

# יחסי פרחים-חרקים – דוגמא יוצאת דופן ליחסי טורף-נטרף

## דן איזיקוביץ

אחד מכללי היסוד החשובים לאלה העוסקים ביחסי גומלין בין פרחים לחרקים מבוסס על ההנחה כי מטרת החרקים הבאים אל פרחים איננה להאביק או לבצע "שרות" כל שהוא לפרח אלא לספק את צרכיהם הביולוגיים הבסיסיים. בד"כ זהו סיפוק מזוני המהווה מקור אנרגיה לחרק, מזון לאגירה או הזנה של זחלים.

ואילו הפרח מנצל את צרכיו של המאביק על-ידי מיקום אבריו הרפרודוקטיביים באיזורים מוגדרים בפרח, באופן כזה שביקור בפרח יגרור אחריו האבקה. יחסי הגומלין בין פרחים לחרקים אינם יחסים אלטרואיסטיים, אלא יחסים של "תן וקח". הפרחים של ימינו משוכללים להפליא, מראים על תיאומים מורפולוגיים ופיסיולוגיים מדויקים בתכלית, ומדגימים קשרים של אינפורמציה הדדית ולמרות שכל אחד ממרכיבי מערכת הדוקה זו עבר סלקציה כמין עצמאי, לפחות חלק מן המערכת הסלקציונית היוו הפרחים עבור החרקים והחרקים עבור הפרחים.

כיצד התפתחה מערכת זו של קשרים? כיצד ניתן להסביר את לחצי הברירה וכיווני הסלקציה, מטרת רשימה זו היא להצביע על הקשר הראשוני בין הפרחים לחרקים, ולנסות להסביר את כיוון השתכללותו לפרח של ימינו.

### כיצד נראו הפרחים הראשונים?

על מנת להבין את דרך ההיווצרות וכיוון התפתחות הפרח הזואופילי (המואבק על-ידי בעלי-חיים) יש להעמיק בשכבות המאובנות של כדור הארץ ולנסות ולשחזר את חלקי הפרחים הקדומים שנמצאו ועל פיהם לנסות ולבנות את מודל הקשר האפשרי בין הפרחים לחרקים. ואמנם, על פי דפוסי עלים, חלקי פרח, גרגירי אבקה ושרידי שחלות וביציות, ניתן לשחזר, ולו בצורה גסה, את המבנה הבסיסי של הפרחים הראשונים.

כיום מקובל להניח שאת הפרחים הראשונים ניתן לזהות בתוך סדרת הבנטיטאים (Bennetiales) שהיתה נפוצה מאוד בתקופת המזוזואיקון (לפני כ-200 מליון שנה). בפרחים של סוג מסדרה זו, ציקדואידאה (Cycadoidea), היתה תושבת דמוית חרוט עליה עוקצים נושאי ביציות עטויות אינטגומנטים. הביצית היתה בעלת פומה שדרכה נעשתה הפריית תא הביצה.



"פרח" של ציקדואידאה Cycadoidea (בנטיטיים). העלים המנוצים נושאים מאבקים, הביציות שקועות במצעית החרוטית.

סמוך לביציות אלו נשאו מיקרומינבגים בתוכם נבגים ששימשו להאבקת הביציות. מסביב לתושבת היו עלים מנוצים ערוכים בסדר ספיראלי, מבחינה חיצונית לא היה כל דמיון בין "פרח" זה לפרח של ימינו.

יש לזכור כי באותה תקופה בה גדלו הציקדואידיאות כבר שלטו רוב קבוצות החרקים, ויש להניח כי הפרחים, כשאר חלקי הצמח, היוו אתגר מזוני חשוב לחרקים רבים, ובמיוחד לחיפושיות המצויידות בגפי פה לועסות ומסוגלות לכרסם את רוב החלקים המגולים בצמח. יש לזכור כי המיקרומינבגים (האבקנים) וכן הביציות היוו, ללא ספק, מטרה חשובה לחרקים בהיותם עשירים במזון מרוכז, הן של חלבוניים רבים, סוכרים, והן של חומצות אמיניות. יחד עם זאת מניחים כי אגב אכילת חלקי הפרח שמשו טורפי פרחים סוכנים שהעבירו באקראי גרגרי אבקה אל הביציות, ובדרך זו התרחשה האבקה. זוהי, איפוא, כנראה, תחילת הפרח הזואופילי; טריפה של פרחים, גרימת

נזק יחד עם העברת אבקה, ותיפקוד חיובי לצמח הנטרף. זוהי, אם כן, סתירה שפתרונה, כך אנו מניחים, סלל את המסלול אל הפרח של ימינו.

