



לייגרים, טייגונים וגרולרים - או לנו! רביית כלאיים, וכיצד היא משפיעה על מגוון ביולוגי

Lila M. Colston-Nepali¹, Deborah M. Leigh^{1,2*}

¹המחלקה לביולוגיה, אוניברסיטת קווינס, קינגסטון, אונטריו, קנדה
²המכון השוויצרי הפדרלי לחקר יערות, שלג ונוף, בירמנדורף, שווייץ

האם אי פעם שמעתם על ערבובים של לייגרים וטייגונים, ערבוב בין אריות וטיגריסים? על כלבי זאב, ערבוב בין זאבים וכלבים? או, אולי, על גרולר, שילוב בין דוב גריזלי לדוב קוטב? התהליך שבו אורגניזמים משני סוגים שונים מתערבבים, או מתרבים יחד, נקרא רביית כלאיים (או הכלאה ובלועזית היברידיזציה). הצאצאים שנולדים, שנוצרים משתי התערובות האלה, נקראים בני כלאיים. בני כלאיים מתרחשים בעולם הטבעי ומהווים כוח אבולוציוני חזק. הם גם חשובים לחיי היומיום שלנו – ככל הנראה אתם אוכלים צמחים בני כלאיים על בסיס יומיומי. במאמר הזה, נצלול לעולם המרגש של רביית כלאיים, ונתאר כיצד היא מתרחשת, ומה קורה כשבני כלאיים מולידים צאצאים.

מהו מין?

רביית כלאיים היא **הכלאה** של שני מינים שונים [1]. אם אנחנו רוצים להציץ אל תוך העולם של רביית כלאיים, ראשית עלינו להבין מהו מין. אורגניזמים מאותו המין דומים יותר זה לזה מאשר אורגניזמים ממינים שונים. קל להבחין בין מינים מסוימים, למשל היפופוטם הוא

סוקרים צעירים

GRAHAM
ELEMENTARY
AND
MIDDLE
SCHOOL

גיל: 11-10



MATÍAS

גיל: 12



SEBASTIAN

גיל: 9

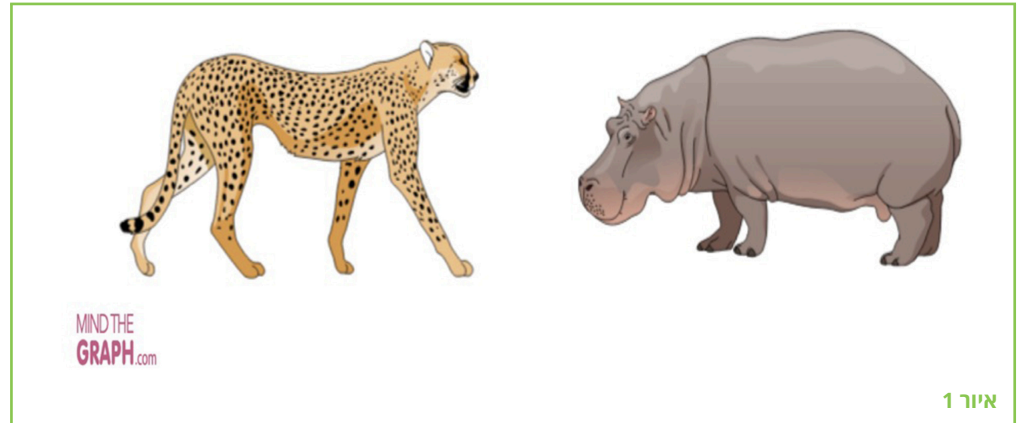


רביית כלאיים, הכלאה
(היברידיזציה)
(Hybridization)

הכלאה בין שני מינים שונים.

איור 1

צ'יטה והיפופוטם שייכים למינים שונים. שניהם חיים ביבשת אפריקה, אולם ההיפופוטם חי במים ובאזורים ביצתיים, בעוד שצ'יטות שונאות רטיבות וחיות בכרי הדשא של אפריקה. היפופוטם הוא אוכל עשב וצ'יטה אוכלת בשר. שני המינים האלה לא יכולים להתרבות.



מין

(Species)

אורגניזמים שדומים זה לזה ויכולים להתרבות ולייצר צאצאים פוריים. לא כל המדענים מסכימים על ההגדרה של מהם מינים שונים.

