

## מיון הצמחים בעידן הביולוגיה המולקולארית

עמרם אשל ודרור מלמד

האמרה "משפחה לא בוחרים" מוכרת לכל אחד, אולם בשנים האחרונות נראה שהבוטנאים החליטו להתעלם ממנה ולהעביר צמחים ממשפחה למשפחה, לעתים תוך שינויים ניכרים מהסדר בו היינו מורגלים ואשר הופיע במגדירי הצמחים. עובדה זו מטרידה, מן הסתם, רבים והם שואלים את עצמם מדוע לשנות? מה לא היה בסדר בחלוקה שכולנו הכרנו מזה שנים רבות? להלן יוסברו בקצרה העקרונות שבבסיס המיון של היצורים החיים על פני כדור הארץ והתמורות שחלו בתחום זה, תוך התמקדות במיון הצמחים. לאחר מבוא לעקרונות המיון יובא סדר המיון העדכני, תוך פירוט משפחות הצמחים הנהוגות כיום והשינויים הבולטים שחלו לאחרונה.

"וַיֹּאמֶר אֱלֹהִים: תְּדַשָּׂא הָאָרֶץ דְּשָׂא עֵשֶׂב מְזֵרֵעַ זֶרַע, עֵץ פְּרִי עֹשֶׂה פְּרִי לְמִינֵוּ, אֲשֶׁר זֶרְעוֹ-בוֹ עַל-הָאָרֶץ; וַיְהִי-כֵן. וַתִּוצֵא הָאָרֶץ דְּשָׂא עֵשֶׂב מְזֵרֵעַ זֶרַע לְמִינֵהוּ וְעֵץ עֹשֶׂה-פְּרִי אֲשֶׁר זֶרְעוֹ-בוֹ לְמִינֵהוּ; וַיֵּרָא אֱלֹהִים, כִּי-טוֹב" (בראשית, א', י"א-י"ב)

הפסוקים מספר בראשית, המובאים כאן, מציגים את נקודת המבט של הקדמונים בדבר הצמחים והיצורים החיים בכלל, לפיה כל אחד מהם הוא מין בפני עצמו. כך הכירו אבותינו את החיטה, השעורה, התאנה, הגפן, הרימון וצמחים רבים אחרים וכמובן גם את הארי, הנמר, הדב, הכלב והיונה. הם גם חילקו את הצמחים לפי צורתם - התכונה הנקראת כיום "צורת החיים" - לעץ, שיח ועשב. נוספו גם צורות מיון נוספות לפי השימושים בצמחים - עצי-פרי ועצי-סרק ועוד צורות מיון דומות. כך התייחסו האנשים ליצורים החיים במשך מאות בשנים. השמות העממיים של הצמחים בשפות לועזיות עדיין משמרים זאת.

שיטת המיון המדעי המוכרת לנו כיום נכנסה לשימוש רק במאה ה-18. השיטה הוצעה ע"י חוקר שוודי בשם קרל פון לינה, המוכר גם בשמו הלטיני Carolus Linnæus, שחי בין השנים 1707 - 1778. הוא העלה את הטענה שהיצורים החיים אינם אוסף של מינים שונים, אלא ניתן להבחין בכך שהם ערוכים באופן שיטתי. ספרו החשוב בנושא זה הוא "השיטה של הטבע" (*Systema Naturae*) והמדע שאת יסודותיו הניח נקרא לפיכך מדע הסיסטמטיקה. גדולתו של לינה היא בכך שלמרות שבתקופתו טרם נודעו עקרונות האבולוציה (שהוצעה ע"י דארווין כמאה שנים מאוחר יותר, באמצע המאה ה-19) ואף לא עקרונות התורשה והגנטיקה (שנתגלו ע"י גיאורג מנדל רק בסוף המאה ה-19), העקרונות שהציע תואמים בהחלט את התורות החשובות האלה.

לשיטתו של לינה, ניתן למיין את היצורים החיים לפי יחסי קרבה ביניהם. מינים שלהם תכונות דומות - שייכים לאותו סוג, סוגים שלהם תכונות דומות - שייכים לאותה משפחה, משפחות שלהן תכונות דומות - שייכות לאותה סדרה וכך הלאה, עד לשתי הממלכות הגדולות של עולם החי שהוא הכיר - ממלכת בעלי-החיים וממלכת הצמחים. לפי שיטה זאת ניתן לציין כל מין ומין בשם המורכב משתי מילים: שם הסוג ושם המין. צורת רישום זאת היא חד-ערכית, לכל מין יש שם מיוחד לו, שנקבע ע"י החוקר שתיאר את המין בפעם הראשונה בספרות המדעית ופרט את תכונותיו. לינה הספיק במהלך חייו לתאר ולתת שמות מדעיים לכמה אלפי מינים של צמחים ובעלי-חיים וחוקרים רבים בתקופתו ואחריו, עד ימינו אלה, ממשיכים לגלות מינים חדשים למדע, לתאר אותם ולתת להם שמות בהתאם לכללים שקבע.

מכיוון שעד לתקופה האחרונה התקשורת לא הייתה מהירה וכלל עולמית כבימינו, קרה לא אחת שחוקרים שונים תיארו את אותו מין במקומות שונים ובזמנים שונים, אך כל אחד נתן לו שם אחר. יש שאחד השמות התקבל ונעשה בו שימוש רב, אך בעיון בספרות קודמת נמצא שאותו מין תואר קודם לכן בשם אחר. במקרה כזה, יש לכבד זכות ראשונים ועל-פי רוב יוחלף השם המקובל בשם בעל הזכויות. זה קרה וקורה

לעתים לא רחוקות וכל המתעניין במיון היצורים החיים נתקל בכך לא אחת. לכן נהוג בספרות המדעית לציין כל מין לא רק בשמו המדעי בן שתי המלים: שם הסוג ושם המין, אלא להוסיף את קיצור שמו של המדען שתיארו ונתן לו את אותו שם. לדוגמא, מינים שתיאר לינה מציינים באות L, שהיא קיצור שם משפחתו.

לפי שיטתו של לינה, התכונות החשובות, שלפיהן יש למיין את הצמחים, קשורות למבנה אברי הרבייה. אלה יכולים להיות נבגים - בטחבים ושרכים, אצטרובלים - בחשופי-הזרע ופרחים, פירות וזרעים - במכוסים-הזרע. עיקרון זה מבוסס על הגדרת המין הטבעי כקבוצת היצורים המסוגלים להכליא ביניהם ולהעמיד צאצאים פוריים. על-מנת ששני פרטים יוכלו להעמיד צאצאים פוריים חייבת להיות התאמה במבנה ותפקוד אברי המין שלהם. התכונה הזאת היא ששומרת על-כך שכל מין מאופיין בתכונותיו המיוחדות, המבדילות אותו ממינים אחרים. לכן, מאז תקופתו של לינה ועד לשנים האחרונות שימשו מבנה הפרח או אברי הרבייה האחרים כקריטריונים עיקריים במיון הצמחים. אנו מכירים את המשפחות שנקראו בעבר לפי צורות הפרחים שלהם, כגון: הפרפרניים, המצליבים, או את המחלקות שהובחנו לפי מבנה הזרעים: הדו-פסיגיים והחד-פסיגיים.

נחזור לשאלת השינויים הרבים שחלו לאחרונה בשיוך מינים לסוגים והסוגים למשפחות. המהפכה הגדולה במדעי הביולוגיה כולם, שחלה עם פענוח הגנום של האדם ואחריו של יצורים רבים אחרים, תרמה לכך רבות. כיום ידוע שהתכונות של כל פרט נקבעות לפי רצף הגנים המוכלל ב-DNA שלו. מבנה רצפי ה-DNA מעיד גם על יחסי קרבה בין פרטים. לפיכך החלו החוקרים בשנים האחרונות להתייחס למבנה ה-DNA כקריטריון במיון היצורים החיים. לא ניכנס כאן לפרטים הטכניים, איזה חלק של ה-DNA משמש לשם כך ואיך עושים זאת, אך כדאי לדעת שברוב המקרים, המיון לפי קריטריונים מולקולאריים אלה תואם את המיון המסורתי שנקבע לפי השיטות שתוארו לעיל. עם זאת, יש מקרים לא מעטים בהם הכירו החוקרים בכך שהעדויות החדישות מצביעות על יחסי קרבה אחרים מאלו שנקבעו בעבר. מחקרים אלה הם שהביאו לכך שחלו שינויים בשיוך מינים לסוגים ובעיקר של סוגים למשפחות.

אולם הקרבה בין המינים מעניינת את הסיסטמטיקאים והטקסונומים - אותם מדענים העוסקים בשיום היצורים ובסידורם לסוגים, משפחות וקבוצות-על - לא רק על מנת למינם לקבוצות דמיון. ישנה חשיבות רבה לסידורם על פי סדר ההתפתחות האבולוציוני והקשרים שבין קווי ההתפתחות השונים. לשם כך משמש מדע הפילוגנטיקה.