### פרחים ויחסי טורף-נטרף

במושג הטריפה נכללו הגדרות רבות, ויש לברר האם להכליל את הפרח בתוך הגדרת מושג הטריפה ואם יש להכניס את קטגוריית החרקים והפרחים בתחום יחסי טורף נטרף. נבחן, איפוא, מספר הגדרות קלאסיות ונראה אם אמנם נכללים החרקים והפרחים בתחום הגדרות זה. Krebs (1972) מגדיר טריפה ככל מצב שבו פרט אחד אוכל פרט אחר, כך שבתחום הגדרה זה נכללים הקרניבוריה, פרזיטיות, קניבלזם, והרביבוריה, כלומר טריפה של צמחים על-ידי בעלי-חיים (רעייה).

Odum (1971) כולל את הטריפה בתוך צורות הסימביוזה. לדעתו זו צורה של יחסי גומלין בין אורגניזמים שונים, כאשר בדרך כלל הטורף גדול מן הנטרף, ותוצאות יחסי הגומלין שליליות מבחינת הנטרף.

Raven & Curtis (1970) מונים את רעיית הצמחים כצורה של טריפה.

על פי ההגדרות הנ"ל נראה, איפוא, כי יחסי הגומלין בין הציקדואידאה לחיפושיות הם יחסי טורף-נטרף לכל דבר, ואת החיפושיות ניתן להגדיר כרועות על הפרחים. הבעיה המתעוררת, אם כן, היא כיצד מתמודדים הנטרפים עם טורפיהם?

קיימת כמובן אפשרות שבלחץ הטריפה יכחדו הצמחים, והכחדה זו עלולה להביא להשמדת הטורפים או הסטתם למקור מזון אחר. זוהי בודאי דרך שקרתה וקורית רבות ביחסים של טורף ונטרף, אלא שבזאת תם הקשר בין הטורף לנטרף (ראה גם נוי-מאיר, 1983).

קיימת גם אפשרות שבה מפתח הנטרף מערכת או מערכות התגוננות בפני הטורף, אלא שגם כאן, אילו היתה הצלחה מושלמת של התגוננות אשר מונעת כליל את בואו של הנטרף, היה ניתק הקשר בין הטורף לנטרף והצמח היה משתחרר לא רק מטורפו אלא גם ממאביקו.

רק מערכת של התגוננות מפני הטורף אך שמירה על הקשר עמו תביא לידי שכלול יחסי הגומלין ביניהם. מערכת זו ניתן, איפוא, להגדיר כמערכת של מירוצ חימוש, כפי שבוטאה על-ידי Dawkins & Krebs (1979). כל צד מפתח מנגנונים המאפשרים לו להתמודד עם הצד השני. זהו מסלול המביא לידי שכלול מתמיד בין טורף לנטרף, שביטוי מהווה שיווי משקל ותלות הדדית בין טורף לנטרף. כיוון האבולוציה של שיווי המשקל בין הטורף לנטרף היה חייב להיות בכיוון של הקטנת הנזק בטריפת חלקי הפרח. יחד עם זאת, הערך המזוני של הנטרף היה חייב להיות גדול מערך ההשקעה בהשגתו. כלומר, לפרח היה "אינטרס" לרכז את החלקים הנטרפים שיהיו קטנים ככל האפשר יחד עם העשרתם בערך מזוני עבור הטורף.