גנים

(Genes)

חלקים בדנ"א שמכילים הוראות עבור תהליכים ומאפיינים של הגוף (כמו למשל צבע עיניים).

מוטציות

(Mutations)

הבדלים קטנים בגנים שגורמים לפרטים להיראות ייחודיים. הרבה מוטציות מתרחשות בין מינים.

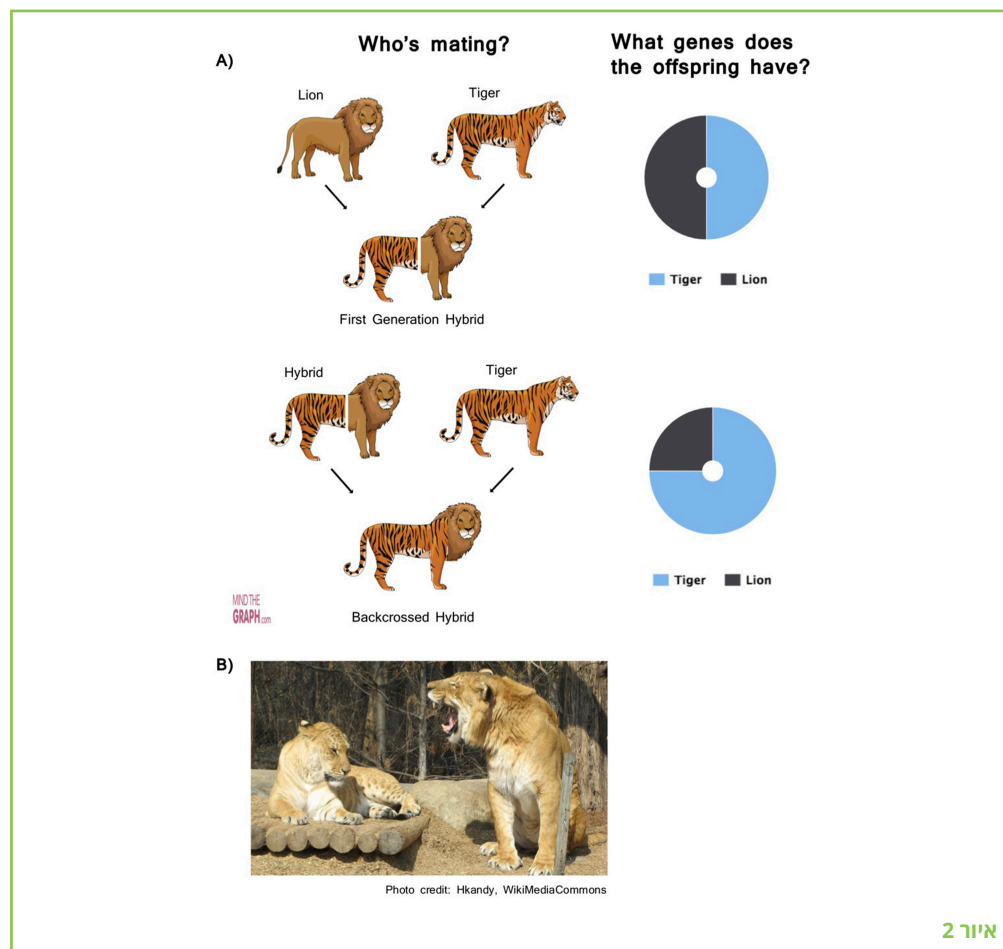
ודאי מין שונה מצ'יטה (ראו איור 1). אולם, מה ההבדל בין צ'יטה ובין נמר? גם הם מינים שונים, אולם נמר נראה דומה מאוד לצ'יטה. שניהם חיים באפריקה, שניהם אוכלי בשר, שניהם חתולים, ולשניהם אפילו יש נקודות. החוקים השכיחים ביותר לחלוקת אורגניזמים למינים נקראים "מושג המין הביולוגי" [2]. על פי החוקים האלה בעלי חיים נחשבים כשייכים למינים שונים אם אי אפשר להרבות אותם יחד, או אם ההתרבות שלהם מייצרת צאצאים לא פוריים, כלומר צאצאים שלא יכולים להוליד ילדים. בגלל שצ'יטה ונמר לא יכולים להתרבות יחד, אנו מחשיבים אותם כמינים שונים. חוקים אחרים שמחלקים חיות או צמחים דומים למינים שונים הם שנויים במחלוקת. חלק מהמדענים מחפשים הבדלים פיזיים, לדוגמה, הבדלים בצורת החוטם, צבע הגוף, ההתנהגות, סביבת המחיה, או האזור הגיאוגרפי. מדענים אחרים משתמשים בהבדלי גֵנִים שמסייעים לזהות מינים שונים. לכל האורגניזמים החיים יש גנים שנמצאים בדנ"א ומאחסנים מידע שאומר לגוף כיצד לפעול. בתוך מין מסוים, יש הבדלים קטנים בגנים שנקראים **מוטציות**. מוטציות כאלה הן מה שגורם להבדלים קטנים בתוך אותו המין, כמו הבדלים בצבע עיניים בבני אדם. מוטציות אפילו קובעות אם אתם יכולים לגלגל את הלשון שלכם או לא! בין מינים שונים, ישנן הרבה יותר מוטציות בין גנים. אלה מוטציות שגורמות להבדלים בגודל החוטם, או בהתנהגות שאנו רואים. אם מדענים אינם בטוחים אם שני אורגניזמים שייכים למינים שונים, הם יכולים להשוות ולספור את המוטציות, וכך לדעת.