הפילוגנטיקה, "שושלתיות", (Phylogenetics, מיוונית: phylon - "שבט", "גזע", genetikos - "מוצא", "לידה"), היא סידור האורגניזמים על פי מוצאם מאב קדמון משותף. הפילוגנטיקה מתארת את ההיררכיה שבה כל צורת חיים קשורה לצורת חיים אחרת במהלך האבולוציה. היא למעשה "עץ-המשפחה" של עולם האורגניזמים, או אם תרצו - "עץ החיים". לצערנו, אין בידינו "תורה למשה מסיני" כיצד נוצרו החיים ומה סדר התפתחות המינים על פני כדור הארץ. זוהי עבודה מתמדת של ממצאים, אנליזות, מחקרים והיסקים שמטרתה לסדר את עץ-החיים הזה קרוב ככל האפשר לאמת, כפי שאנו תופשים אותה מהתבוננות הנרכשות במשך הזמן מחקר מאובנים, מהתבוננות מורפולוגית מעמיקה ביצור ובתכונותיו, מאנליזות מולקולריות של רצפי DNA בגנום האורגניזמים השונים והשוואתם בין מינים שונים ועוד.

הפילוגנטיקה מתפתחת לענפים נוספים, ככל שמשתכללת ההבנה המדעית בתחומים השונים. למעוניינים, ניתן למצוא בסוף הרשימה סקירה קצרה על ענפי תורת המיון כפי שהם מתפתחים כיום.

במאמץ לעשות סדר ולגרום לאחידות בטקסונומיה הוקמו גופים בין-לאומיים של אנשי מקצוע, שתפקידם למיין, להחליט ולפרסם את המידע הטקסונומי העדכני. כך, למשל, הוקם "האיגוד הבינ"ל לטקסונומיה של צמחים" - International Association for Plant Taxonomy (IAPT), [http://www.iapt-taxon.org/index\\_layer.php](http://www.iapt-taxon.org/index_layer.php), המאגד בוטנאים וסיסטמטיקאים מרחבי העולם.

הקבוצה החשובה ביותר כיום בתחום הסיסטמטיקה של הצמחים מכוסי הזרע ("צמחי פרחים", angiosperm) היא APG - Angiosperm Phylogeny Group, שהוקמה בסוף שנות ה-90 וכללה 29 מדענים מובילים בתחומי הסיסטמטיקה והטקסונומיה, שתרומתם וקולם שווה בהחלטות המדעיות שנתקבלו. היא פרסמה את הרשימות הטקסונומיות העדכניות שלה לראשונה בשנת 1998. אלה עודכנו בשנת 2003 (APGII) ולאחרונה בשנת 2009 (APGIII) והתקבלו כרשימות מובילות בקרב הקהילה המדעית. בכך הייתה הקבוצה פורצת דרך בסיסטמטיקה, שכן עד לעידן ה-APG היה מקובל כי מדענים בודדים היו מפרסמים את מחקריהם, על פי דעתם וכובד משקלם האישי ובאופן טבעי היו נתונים לביקורת קשה ולריבוי חילוקי דעות, בעוד השיטה החדשה מבוססת על העמקה של מספר רב של מדענים מובילי דעה בתחומם, שהתקבלה על דעת רוב העוסקים בתחום. מטרת הקבוצה הייתה לצמצם את מספר הסדרות של מכוסי הזרע (ב-APGIII כלולות 56 סדרות ו-450 משפחות). אבל תכנונים לחוד ומציאות לחוד - ויכוחים מדעיים לא שכחו ולא ניתן לומר שעם עידן ה-APG הכל מסכימים לחלוקה העדכנית. בקרוב אמורה להתפרסם גרסה חדשה - APGIV והוויכוחים בין המדענים ניטשים ומתגברים לקראת מועד צאתה לאור. אחת הסדרות הנתונות בוויכוח חריף היא הזיפנאים (Boraginales), שכיום אינה מוכרת בשיטות המיון ויש המעוניינים לכלול בה רק את משפחת הזיפניים. ויכוחים אלה מדגימים שלא מדובר כאן במדע מדויק ואובייקטיבי לחלוטין ועוד נכונות תהפוכות בסיסטמטיקה. אבל כך הרי הוא טבעו של כל מדע.

לרשות החוקר והחובב עומדות היום מספר רשימות טקסונומיות מקוונות, העוסקות בפירוט מיני הצמחים, מיונם למינים מוסכמים ולשמות נרדפים של מינים, תוך אזכור הבוטנאים שתיארו אותם ומקורות בהם פורסם תיאור המין. רשימות אלה דינמיות ולעולם אינן מושלמות. כמו כן יש חילוקי דעות בין המדענים וכתוצאה מכך אי-אחידות בין חלק מהרשימות. להלן, אחדות מהרשימות הטקסונומיות המובילות.

טבלה 1. רשימות צמחים טקסונומיות מקוונות העומדות לרשות הציבור

שם הרשימה	כתובת האתר	פרטים
The Plant List	<a href="http://www.theplantlist.org">http://www.theplantlist.org</a>	שיתוף-פעולה בין גני Kew בלונדון ובין הגן הבוטני של אוניברסיטת מיסורי. רשימה עדכנית של כל מיני הצמחים, שמות מוסכמים ושמות נרדפים, שיוך למחלקות ולקבוצות על.
Tropicos	<a href="http://www.tropicos.org/Home.aspx">http://www.tropicos.org/Home.aspx</a>	רשימה שנוצרה על ידי הגן הבוטני של מיסורי. המידע מבוסס על 25 שנות איסוף. רשימת כל הצמחים, כולל מידע על הבוטנאים שתיארו אותם. כולל קישור לעשבייה ותמונות צמחים.
Euro+Med Plant List	<a href="http://www.emplantbase.org/home.html">http://www.emplantbase.org/home.html</a>	מאגר מידע שפותח באוניברסיטת רידינג בבריטניה ומומן ע"י האיחוד האירופי. כולל מידע על צמחי אירופה והמזרח התיכון. נחשב המקור הטוב ביותר למיני ישראל. כולל מידע מישראל ומהאזור.
WCSP – World Checklist of Selected Plant Families	<a href="http://apps.kew.org/wcsp/home.do">http://apps.kew.org/wcsp/home.do</a>	שת"פ בינ"ל המנהל ע"י גני Kew, המאפשר גישה לדיונים והחלטות מומחים באשר לשמות הצמחים המוסכמים.

<p>שת"פ בין גני Kew, עשביית אוניברסיטת הארווארד והעשבייה הלאומית של אוסטרליה. מאגר מידע המאפשר חיפוש פרסומים מדעיים הקשורים בשמות צמחים, לפי שם הצמח, שם המחבר, או שם המאמר.</p>	<p><a href="http://www.ipni.org">http://www.ipni.org</a></p>	<p>IPNI – The International Plant Name Index</p>
<p>מאגר בינ"ל, פרי שת"פ בין מדינות רבות, שבו מרוכז מידע ממכוני מחקר ואוניברסיטאות ברחבי העולם על כל מיני החי והצומח העולמיים.</p>	<p><a href="http://www.gbif.org">http://www.gbif.org</a></p>	<p>GBIF – Global Biodiversity Information Facility</p>

הרשימה הסיסטמטית המפורטת ביותר של משפחות צמחי הזרע, הכוללת את חשופי-הזרע ומכוסים-הזרע, מסודרות לפי הסדרות וקבוצות המיון העדכניות, הענפים הפילוגנטיים והקשרים ביניהם ובליווי פירוט על הסימנים והתכונות הייחודיים של כל קבוצה, היא פרי עבודתו של פיטר סטיבנס (P.E. Stevens) מהגן הבוטני של אוניברסיטת מיסורי בעיר סנט לואיס, ארה"ב. יתרונה של הרשימה, המתבססת על ממצאי ה-APG ודיוניה, שהיא ממשיכה להתעדכן ברציפות ומציינת את חילוקי הדעות בין קבוצות המחקר השונות. בנוסף מפורטים מסלולי התפתחות אבולוציוניים וכלול מידע רב על עולם הצומח (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>).

בכדי לאפשר למתעניין הישראלי להתבונן בתמונה הסיסטמטית הכוללת, מוגשות בזה, על קצה המזלג, כמה מהתובנות העדכניות על התפתחות עולם הצמחים. מכיוון שחסרים בשפה העברית שמות רשמיים לקבוצות טקסונומיות בעולם הצומח שמעל משפחה, להלן צורת השיום המשמשת כאן (ויש לזכור שצורה זו היא הצעה בלבד ואינה מחייבת - המחייב הוא קביעת האקדמיה ללשון העברית, לכשזו תתפנה לטפל בחסרים אל מול עולם המושגים הבינ"ל, הדינמי בתחום):

משפחה - סיומת "יים", לאחר שם הסוג המייצג במשפחה, למשל: "חלמיתיים" (אבל יש יוצאים מהכלל, למשל: "מורכבים")

