומסומים: הגנום של רוב היצורים החיים גדוש בגנים מוכפלים – הכלולים במה שנקרא "ג'אנק-דנ"א". גנים כאלה יכולים לעבור מיני מוטציות, מבלי לפגוע ביצור עצמו. לעת הצורך, הברירה הטבעית עשויה לנצל "רזרבה" כזאת, להתפתחות אבולוציונית מהירה!

כאשר בוחנים תהליכי אבולוציה, כמו אלה המוצגים לעיל, שאלה מרכזית היא מהם השינויים, עליהם יכולה לפעול הברירה הטבעית: בלי שינויים כאלו, לברירה הטבעית אין חומר גלם. השינויים יכולים להיות: מוטציות, אפימוטציות, הכפלת גנים, הכפלת כרומסומים, העברה והעתקה של קטעי דנ"א ממקום למקום, העברה גנטית אופקית בין אורגניזם למשנהו, הפעלה ואי-הפעלה של מידע גנטי קיים וכן הלאה. יש עוד הרבה מה לחקור. . .