הקטנת הנזקים לפרח באה לביטוי בכיוון של הסתרת הביציות בשחלה, העמקת השחלות בתוך תושבות הפרחים באמצעות השחלה התחתית (Grant, 1950; Meeuse, 1966). יש לזכור כי כל הצעת מזון המוגשת לבעלי-חיים בעלי גפי פה לוועסות, גורמות תמיד נזק כבד לרקמה הצמחית וחושפת אותו לתקיפה על-ידי מיקרואורגניזמים, ויחד עם זאת לא תמיד מבטיחה האבקה. פרח כזה, הנמצא ביחסי גומלין עם חרקים הלוועסים את מזונם, מוכרח להיות מצוייד בעלי כותרת גדולים, כמות גדולה של ביציות וגרגרי אבקה אשר חלקם בודאי יגיע למעי החרק וילך לאיבוד מבחינת הפרח. זוהי דרך של בזבז משאבי הצמח ומצויה במינים שונים של משפחות הפרגיים, נוריתיים, מגנוליים, ורדניים ועוד משפחות רבות.

בדרך האבקה זו יש יתרון מסויים מכיוון שאין כאן קשר למין או טיפוס מורפולוגי מסויים של מאביקים אלא לקשת רחבה של מאביקים, וקשר כזה בין פרחים למאביקיהם אינו מוגבל לצמח מסויים או לבית-גידול מסויים. הוא נפוץ למדי בבתי-גידול "ממוצעים" מבחינת הדרישות האקולוגיות. פתרון מסויים להקטנת נזקי הפרחים הנאכלים נמצא בכיוון של בניית "גופי פרי" Food bodies בתוך הפרח. אלה הם גושים עשירי מזון על פני עלי הכותרת, המהווים אתגר מזוני מועדף לחרקים, ביחוד חיפושיות הידועות על הפרחים.

הצמח *Calycanthus* השייך לסדרת המגנוליים מבוקר על-ידי חיפושיות מסוג *Colopterus*. חיפושיות אלו מתרכזות על "גופי הפרי" ואגב אכילתם מתבצעת ההאבקה (Baker, 1963). במיני כסיה (*Cassia*) מסויימים, בין האבקנים מצויים גופי מזון מעובים המושכים אליהם מאביקים ותוך כדי חיפוש ואכילה מתחוללת האבקה. אך יש לזכור כי למרות "שיטת" גופי המזון המגדילה את סיכויי ההאבקה, הרי כל בעל חיים הלוועס חלקי פרח גורם נזק ברמה מסויימת, ואילו ההאבקה לא תמיד מובטחת.

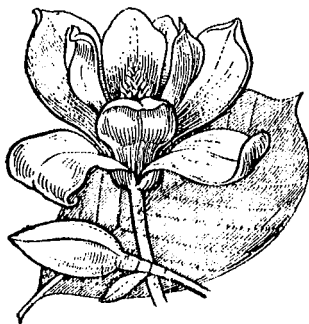
"תשובת" פרח מכרעת ללחץ הטורפים הופיעה בצורת החלפת המזון המוצק למזון נוזלי. מזון זה - הצוף - למעשה איננו חדש בצמח, היות והינו מופרש בחלקים שונים של הצמח על גבי ענפים, עלים וקליפות שונים, ושימש ללא ספק כמקור לחרקים טורפים, אלא כאשר נוצר מצב שבו לצוף בפרח היה יתרון אדפטיבי מבחינת ההאבקה, הואץ ללא ספק תהליך זה על-ידי סלקציה חריפה "לטובת" הפרחים בעלי הצוף. הודות למחקריהם הפוריים של הזוג Baker מקליפורניה, ברור לנו כיום שצוף הפרחים אינו "משקה קל" כפי שנחשב עד לפני זמן לא רב, אלא מרק עשיר בתרכובות מזון רבות כמו סוכרים, חומצות אמינו, ויטמינים, חומרי ריח שונים ובמקרים מסויימים אפילו בחלבונים. יתרונו של הצוף, איפוא, בבחירת טורפים בעלי גפי פה פחות מזיקות. גפי פה לוקקות מוצצות אינן פוגעות ברקמת הצמח, ופרח ש"נטרף" אינו מושאר פגוע ברקמותיו.

אל מערך יחסי הגומלין בין החרקים לפרחים מצטרפים, איפוא, דבורים, פרפרים, עשים, רפרפים ומאוחר יותר בעלי חוליות. כמובן ש"הצטרפות" זו נעשתה בצורה של חדירה הדרגתית למערכת יחסי הגומלין, תוך כדי עליות ומורדות ביחסי הגומלין בין הטורף לנטרף.