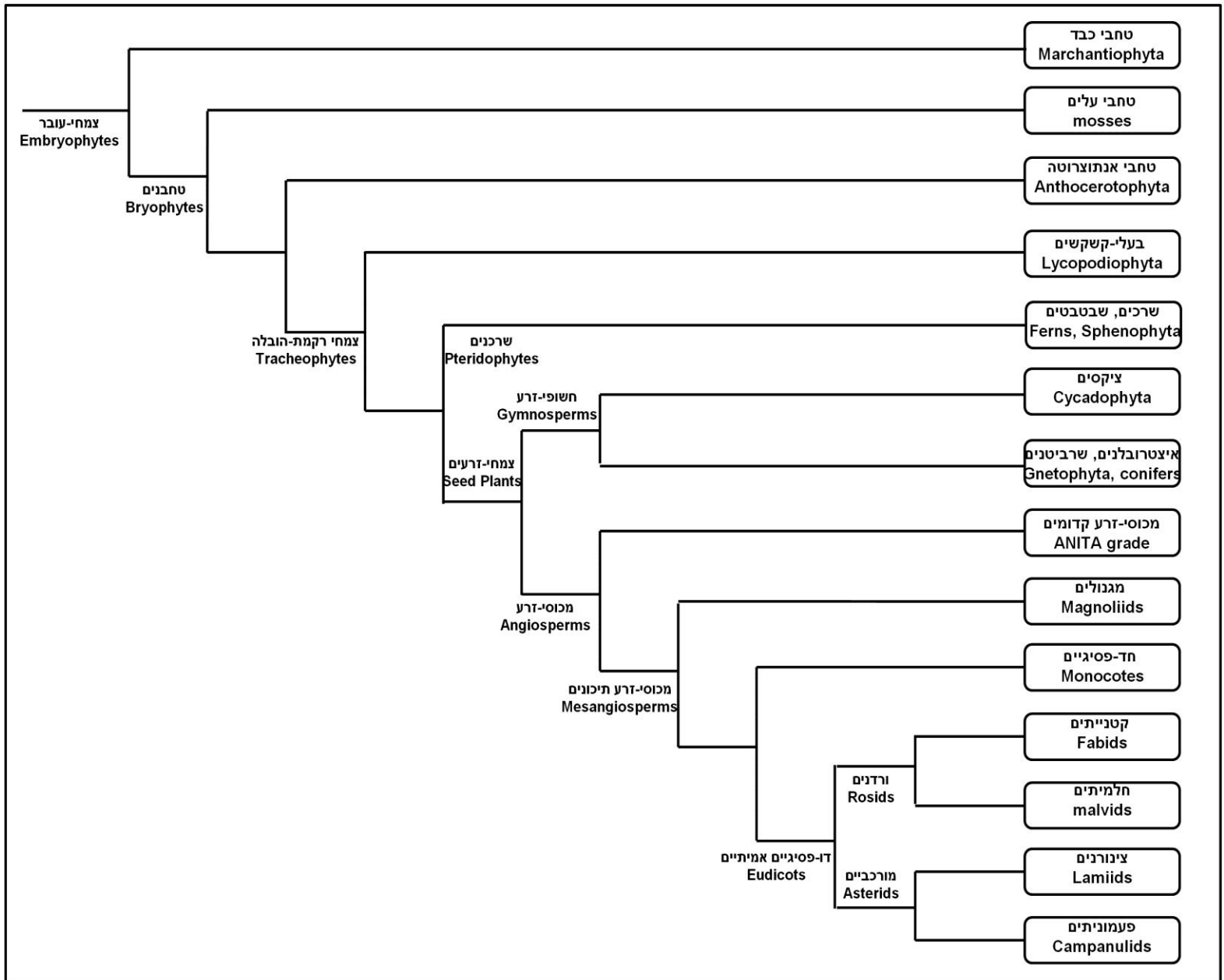
סדרה - סיומת "אים", לאחר שם הסוג המייצג בסדרה, למשל: "חלמיתאים" (אבל יש יוצאים מהכלל, למשל: "כף-צפרדע")

מחלקה (או הירארכיה גבוהה מסדרה) - סיומת "ים", לאחר שם הסוג המייצג בקבוצה, למשל: "חלמיתיים" (אבל יש יוצאים מהכלל, למשל "מורכביים", כדי להבדילם ממשפחת המורכבים)

תת-ממלכת צמחי העובר (Embryophyta, נקראת גם "צמחי-יבשה"), הכוללת מינים רב-תאיים ומכילי כלורופיל (ומשום כך ירוקים), התפתחה מאב-קדמון אחד. במהלך האבולוציה מיני הקבוצה השתכללו והותאמו לצורות חיים שונות ופיתחו מנגנוני רבייה, הפצת זרעים ויכולות צמיחה בבת-גידול מגוונים ובתנאי אקלים שונים על פני כדור הארץ. כך התפצלו שושלות מקבילות שהובילו לקיומם של הצמחים שאנו מכירים כיום.

בצמחי העובר קבוצות צמחים קדומות, שניתן לחלקן לטחבנים - Bryophytes, שלהם אין מערכת הובלה משוכללת והם מתרבים על-ידי נבגים ולצמחי רקמת-הובלה (Vascular plants, Tracheophytes), הנקראים גם "צמחים עילאיים", שלהם צינורות הובלה עשויי ליגנין (עצה). האחרונים מתחלקים לשרכנים (Pteridophytes) - המתרבים על ידי נבגים (שרכים ושבטבטים) ולצמחי-זרעים (Spermatophytes).

איור 1. הפילוגנטיקה של צמחי-העובר



הבה נניח בשלב זה לצמחי היבשה הקדומים, מחוסרי הזרעים (טחבים, שרכים ושבטבטים) ונתבונן על עולם צמחי הזרעים (Spermatophyta), כפי שהוא מתחוויר לנו כיום. ראשית, יש לשים לב שהקבוצות הטקסונומיות מעל סדרה, אינן מוגדרות בהירארכיות מדוייקות, כלומר לא ניתן לומר שהן מחלקות או מערכות אלא הן קבוצות בלתי-מדורגות (unranked). צמחי הזרעים מחולקים לשני קווי התפתחות מקבילים, שמוצאן מאב-קדמון משותף: חשופי-זרע (Gymnosperms) ומכוסים-זרע (Angiosperms), נקראים גם צמחי-פרחים). בחשופי הזרע מתפתחים הזרעים ללא שחלות וממילא אלה אינם צמחי פרחים. במכוסים הזרע, הזרעים מתפתחים בשחלות ולפיכך לרובם פרחים המבשילים לפירות.

מאב קדמון משותף התפתחו שני קוים עיקריים של חשופי זרע:

- הציקסים התפצלו לפני כ-230 מיליון שנה בתקופת הפרם (Permian), רוב המינים נכחדו וכיום מצויים רק כ-200 מינים באזורים הטרופיים והסוב-טרופיים. הציקסים מתאפיינים במופע דמוי-דקל - גזע מעוצה, חסר ענפים, שבראשו עלים מורכבים-מנוצים. מכילים גליקוזידים רעילים (ציאסינים). השחלות יושבות במגה-ספורופילים (megasperophyle) - איצטרובלי ענק, הנישאים בקצהו של הגזע, הצמחים דו-ביתיים - אבקנים ערוכים על פרט אחד ושחלות ערוכות על פרט אחר, ההאבקה ע"י חרקים, הזרעים גדולים ומופצים ע"י יונקים וציפורים, הניזונים מהאיצטרובלים.

- המחטנים (מכונים גם איצטרובלנים) הם חשופי-זרע, שהתפצלו אף הם מהאב הקדמון בתקופת הפרם (לפני 290-245 מיליון שנה) וכוללים כ-700 מינים (המהוים כ-0.3% מסך מיני צמחי היבשה). הם מתייחדים בעלים מחטניים, גזע רחב, חסר צינורות הובלה ומכיל טרפנואידים, המגנים על הצמח מפני מזיקים. הם מואבקי-רוח, הביציות מונחות "עירומות" בבסיס קשקש. הביציות והאבקנים ערוכים באיצטרובלים נפרדים, הצמחים חד-ביתיים - איצטרובלים נקביים וזכריים ערוכים על אותו פרט. לזרעים כנפיות קרומיות והם מופצי-רוח. השרביטנים אף הם חשופי-זרע, שהתפתחו עם המחטנים באותו קו התפתחות. מיניהם אינם מגוונים. עליהם קשקשניים. האיצטרובלים זכריים ונקביים, הצמחים דו-ביתיים - פרט יחיד נושא איצטרובלים זכריים ופרט אחר נושא איצטרובלים נקביים.

בעבר היה נהוג לחלק את מכוסי-הזרע לשתי קבוצות עיקריות: חד-פסיגיים ודו-פסיגיים. חלוקה זו אינה מקובלת כיום ונראה כי צמחים שלהם שני פסיגים התפתחו בשושלות מקבילות ובלתי תלויות. התמקדות בקבוצת מכוסי-הזרע, מראה כי אלה התפצלו למספר שושלות:

- "מכוסי-זרע קדומים" (או "בסיסיים", basal angiosperms) הם מינים מועטים יחסית, כמה מאות בלבד, השייכים למספר סדרות וסוגים: Amborellales, Nymphaeales, Illiciales, Trimenia, Austrobaileya ובראשי-תיבות: ANITA. רובן סדרות קטנות של צמחים אוסטרליים, למעט הנופראים (Nymphaeales), שלהם נציגים בכל העולם וגם בישראל. הם מתאפיינים בכך שהם דו-פסיגיים, חסרי צינורות הובלה, בגרגרי האבקה שלהם פתח יחיד (לעומת 3 פתחים ברוב מכוסי-הזרע האחרים), עלי-השחלה אינם מאוחים אלא רכוסים על-ידי תוספתנים שעל פניהם, צורת השחלה דמוית-חבית, העטיף פשוט (tepals) ואינו כולל עלי-כותרת ועלי-גביע מובחנים, חלקי הפרח - עלי-עטיף ואבקנים - ערוכים לוליינית (ספיראלית) ואינם מאוחים, לא קיימת הפריה עצמית. העובדה כי מכוסי הזרע הקדומים אינם מגוונים מינים (מיני שאר מכוסי הזרע רבים פי 100 לערך), מצביעה על כך שהייתה נחוצה התפתחות מעבר לזו של קבוצת ה-ANITA על מנת להעניק לצמחי הזרעים יתרון אבולוציוני ואפשרות שגשוג. לאחרונה חלק מהסדרות של מכוסי-הזרע הקדומים אוחדו והיום מיני ה-ANITA כלולים ב-3 סדרות בלבד, שכינויין ANA.

רוב מכוסי הזרע (angiosperms) התפתחו מאוחר יותר, לאחר התפצלות קבוצת מכוסי-הזרע הקדומים. הם כוללים יותר מ-99% ממיני מכוסי הזרע הקיימים כיום ומכונים "מכוסי-זרע תיכוניים" (Mesangiosperms). מכוסי הזרע התיכוניים התפתחו בשלוש שושלות אבולוציוניות מקבילות, שמוצאן מאב-קדמון משותף - מגנוליים (Magnoliids), חד-פסיגיים (Monocots) ו"דו-פסיגיים אמיתיים" (Eudicots):

- המגנוליים (Magnoliids) התפצלו לפני כ-140 מיליון שנה, בעידן הקרטיקון התחתון (Cretaceous), לפני 145-100 מיליון שנה). בקבוצה כלולות הסדרות: קנלאים (Canellales), עראים (Laurales), מגנולאים (Magnoliales), פלפלאים (Piperales). למגנוליים רקמת הובלה

(vascular plants) והם מתאפיינים בלפחות שלשה מהסימנים הבאים: זרעים דו-פסיגיים, אברי הפרחים בכפולות של 3, לעלים עירוק מרושת, לגרגרי האבקה פתח יחיד, קיימת התעבות שניונית (secondary growth) מרקמת המריסטמה (רקמה יוצרת, meristem) המגדלת גזע מעובה ומעוצה. בעבר השתייכו המגנולים לדו-פסיגיים, אולם הסתבר שהם קבוצה מונופילטית (חד-שושלתית), הרחוקה גנטית משאר הדו-פסיגיים. לפיכך, כיום מקובל כי המגנולים היא קבוצה פרימיטיבית יותר מבחינה אבולוציונית, שהתפתחה במקביל להתפצלויות האחרות בדו-פסיגיים, המכונים "דו-פסיגיים אמיתיים" (Eudicots).

- החד-פסיגיים (monocots) מהווים כרבע מכלל מיני הצמחים מכוסי הזרע. הם התפצלו ככל הנראה בעידן הקרטיקון התחתון (Cretaceous, לפני 145-100 מיליון שנה). בקבוצה כלולות הסדרות: Acorales, Alismatales (כף-צפרדע), Dioscoreales, Petrosaviales, Pandanales, Liliales (שושנאים), Asparagales (אספרגאים), Arecales (דקלאים), Poales (דגנאים), Commelinales (קומלינאים), Zingiberales (זנגבילאים). ארבע הסדרות האחרונות נכללות בשושלת מונופילטית, בתוך החד-פסיגיים, הקרויה קומלינים (Commelinids). קבוצת החד-פסיגיים, שהוכרה כבר במאה ה-17, הוכחה כתקפה גם לאחר אנליזות מולקולריות והשינויים שנעשו בעקבות המחקרים המודרניים היו פירוק משפחות ושיוכם לסדרות שונות בתוך הקבוצה, אך סך המינים נותר כשהיה. החד-פסיגיים מתאפיינים בזרעים בעלי פסיג יחיד, אברי פרח בכפולות של 3, עירוק עלים מקביל, צינורות הובלה מפוזרים ולא בצברים, פתח יחיד בגרגרי האבקה.

- דו-פסיגיים אמיתיים (Eudicots) היא הקבוצה הגדולה מבין הצמחים בעלי הזרעים ובה יותר מ-70% מצמחי הפרחים. מיני הקבוצה ניכרים בכך שבגרגרי האבקה שלהם 3 "תלמים" ו-3 פתחים והם נבדלים מהקבוצות האחרות בהן גרגר האבקה אינו תלום ובו פתח יחיד. בעוד שתכונה זו זוהתה לפני עשרות בשנים, מחקרים שנעשו לאחרונה תומכים בהיות הקבוצה חד-שושלתית (מונופילטית), שמוצאה מאב קדמון אחד. על פי שיוכם הפילוגנטי, ניתן לחלק את הדו-פסיגיים האמיתיים לקבוצות משנה: קבוצת הבסיס (Basal Eudicots) וקבוצת הליבה (Core Eudicots). עיקר מיני הדו-פסיגיים האמיתיים, משתייכים לקבוצת הליבה (Core Eudicots). קבוצת הליבה אף היא מורכבת משתי שושלות: Gunnerales – קבוצה קטנה ו-Pentapetalae, הכוללת את רוב הדו-פסיגיים האמיתיים. הקבוצה האחרונה מחולקת, על פי ההתמיינות הפילוגנטית שלה, לארבע קבוצות, שמקורן בשתי התפצלויות מונופילטיות: ורדנים (Rosids), המתחלקים ל-2 קבוצות - קטנייתים (Fabiids) וחלמיתים (Malvids) ומורכבים (Asterids), המתחלקים ל-2 קבוצות - צינוריתים (Lamiids) ופעמוניתים (Campanulids).

ועוד כמה מילים על התפתחות קבוצה אחרת של צמחים, שהמאפיין אותה איננו הקשר הפילוגנטי בין מיניה, אלא בית הגידול הדומה שלהם - קבוצת צמחי המים. מקובלת הסברה כי במהלך האבולוציה התפתחו צמחי היבשה מאצות ירוקיות ימיות קדומות. מאובנים ומחקרים מולקולאריים מצביעים על כך שצמחי היבשה הראשונים החלו להתפתח בתחילת עידן הפליאוזואיקון (Paleozoic), לפני כ-450-475 מיליון שנה. מאובני צמחי הפרחים (Angiosperms) הקדומים ביותר מתוארכים ללפני כ-135 מיליון שנה (כאמור לעיל), התפתחו מכוסי הזרע הקדומים והמגנולים מעט לפני כן, אך ככל הנראה שרידים מאובנים שנמצאו הינם צעירים בכמה מיליוני שנים מראשוני צמחי הקבוצה, שלא הותירו בידינו מאובנים ומשערים כי במהלך כמה עשרות מיליוני השנים הבאות התפתחו רוב משפחות צמחי הפרחים המוכרות לנו כיום. לאחר שהתבססו ביבשה, מינים אחדים מצאו במקווי מים שעל פני כדור הארץ נישה חדשה ופחות תחרותית והחלו להסתגל ולהתפתח באופן משני כצמחי מים. על פי הידוע לנו מבחינת הרכב ה-DNA של צמחי המים המצויים כיום, החזרה למים לא הייתה תהליך חד-פעמי או רציף. משפחות שונות

של צמחי מים התפתחו בתקופות שונות, ככל הנראה היו עשרות עד מאות פעמים בלתי-תלויות, בהן מין יבשתי חדר למים והחל להתפתח כצמח מים לכל דבר. רק מינים מועטים יחסית, כ-3% מסך כל צמחי הפרחים, חזרו לחיות במים. סדרות שבכל המשפחות הכלולות בהן רק מינים של צמחי מים ואשר קרבתן הגנטית הוכחה במחקרים מולקולאריים, הן מן הסתם תוצר של התפתחות מאב קדמון משותף שחזר לחיים במים בשלב מוקדם יחסית, לעומת מינים של צמחי מים השייכים למשפחות או סדרות, שלא כל נציגיהן הם צמחי מים - אלה התפתחו מאוחר יותר ולא התפצלו הלאה.

החזרה לחיים במים הייתה כרוכה בפיתוח התאמה לחיים בהם חילופי הגזים איטיים וקשים וקיים מחסור בפחמן דו-חמצני ואור, לעומת החיים באטמוספירה, על פני האדמה. התאמות אלו כוללות עלים גזורים לאונות דקות, היוצרות שטח פנים גדול, ריכוז כלורופלסטים גבוה סמוך לפני העלים, צימוח עלים צפים, הבאים במגע עם האטמוספירה, הימצאות ארנכימה - רקמה ספוגית, המאפשרת חילופי גזים ומעבר גזים מחלקי הצמח העליונים לשורשים וכן פיתוח מסלולים מטבוליים ייחודיים לניצול מוגבר של פחמן דו-חמצני, או לקליטת פחמן ממקורות חלופיים. כדי להתמודד עם המחסור באור, לרבים מצמחי המים צימוח מהיר, המאפשר להם להגיע לפני המים ולקלוט את אור השמש, או שהם צפים בשכבות המים העליונות. תוך התפתחות מנגוני ההתאמה השונים לחיים במים, התנוונו מנגונים שהיו קיימים בצמחים כאשר אלו גדלו על היבשה - היעלמות הפיוניות, היעדר ציפוי העלים בקוטיקולה וחוסר מערכת צינורות הובלה.

לטובת קוראי העברית, מובאת כאן לראשונה רשימת משפחות צמחי הזרעים ושיוכן הפילוגנטי לסדרות וקבוצות-על טקסונומיות, כפי המקובל כיום, תוך ציון השם העברי למשפחות וסדרות שלהן נציגים בישראל (בסוגריים מופיעות משפחות מוכרות, בהן צמחי תועלת או צמחי נוי, ללא נציגים בבר בישראל). הרשימה הינה לפי רשימתו של סטיבנס, הנ"ל. יש לשים לב כי סדר המשפחות שונה מהותית מזה המוכר לנו ממגדירי הצמחים. חלק מהמשפחות חדשות (משפחות חדשות לפי APG III מצויינות בטבלה בסימן #) וחלקן בוטל ונציגיהן צורפו למשפחות קיימות אחרות. גם חלק מהסדרות חדשות (סדרות חדשות לפי APG III מצויינות בטבלה בסימן ^).