החרק הולך ומשתכלל מבחינת יכולתו להבחין בחלקי הפרח, בצבעים ובריחות, ואילו הפרח ה"משרד" את תכונותיו המורפולוגיות ומצבו הפיסיולוגי משתנה בכיוון של הצפנת הצוף בפרח בחלקים אותם המאביק יוכל לגלות, אך יחד עם זאת לבצע פעילויות שתגומנה לאבקה.

נקודת הצוף מהווה, איפוא, במקרים רבים מעין מתג הסוגר את המעגל שבין האבקה לצלקת, ומיקום הצוף הופך לאתגר אבולוציוני. ככל שהצוף יהיה חבוי קשה לגלותו והפרח מסתכן באי-ביקור. יחד עם זאת חרק ספציאליסטי מבצע את ה"מיתוג" באופן מדויק ובלעדלי.

ביחסי הגומלין בין הפרחים לחרקים נוצר, איפוא, מצב חריג מבחינת יחסי גומלין בין טורף לנטרף. הנטרף, אשר כרגיל "משתדל" להמנע ממגע עם טורפיו, בנה כאן מערכות עשירות בצבעים, בריחות ובהתנהגות מסובכת המפרסמת את עצמה לטורף. מבחינה הזו קיימת כאן זהות מוחלטת להנחתו של אמוץ זהבי (Zahavi, 1977) הטוען כי יחסי טורף-נטרף הפכו לקשר גומלין בעל תלות הדדית עם תקשורת בין הטורף לנטרף. במקרה שלפנינו יש אינטרס משותף לטורף ולנטרף, אלא שהפרחים דחקו את הטורף ל"נקודת האכלה" מוגדרת בתוך הפרח, נקודה שבה הטורף, תוך כדי מילוי תביעותיו הפיסיולוגיות למזון, יגרור אחריו האבקה וישרת את הנטרף. בעוד ש-Owen (1980) התלבט אם אמנם הטורף מועיל לנטרף, הרי במקרה שלפנינו התשובה חד-משמעית. הטורף לא רק שלא מזיק לפרחים, אלא שבמרבית המקרים הוא תנאי להתרבותם.



מיני מגנוליה

רשימת הספרות

נוי-מאיר, ע., 1983. אוכלי עשב (הרבליוריים) וצמחים: מלחמה והתאמה, רחם, 10, 105-110.

- Baker, H.G., 1963. Evolutionary mechanism in pollination biology. *Science* 139: 877-883.
- Baker, H.G., and I. Baker., 1980. Studies of nectar constitution and pollinator-plant co-evolution. In: *Co-evolution of Animals and Plants*. Edit. L.E. Gilbert and P.H. Raven.
- Brown, W.H., 1938. The bearing of nectaries on the phylogeny of flowering plants. *Proc. Am. Philo. Soc.* 79: 549-570.
- Dawkins, R. and J.R. Krebs, 1979. Arms races between and within species. *Proc. R. Soc. London. B.* 205: 489-511.
- Galil, J., 1973. Topocentric and ethodynamic pollination. From: *Pollination and Dispersal Symposium*.
- Grant, V., 1950. The protection of ovules in flowering plants. *Evolution* 179-201.
- Krebs, C.J., 1972. *Ecology*. Harper and Row, Publishers.
- Leppik. E.E., 1963. Reconstruction of Crataceous Magnolia flowers. From: *Advancing Frontiers of Plant Sciences*, Vol. 4.
- Leppik. E.E., 1975. Morphogenetic stagnation in the evolution of Magnolia flowers. *Phytomorphology* 25: 451-464.
- Meeuse, A.D.F., 1966. *Fundamentals of Phytomorphology*. Ronald Press. N.Y., 231 pp.
- Odum, E.P., 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company.
- Owen, D.F. 1980. How plants may benefit from the animals that eat them. *Oikos* 35: 230-235.
- Raven, P.H. and H. Curtis., 1970. *Biology of Plants*. Worth Publishers.
- Zahavi, A., 1977. Reliability in communication systems and the evolution of altruism. In: *Evolutionary Ecology*. Stonehouse and Perrins eds. Macmillan Press. London.