לפני העיון בטבלה הפילוגנטית העדכנית, מומלץ להעיף מבט בטבלאות הבאות, שבהן רשימת המשפחות שלהן נציגים בבר בישראל, אשר הופיעו במגדיר הצמחים של ישראל, החדש ביותר שהופיע בדפוס ("המגדיר לצמחי-בר בארץ ישראל", מאת נעמי פינברון-דותן ואבינעם דנין, שמהדורתו האחרונה ראתה אור בשנת 1998) ואשר בוטלו ואינן מופיעות כיום ברשימות הטקסונומיות, פוצלו, או אוחדו וכן רשימת סוגים מקומיים שהועברו בין משפחות. כמו כן מפורטות המשפחות שהיו מקובלות בשיטות המיון שקדמו ל-APG III ואשר בוטלו ואוחדו עם משפחות אחרות.

המיון הטקסונומי של סדרות ומשפחות חשופי הזרע מבוסס בעיקר על מאמרם של כריסטנהוסץ וחבריו [Christenhusz, M.J.M., Reveal, J.L., Farjon, A., Gardner, M.F., Mill, R.R. and Chase, M.W. (2011). A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* 19:55-70], תוך עדכונים לפי רשימת ה-Plant List.

מידע מפורט על משפחות צמחי הזרע הכלולים באתר "צמח השדה", אפיוניהן והמינים המקומיים הכלולים בהן ניתן למצוא בדף [המשפחות באתר](#) "צמח השדה".



טבלה 2. משפחות (להן נציגים בבר בישראל) שבוטלו ואוחדו עם משפחות אחרות, על-פי APG III

משפחה שבוטלה	אוחדה עם משפחת
סלקיים (Chenopodiaceae)	ירבוזיים (Amaranthaceae)
עשנניים (Fumariaceae)	פרגיים (Papaveraceae)
מימוסיים (Mimosaceae)	קטניות (Fabaceae)
קסאלפיניים (Caesalpiniaceae)	קטניות (Fabaceae)
פרפרניים (Papilionaceae)	קטניות (Fabaceae)
טובעניתיים (Callitrichaceae)	לחכיים (Plantaginaceae)
אדריים (Aceraceae)	סבונניים (Sapindaceae)
טילייתיים (Tiliaceae)	חלמיתיים (Malvaceae)
רימוניים (Punicaceae) - רימון מצוי	כופריים (Lythraceae)
טרשניתיים (Theligonaceae)	פואתיים (Rubiaceae)
אסקלפיים (Asclepiadaceae)	הרדופיים (Apocynaceae)
גולניתיים (Globulariaceae)	לחכיים (Plantaginaceae)
ולריניים (Valerianaceae)	יערתיים (Caprifoliaceae)
שלמוניים (Dipsacaceae)	יערתיים (Caprifoliaceae)
חוטיים (Zannichelliaceae)	נהרוניתיים (Potamogetonaceae)
נידיים (Najadaceae)	מימוניים (Hydrocharitaceae)
עיריתיים (Asphodelaceae)	עיריתיים (Xanthorrhoeaceae)*
עצבוניתיים (Ruscaceae)**	אספרגיים (Asparagaceae)
עדשת-המים (Lemnaceae)	לופיים (Araceae)
כדורניים (Sparganiaceae)	סופיים (Typhaceae)

\* שמה העברי של המשפחה לא השתנה, אך היא כוללת כיום עוד שתי משפחות ללא נציגים בישראל - ראו הערה לטבלה 3.

\*\* משפחת העצבוניתיים לא הוכרה על-ידי כל הרשימות הטקסונומיות שקדמו ל-APGIII ומיניה שוייכו בדרך-כלל למשפחת השושניים.

טבלה 3. משפחות (להן נציגים בבר בישראל) שפוצלו על-פי APG III

סוגים (הגדלים בישראל)	פוצלה למשפחות	משפחה שפוצלה
בסדרת השושנאים (Liliales)		שושניים (Liliaceae)*
גביעונית, זהבית, צבעוני, שושן	שושניים - מצומצמת (Liliaceae) (s.s.)	
בצלציה, סתונית	סיתוניתיים (Colchicaceae)	
קיסוסית	קיסוסיתיים (Smilacaceae)	
בסדרת האספרגאים (Asparagales)		
אספרג, בן-חצב, זמזומית, חצב, יקינתון, יקינטונית, כדן, כתרניים, מצילות, נץ-חלב, עצבונית	אספרגיים (Asparagaceae)	
עירוני, עירית, עריר	עיריתיים (Xanthorrhoeaceae)**	
נרקסיים	נרקסיים (Amaryllidaceae)	נרקסיים (Amaryllidaceae)
כחלית	כחליתיים (Ixioliriaceae)	
צלפיים	צלפיים (Capparaceae)	צלפיים (Capparaceae)
באשן	באשניים (Cleomaceae)	
בסדרת הגרנאים		גרניים (Geraniaceae)*
בהק, גרניון, מקור-חסידה	גרניים (Geraniaceae)	
בסדרת הסבונאים		
בירבשטיניה	בירבשטיניים (Biebersteiniaceae)	
בסדרת הזוגניים		זוגניים (Zygophyllaceae)*
זוגן, צניה, זקום, פגוניה, קוטב	זוגניים (Zygophyllaceae)	
בסדרת הסבונאים		
אבי-ארבע, ימלוח, שבר	ימלוחיים (Nitrariaceae)	
ולריינה, ולריינית, חד-אבקן, חוגית, יערה, נוציץ, נזרית, קרד, שלמון, תגית	יערתיים - מורחבת (Caprifoliaceae s.l.)	יערתיים (Caprifoliaceae)
מורן, סמבוק	מורניים (Adoxaceae)	

\* בעקבות אנליזות מולקולאריות, מספר משפחות פוצלו למשפחות השייכות לסדרות נפרדות.

\*\*משפחת Asphodelaceae, שמה הקודם של משפחת העיריתיים, בוטלה. משפחת ה-Xanthorrhoeaceae היא למעשה איחוד של 3 משפחות שהיו מוכרות בחלוקות טקסונומיות קודמות (Asphodelaceae, Hemerocallidaceae, Xanthorrhoeaceae). לאחרונה הוחזר השם Asphodelaceae כשם המשפחה המורחבת.

טבלה 4. סוגים (הגדלים בישראל) שהועברו בין משפחות

הועבר למשפחת	היה במשפחת	סוג
סנטליים (Santalaceae)	הרנוגיים (Loranthaceae)	דבקון (Viscum)
שפתניים (Lamiaceae)	ורבניים (Verbenaceae)	שיח-אברהם (Vitex)
קוציציים (Acanthaceae)	ורבניים (Verbenaceae)	אביצניה (Avicennia)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	ורוניקה (Veronica)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	חסרף (Anarrhinum)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	לוע-ארי (Antirrhinum)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	לועית (Misopates)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	עפעפית (Kickxia)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	פשתנית (linaria)
לחכיים (Plantaginaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	צלצל (Cymbalaria)
עלקתיים (Orobanchaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	עלוק (Bellardia)
עלקתיים (Orobanchaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	עלקלוק (Parentucellia)
עלקתיים (Orobanchaceae)	לועניתיים (Scrophulariaceae)	שיננית (Odontites)
נרקסיים (Amaryllidaceae)	שושניים (Liliaceae)	אחיסום (Nothoscordum)
נרקסיים (Amaryllidaceae)	שושניים (Liliaceae)	שום (Allium)

טבלה 5. משפחות (שלהן אין נציגים בבר בישראל) שאוחדו עם משפחות אחרות

הערות	אוחדה עם משפחת	משפחה שבוטלה
	Schisandraceae	Illiciaceae
	Amaryllidaceae (נרקיסיים)	Agapanthaceae
המין אגבה אמריקנית הוא פליט תרבות בישראל	Asparagaceae (אספרגיים)	Agavaceae (אגבאיים)
	Asparagaceae (אספרגיים)	Aphyllanthaceae
	Asparagaceae (אספרגיים)	Hesperocallidaceae
	Asparagaceae (אספרגיים)	Laxmanniaceae
	Asparagaceae (אספרגיים)	Themidaceae
שם המשפחה הוחזר לאחרונה ל-Asphodelaceae	Xanthorrhoeaceae (עיריתיים)	Hemerocallidaceae
	Circaeasteraceae	Kingdoniaceae
	Papaveraceae (פרגיים)	Pteridophyllaceae
	Buxaceae	Didymelaceae
	Trochodendraceae	Tetracentraceae
	Iteaceae	Pterostemonaceae
	Geraniaceae (גרניים)	Hypseocharitaceae
	Melianthaceae	Francoaceae
	Melastomataceae	Memecylaceae
לפני-כן שוייכה המשפחה למשפחת Parnassiaceae	Celastraceae	Lepuropetalaceae
	Celastraceae	Parnassiaceae
אגוז המלך ( <i>Juglans regia</i> ) מגודל בתרבות בישראל	Juglandaceae	Rhoipteleaceae
	Ochnaceae	Medusagynaceae
	Ochnaceae	Quiinaceae
	Passifloraceae (שעוניתיים)	Malesherbiaceae
	Passifloraceae (שעוניתיים)	Turneraceae
	Akaniaceae	Bretschneideraceae
	Bixaceae	Diegodendraceae
	Bixaceae	Cochlospermaceae
	Nitrariaceae (ימלוחיים)	Peganaceae
	Nitrariaceae (ימלוחיים)	Tetradiclidaceae
	Cornaceae	Nyssaceae
	Pentaphragaceae	Ternstroemiaceae

הערות	אחדה עם משפחת	משפחה שבוטלה
	Tetrameristaceae	Pellicieraceae
	Garryaceae	Aucubaceae
	Stylidiaceae	Donatiaceae
<a href="#">בת-לובליה זעירה</a> ( <i>Solenopsis laurentia</i> ) הינה צמח אפיזודי בישראל	Campanulaceae (פעמוניתיים)	Lobeliaceae
	Columelliaceae	Desfontainiaceae
	Caprifoliaceae (יערתיים)	Diervillaceae
	Caprifoliaceae (יערתיים)	Linnaeaceae
	Caprifoliaceae (יערתיים)	Morinaceae
	Alismataceae (כף-הצפרדע)	Limnocharitaceae
	Alstroemeriaceae	Luzuriagaceae
	Strasburgeriaceae	Ixerbaceae
	Vivianiaceae	Ledocarpaceae
	Myrtaceae (הדסיים)	Heteropyxidaceae
	Myrtaceae (הדסיים)	Psiloxylaceae
	Penaeaceae	Oliniaceae
	Penaeaceae	Rhynchoalycaceae
	Primulaceae (רקפתיים)	Maesaceae
	Primulaceae (רקפתיים)	Myrsinaceae
	Primulaceae (רקפתיים)	Theophrastaceae
	Escalloniaceae	Eremosynaceae
	Escalloniaceae	Polyosmaceae
	Escalloniaceae	Tribelaceae
	Paracryphiaceae	Sphenostemonaceae
	Torricelliaceae	Aralidiaceae
	Apiaceae (סוככיים)	Mackinlayoideae
	Torricelliaceae	Melanophyllaceae

## צמחי הזרעים

משפחה	סדרה	קבוצת-על
		<b>Gymnosperm</b>
		<b>חשופי זרע</b>
		<b>Cycadophyta - ציקסטים</b>
	Cycadales - ציקסאים	
Cycadaceae (ציקסיים)		
Zamiaceae		
Boweniaceae		
	Gynkgoales – (גינקגואים)	
Gynkgoaceae – (גינקגויים)		
		<b>Gnetophyta - שרביטניים</b>
	Welwitschiales	
Welwitschiaceae		
	Gnetales – (גנטאים)	
Gnetaceae – (גנטיים)		
	Ephedrales - שרביטנאים	
Ephedraceae - שרביטניים		
		<b>- Coniferophyta (Pinophyta)</b>
		<b>איצטרובלנים (מחטניים)</b>
	Pinales - מחטניים	
Pinaceae - אורניים		
	Araucariales – (ארוקראים)	
Araucariaceae – (ארוקריים)		
Podocarpaceae – (פודוקרפיים)		
	Cupressales - ברושאים	
Sciadopytiaceae		
Cupressaceae (+Taxodiaceae) - ברושיים		
Cephalotaxaceae		
Taxaceae – (טקסיים)		
		<b>Angiosperm</b>
		<b>מכוסי-זרע</b>
		<b>ANITA grade</b>
		<b>מכוסי-זרע קדומים</b>
	Amborelales ^	
Amborellaceae		
	Nymphaeales ^ - נופראים	
Hydatellaceae		
Cabombaceae – (קבומבאיים)		
Nymphaeaceae - נופריים		
	Austrobaileyales	
Austrobaileyaceae		
Trimeniaceae		
Schisandraceae		
		<b>Mesangiosperms</b>
		<b>מכוסי-זרע תיכונים</b>
	Chloranthales ^	
Chloranthaceae		
	Magnoliales – (מגנולאים)	
		<b>Magnolids</b>
		<b>מגנולים</b>
Myristicaceae – (מוסקטיים)		
Magnoliaceae – (מגנוליים)		
Himantandraceae		
Degeneriaceae		

Eupomatiaceae		
(אנוניים) – Annonaceae		
	עראים - Laurales	
Calycanthaceae		
Siparunaceae		
Gomortegaceae		
Atherospermataceae		
Monimiaceae		
Hernandiaceae		
עריים - Lauraceae		
	(קנלאים) – Canellales	
Canellaceae		
Winteraceae		
	(פילפלאים) – Piperales	
ספולויים - Aristolochiaceae		
(פילפליים) - Piperaceae		
(זנב-הלטאה) – Saururacea		
		<b>Monocots</b> <b>חד-פסיגיים</b>
	Acorales	
Acoraceae		
	כף-צפרדע - Alismatales	
לופיים - Araceae		
Tofieldiaceae		
כף-צפרדע - Alismataceae		
מימוניים - Hydrocharitaceae		
בוציניים - Butomaceae		
Scheuchzeriaceae		
Aponogetonaceae		
Juncaginaceae		
Maundiaceae		
Posidonoaceae		
רופיניים - Ruppiaceae		
גליתיים - Cymodoceaceae		
Zosteraceae		
נהרוניתיים - Potamogetonaceae		
	Petrosaviales ^	
Petrosaviaceae		
	טמוסים - Dioscoreales	
Nartheciaceae		
Taccaceae		
Thismiaceae		
Burmanniaceae		
טמוסים - Dioscoreaceae		
	Pandanales	
Velloziaceae		
Stemonaceae		
Triuridaceae		
Pandanaceae		
Cyclanthaceae		
	שושנאים - Liliales	
Corsiaceae		
Campynemataceae		
Petermanniaceae #		
סתוניתיים - Colchicaceae		
Alstroemeriaceae		
Melanthiaceae		
שושניים - Liliaceae		
קיסוסיתיים - Smilacaceae		
Philesiaceae		
Rhipogonaceae		
	אספרגאים - Asparagales	
סחלביים - Orchidaceae		
Boryaceae		
Blandfordiaceae		

Lanariaceae		
Asteliaceae		
Hypoxidaceae		
Ixioliriaceae - כחלייתיים		
Tecophilaeaceae		
Doryanthaceae		
Iridaceae - אירוסיים		
Xeronemataceae		
Asphodelaceae - עיריתיים		
Amaryllidaceae - נרקסיים		
Asparagaceae - אספרגיים		
	<b>Commelinids</b>	
	<b>קומלינים</b>	
	Arecales - דקלאים	
Dasygongonaceae		
Arecaceae - דקליים		
	Poales - דגנאים	
Typhaceae - סופיים		
Bromeliaceae - (ברומליים)		
Rapateaceae		
Mayacaceae		
Eriocaulaceae		
Xyridaceae		
Thurniaceae		
Juncaceae - סמריים		
Cyperaceae - גומאיים		
Anarthriaceae		
Restionaceae		
Ecdeiocoleaceae		
Poaceae - דגניים		
Flagellariaceae		
Joinvilleaceae		
	Commelinales - קומלינאים	
Commelinaceae - (קומליניים)		
Hanguanaceae		
Phylidraceae		
Haemodoraceae		
Pontederiaceae - פונטנדריים		
	Zingiberales - (זנגבילאים)	
Musaceae - (מוזיים)		
Strelitziaceae - (סטרליציים)		
Lowiceae		
Heliconiaceae - (הליקוניים)		
Cannaceae - (קאנאיים)		
Marantaceae - (מרנטיים)		
Costaceae		
Zingiberaceae - (זנגביליים)		
	<b>עד כאן קומלינים</b>	
	Ceratophyllales - קרננאים	
Ceratophyllaceae - קרנניים		
		<b>Eudicots</b>
		<b>דו-פסיגיים אמיתיים</b>
		<b>Basal Eudicots</b>
		<b>קבוצת הבסיס של הדו-פסיגיים</b>
	Ranunculales - נוריתאים	
Eupteleaceae		
Papaveraceae - פרגיים		
Lardizabalaceae		
Circaeasteraceae		
Menispermaceae - סהרוניים		
Berberidaceae - ערטניים		
Ranunculaceae - נוריתיים		
	Proteales - (פרוטאים)	
Sabiaceae		
Nelumbonaceae - (נלומבוניים)		



Platanaceae - דולביים		
Proteaceae – (פרוטאיים)		
	Trochodendrales ^	
Trochodendraceae		
	Buxales ^ – (אשכנזאים)	
Buxaceae – (אשכנזיים)		
Haptanthaceae #		
		<b>Core Eudicots</b> <b>ליבת הדו-פסיגיים</b>
	Gunnerales	
Gunneraceae		
Myrothamnaceae		
	Pentapetalae	
	Dilleniales – (דילנאים)	
Dilleniaceae – (דילניים)		
	Saxifragales - בקעצוראים	
Peridiscaceae		
Paeoniaceae - אדמוניתיים		
Altingiaceae		
Hamamelidaceae		
Cercidiphyllaceae		
Daphniphyllaceae		
Crassulaceae - טבוריתיים		
Aphanopetalaceae		
Tetracarpaeaceae		
Penthoraceae		
Haloragaceae – אלף-העלה		
Iteaceae		
Grossulariaceae - (דומדמניתיים)		
Saxifragaceae - בקעצוריים		
Cynomoriaceae # - טופליים		
	Vitales ^ - גפניים	
Vitaceae - גפניים		
		<b>Rosids</b> <b>ורדנים</b>
	<b>Fabids</b> <b>קטניתים</b>	
	Zygophyllales ^ - זוגנאים	
Krameriaceae		
Zygophyllaceae - זוגניים		
	Celastrales	
Lepidobotryaceae		
Celastraceae		
	Oxalidales - חמציצאים	
Huaceae		
Connaraceae		
Oxalidaceae - חמציציים		
Cunoniaceae		
Elaeocarpaceae		
Brunelliaceae		
Cephalotaceae		
	Malpighiales - מלפיגאים	
Ctenolophonaceae		
Erythroxylaceae		
Rhizophoraceae		
Irvingiaceae		
Pandaceae		
Ochnaceae – (אונניים)		
Bonnetiaceae		
Clusiaceae – (קלוסיים)		
Calophyllaceae #		
Hypericaceae - פרעיים		
Podostemaceae		
Lophopyxidaceae		
Putranjivaceae		

Caryocaraceae		
Centroplacaceae #		
אלטיניים - Elatinaceae		
(מלפיגיים) - Malpighiaceae		
Balanopaceae		
Trigoniaceae		
Dichapetalaceae		
Chrysobalanaceae		
Euphroniaceae		
Humiriaceae		
Achariaceae		
Goupiaceae		
סיגליים - Violaceae		
שעוניתיים - Passifloraceae		
Lacisteamataceae		
ערבתיים - Salicaceae		
Peraceae		
רפלסיים - Rafflesiaceae		
חלבוביים - Euphorbiaceae		
Phyllanthaceae		
Picrodendraceae		
פשתיים - Linaceae		
Ixonanthaceae		
	<b>N-Fixing Clade</b>	
	<b>מקבעי-חנקן</b>	
	Fabales - קטניתאים	
Quillajaceae		
קטניות - Fabaceae		
מרב-החלב - Polygalaceae		
Surianaceae		
	Rosales - ורדנאים	
ורדיים - Rosaceae		
אשחריים - Rhamnaceae		
יצהרוניים - Elaeagnaceae		
Barbeyaceae		
Dirachmaceae		
מישיים - Ulmaceae		
Cannabaceae		
תותיים - Moraceae		
סרפדיים - Urticaceae		
	Cucurbitales - דלועאים	
Anisophylleaceae		
Corynocarpaceae		
Coriariaceae		
דלועיים - Cucurbitaceae		
Tetramelaceae		
Datisceae		
(ביגוניים) - Begoniaceae		
Apodanthaceae		
	Fagales - אלונאים	
Nothofagaceae		
אלוניים - Fagaceae		
(מיריקיים) - Myricaceae		
(אגוזיים) - Juglandaceae		
(קזואריניים) - Casuarinaceae		
Ticodendraceae		
(שדריים) - Betulaceae		
	<b>Malvids</b>	
	<b>חלמיתים</b>	
	Geraniales - גרנאים	
גרניים - Geraniaceae		
Melianthaceae		
Vivianiaceae		
Greyiaceae		
Francoaceae		

	Myrtales - הדסאים	
Combreaceae – (קומברטיים)		
Onagraceae - נר-הלילה		
Lythraceae - כופריים		
Vochysiaceae		
Myrtaceae - הדסיים		
Melastomataceae – (מלסטומיים)		
Crypteroniaceae		
Alzateaceae		
Penaeaceae		
	Crossosomatales	
Staphyleaceae		
Guamatelaceae #		
Crossosomataceae		
Stacyuraceae		
Aphloiaceae		
Geissolomataceae		
Strasburgeriaceae		
	Picramniales ^	
Picramniaceae		
	Sapindales - סבונאים	
Biebersteiniaceae - ביברשטיניים		
Nitrariaceae - ימלוחיים		
Kirkiaceae		
Anacardiaceae - אלתיים		
Burseraceae		
Sapindaceae - סבונניים		
Simaroubaceae - סימרוביים		
Rutaceae - פיגמיים		
Meliaceae - איזדרכתיים		
	Huerteales ^	
Gerrardinaceae #		
Peteneaceae		
Tapisciaceae		
Dipentodontaceae #		
	Malvales - חלמיתאים	
Neuradaceae - כפתוריים		
Thymelaeaceae - מתנניים		
Sphaerocephalaceae		
Bixaceae		
Cistaceae - לוטמיים		
Sarcocaulaceae		
Dipterocarpaceae		
Cytinaceae #		
Muntingiaceae		
Malvaceae - חלמיתיים		
	Brassicales - צלפאים	
Alkaniaceae		
Tropaeolaceae – (נובע-החזיר)		
Moringaceae - מורינגיים		
Caricaceae – (פפאיים)		
Setchellanthaceae		
Limnanthaceae		
Koeberliniaceae		
Bataceae		
Salvadoraceae - סלודוריים		
Emblingiaceae		
Pentadiplandraceae		
Gyrostemonaceae		
Resedaceae - רכפתיים		
Tovariaceae		
Capparaceae # - צלפיים		
Cleomaceae # - באשניים		
Brassicaceae - מצליבים		
	Berberidopsidales ^	

Aextoxicaceae		
Berberidopsidaceae		
	סנטלאים - Santalales	
Erythropalaceae		
Strombosiaceae		
Coulaceae		
Ximeniaceae		
Aptandraceae		
Olacaceae		
Octoknemaceae		
הרנוגיים - Loranthaceae		
Misodendraceae		
Schoepfiaceae #		
Opiliaceae		
סנטליים - Santalaceae		
Balanophoraceae		
	ציפורנאים - Caryophyllales	
Droseraceae		
Nepenthaceae		
Drosophyllaceae		
Ancistrocladaceae		
Dioncophyllaceae		
פרנקניים - Frankeniaceae		
אשליים - Tamaricaceae		
ארכוביתיים - Polygonaceae		
עופריתיים - Plumbaginaceae		
Rhabdodendraceae		
Simmondsiaceae		
Asteropeiaceae		
Physenaceae		
Macarthuraceae		
Microteaceae		
ציפורניים - Caryophyllaceae		
Achatocarpaceae		
ירבוזיים - Amaranthaceae		
Stegnospermataceae		
Limeaceae #		
Lophiocarpaceae #		
Kewaceae		
Barbeuiaceae		
חיעדיים - Aizoaceae		
Gisekiaceae		
Sarcobataceae		
Phytolaccaceae		
Rivinaceae		
לילניים - Nyctaginaceae		
אפרוריתיים - Molluginaceae		
Montiaceae #		
Halophytaceae		
Didiereaceae		
Basellaceae		
Talinaceae #		
Anacampserotaceae #		
רגלתיים - Portulacaceae		
צבריים - Cactaceae		
		<b>Asterids</b> <b>מורכביים</b>
	(קורנאים) – Cornales	
Cornaceae		
Grubbiaceae		
Curtisiaceae		
Nyssaceae		
Hydrostachyaceae		
(הידרנגיים) – Hydrangeaceae		
Loasaceae		

	אברשאים - Ericales	
(בשמתיים) – Balsaminaceae		
Marcgraviaceae		
Tetrameristaceae		
Polemoniaceae		
Fouquieriaceae		
(לציטידיים) – Lecythidaceae		
Sladeniaceae		
Pentaphylacaceae		
(ספוטיים) – Sapotaceae		
(אבניים) – Ebenaceae		
Primulaceae - רקפתיים		
Mitrastemonaceae #		
Theaceae		
Symplocaceae		
Styracaceae - לבניים		
Diapensiaceae		
Sarraceniaceae		
Roridulaceae		
(אקטינידיים) – Actinidiaceae		
Clethraceae		
Cyrtaceae		
Ericaceae - אברשיים		
	<b>Lamiid</b>	
	<b>צינורנים</b>	
	Icacinales	
Oncothecaceae		
Icacinaceae		
	Metteniusales	
Metteniusaceae #		
	Garryales	
Garryaceae		
Eucommiaceae		
	גנציינאים - Gentianales	
Rubiaceae - פואתיים		
(לוגניים) – Loganiaceae		
Gelsemiaceae		
Gentianaceae - ערבזיים		
Apocynaceae - הרדופיים		
	סולנאים - Solanales	
Montiniaceae		
Sphenocleaceae		
Hydroleaceae		
Convolvulaceae - חבלבליים		
Solanaceae - סולניים		
	זיפנאים - Boraginales	
Codonaceae		
Wellstediaceae		
Boraginaceae - זיפניים		
(הידרופיליים) – Hydrophyllaceae		
Nama (and others)		
Heliotropiaceae		
Cordiaceae		
Ehretaceae		
	צינוראים - Lamiales	
Plocospermataceae		
Carlemanniaceae		
Oleaceae - זיתיים		
Tetrachondraceae		
<i>Peltanthera</i>		
Calceolariaceae		
(גסנריים) – Gesneriaceae		
Plantaginaceae - לחכיים		
Scrophulariaceae - לועניתיים		
Stilbaceae		

Byblidaceae		
(לינדרניים) – Linderniaceae #		
שפתניים - Lamiaceae		
Mazaceae		
Phrymaceae		
Paulowniaceae		
עלקתיים - Orobanchaceae		
Thomandersiaceae #		
ורבניים - Verbenaceae		
Pedaliaceae		
Schlegeliaceae		
Martyniaceae		
(ביגנוניים) – Bignoniaceae		
קוציניים - Acanthaceae		
נאדידיים - Lentibulariaceae		
	Vahliales	
Vahliaceae		
	<b>Campanulids</b>	
	<b>פעמוניתים</b>	
	(ציניתאים) – Aquifoliales	
Cardiopteridaceae		
Stemonuraceae		
(ציניתיים) – Aquifoliaceae		
Helwingiaceae		
Phyllonomaceae		
	Asterales - אסטראים	
Rousseaceae		
פעמוניתיים - Campanulaceae		
Pentaphragmataceae		
Alseuosmiaceae		
Phellinaceae		
Argophyllaceae		
Stylidiaceae		
Menyanthaceae		
(גודניים) – Goodeniaceae		
Calyceraceae		
מורכבים - Asteraceae		
	Escalloniales ^	
Escalloniaceae		
	Bruniales ^	
Bruniaceae		
Columelliaceae		
	Apiales - סוככאים	
Pennantiaceae		
Toricelliaceae		
Griselinaceae		
(פיטוספוריים) – Pittosporaceae		
קיסוסיים - Araliaceae		
Myodocarpaceae		
סוככיים - Apiaceae		
	Paracryphiales ^	
Paracryphiaceae		
	Dipsacales - שלמונאים	
מורניים - Adoxaceae		
יערתיים - Caprifoliaceae		

## מושגי יסוד בתורת המיון

מיון במשמעותו המופשטת, הוא ארגון פרטים בקבוצות. חשיבותו בקשירת פרטים על פי דמיונם זה לזה בתכונות מסויימות, כך שיקלו על המתבונן והחוקר להתייחס למספר קבוצות מוגבל. או-אז, נוח יותר יהיה למתבונן להכיר את הקשרים בין הפרטים בקבוצה ובין הקבוצות לבין עצמן וכן את מערכת היחסים בינם לבין העולם החיצוני להם, שאם לא כן היה עליו להתמודד עם מספר גדול מדי של פרטים בודדים ובלתי קשורים ובמקרים רבים בלתי אפשרי לקבל תמונה שלמה ותובנות על הפרטים הנדונים. מיון עולם הטבע והיצורים החיים בו התפתח והשתכלל במהלך המאות האחרונות והוא מאגד ענפים וכיווני מחקר מגוונים. "תורת המיון" - טקסונומיה וסיסטמטיקה - שני מונחים קרובים, שרבים אינם מבדילים ביניהם - מושתתת כיום על אמצעים מודרניים שבחזית המדע ומאפשרת עדכון רציף של תפיסתנו את מכלול עולם החי והצומח.

טקסונומיה (Taxonomy, מיוונית: taxis - "סידור", nemein - "שיטה") היא, למעשה, שיום הפרטים. ניתן לתת שמות לפרטים ללא כל קשר למיונם, אך מעיל כמובן לעשות זאת באופן מובנה והגיוני. על פי שיטתו של לינה (לעיתים קרוי לינאוס, חוקר שוודי, "אבי הטקסונומיה המודרנית", Carl Linnaeus, 1707-1778) מקובל לקרוא ליצורים החיים (האורגניזמים) - מיקרואורגניזמים, בעלי-חיים וצמחים - בשם כפול, המציין את הסוג והמין של כל אורגניזם ולשייכם למשפחות, סדרות, מחלקות, מערכות וממלכות. כל קבוצה, מהמין ועד לממלכה היא טקסון - "יחידת מיון". בידי הטקסונומים נתונה ההחלטה האם אורגניזם כלשהו הוא מין חדש ולא מוכר, מין בפני עצמו, תת-מין, או זן של מין ידוע - כל זאת עד שלא יוכח אחרת, בעזרת התבוננויות מולקולריות ותובנות חדשות וגם זאת, פעמים רבות, נתון לוויכוח בין המדענים. הטקסונומים עסוקים גם בניפוי ובחינת השמות הנאגרים במאגר המידע העולמי לאורך הדורות ונמצאים במרוץ מתמיד לדאוג לכך שבמקרים נפוצים מאוד, בהם אורגניזם אחד נקרא בשמות שונים על ידי חוקרים שונים, שמצאוהו ותיארוהו באופן בלתי תלוי, ישמשו כל השמות כשמות נרדפים וידע כל מי שחפץ בכך ששמות אלה הם כולם של אותו יצור ובראשם השם המוסכם של המין המדובר.

פילוגניות (Phylogeny), "שושלתיות", או פילוגנטיקה (Phylogenetics, מיוונית: phylon - "שבט", "גזע", genetikos - "מוצא", "לידה"), היא סידור האורגניזמים על פי מוצאם מאב קדמון משותף. הפילוגנטיקה מתארת את ההיררכיה שבה כל צורת חיים קשורה לצורת חיים אחרת במהלך האבולוציה. היא למעשה "עץ-המשפחה" של עולם האורגניזמים, או אם תרצו - "עץ החיים". לצערנו, אין בידינו "תורה למשה מסיני" כיצד נוצרו החיים ומה סדר התפתחות המינים על פני כדור הארץ. זוהי עבודה מתמדת של ממצאים, אנליזות, מחקרים והיסקים שמטרתה לסדר את עץ-החיים הזה קרוב ככל האפשר לאמת, כפי שאנו תופשים אותה מהתבוננות הנרכשות במשך הזמן מחקר מאובנים, מהתבוננות מורפולוגית מעמיקה ביצור ובתכונותיו, מאנליזות מולקולריות של רצפי DNA בגנום האורגניזמים השונים והשוואתם בין מינים שונים ועוד.

סיסטמטיקה (Systematics, מיוונית: systema - "חלקים המאורגנים לשלם", "מערכת") היא התהליך על פיו מנסים המדענים למיין אורגניזמים, בהתאמה לשושלת ההתפתחות האבולוציונית (הפילוגניות) שלהם. מטבע הדברים, מכיוון שתובנותינו בקשר לפילוגניות משתנות חדשות לבקרים, בעקבות מחקרים וממצאים חדשים, הרי שהסיסטמטיקה חשופה אף היא לשינויים מתמידים כאלה. אמור מעתה, כי הסיסטמטיקה נוטלת את נתוני הטקסונומיה על הימצאות המינים השונים ושמותם ומשייכת אותם לקבוצות על פי המידע העדכני ביותר שיש בידי אנשי המדע. אם, למשל, ימצא מין חדש שתכונותיו קדומות יותר ממה שהיה ידוע לנו, או יתגלה קשר גנטי-מולקולרי אחר ממה שהיה מוכר עד כה, הרי שממצאים אלה עשויים לשנות את סכמת "עץ-החיים" שבידינו וממילא להשפיע על השיוך הקבוצתי של מינים שונים.

קלדיסטיקה, "עינף" (Cladistics, מיוונית: klados – "ענף"), היא דרך מדעית חדשה בתחום הפילוגנטיקה, למיון אורגניזמים בעלי תכונות משותפות, הניתנות לשיוך לאב קדמון משותף ואינן קיימות בתקופות קודמות להיווצרותו של אותו אב קדמון. הקלדיסטיקה מייצרת קלדוגרמים - עצי משפחה פילוגנטיים, המתארים את התובנות העדכניות של עולם המדע על ענפי ההתפתחות של האורגניזמים המתוארים בהם. אם בעבר ההיסקים התבססו על פרסימוניות (parsimony) מקסימאלית – מציאת העץ הפחות מסועף שניתן להסביר על ידו את הממצאים וקשרי האורגניזמים, כיום קשרים אלה וחקריהם מתבצעים בשיטות ממוחשבות, המעבדות את סך הנתונים המורפולוגיים והגנטיים. מטרת הקלדיסטיים למצוא הוכחות לכך שענף התפתחות של קבוצה טקסונומית מסויימת (טקסון) הוא "חד-שושלתי", מונופילטי (monophyletic) - כלומר, שכל המינים שבקבוצה והאב הקדמון המשותף שלהם הינם על "ענף התפתחות" (clade) אחד, ללא חריגות של מי מהמינים שבקבוצה. ה"ענף", clade, מחליף לעתים את המונח הקודם - טקסון, במובנה של קבוצת פרטים הקשורים סיסטמטית. לעתים נוכחים הקלדיסטיים כי קבוצת מינים בעלת מכנה משותף - למשל: דמיון מורפולוגי, צורת חיים דומה - התפתחה מאבות שונים באופן מקביל, כך שצורתה (הפנוטיפ) דומה אך הגנטיקה שלה (הגנוטיפ) שונה. במקרים אלה תחשב הקבוצה כ"רב-שושלתית", פוליפילטית (polyphyletic).



הערת המחברים:

זהו ניסיון ראשון לערוך באופן עדכני (נכון לינואר 2016) את רשימת הסדרות והמשפחות וכן עדכונים על העברת סוגים ומשפחות לקבוצות מיון אחרות משהיו עד עתה. מטבע הדברים, למרות מאמצנו לדייק ככל הניתן, יתכן וסביר שנפלו שגיאות פה ושם. נודה לציבור הקוראים על כל תיקון, הערה ותובנה. נא שלחו את הערותיכם להנהלת "צמח השדה" ונשתדל לתקן באופן רציף ויעיל ולהעלות לאתר גרסה מוגהת ומנופה.