מהם בני כלאיים?

כששתי חיות מאותו המין מזדווגות, הצאצאים שלהם מקבלים 50% מהגנים של כל אחד מההורים. זה מה שגורם לכם להיראות כמו תערובת של ההורים שלכם. בני כלאיים (באנגלית היברידיים) הם שילובים בין שני מינים שונים, כך שהם מכילים 50% מהגנים מכל אחד ממיני ההורים [1]. בן כלאיים מפורסם הוא הפֶּרְדֵּ, הכלאה בין חמור לבין סוס. חצי מהגנים של פרד מגיעים מהסוס, וחצי מגיעים מהחמור. בגלל התערובת הזו לפרדים יש מאפיינים של כל אחד ממיני ההורים, והם חזקים כמו חמורים, וגם אינטליגנטים כמו סוסים [3]. חקלאים מרבים פרדים בגלל שהשילוב הזה הופך פרדים להיות מצוינים לנשיאת משא. שימוש בהכלאות (רביית כלאיים) לשילוב ההיבטים הרצויים של כל מין הורה תורם מאוד לבני אדם, ובני כלאיים לעיתים קרובות משמשים בחקלאות. הרבה פירות טעימים שאתם קונים במכולת נוצרו באמצעות הכלאות! בננות, ענבים, גזרים ומלפפונים, כולם מינים בני כלאיים. למעשה, ישנם מאות סוגי בננות, אולם מרביתנו מכירים בננה היברידית. חקלאים המשיכו לערבב בין סוגי בננות כדי ליצור את השילוב המושלם של פרי רך וטעים, בלי הרבה זרעים [4].

איור 2

(A) משמאל למעלה, אריה וטיגריסית מזדווגים ומייצרים בן כלאיים. לבן הכלאיים אריה-טיגריסית יש 50% גנים של אריה ו-50% גנים של טיגריס. אם בן הכלאיים מזדווג עם טיגריסית (משמאל למטה), לצאצא הזה, שנקרא backcrossed hybrid, יהיה אחוז קטן יותר של גנים של אריה. **(A)** זהו איור. במציאות לייגרים וטיגריסים מעורבבים בכל רחבי הגוף שלהם, כפי שאנו יכולים לראות ב- **(B)**. זו דוגמה לשני לייגרים שחיים בגן חיות.



האם בני כלאיים יכולים להעמיד צאצאים?

פרדים ובננות הם דוגמאות לבני כלאיים שהם לא פוריים, או עקרים, כך שהם לא יכולים להוליד ילדים משלהם. אולם באופן מפתיע, ישנן הרבה דוגמאות לבני כלאיים שכן יכולים להוליד ילדים. זה קורה כשבני הכלאיים מזדווגים עם בני כלאיים אחרים, או עם אותו מין כמו אחד ההורים שלהם. לדוגמה, כשאריות וטיגריסים עוברים הכלאה הם מייצרים לייגר. לייגרים הם **פוריים**, והם יכולים להזדווג עם לייגרים, אריות וטיגריסים אחרים. בני כלאיים פוריים יוצרים בעיה מורכבת מאוד במדע, מאחר שהם שוברים את הכלל של המין הביולוגי – ששני מינים שונים לא יכולים להתרבות ולהוליד צאצאים פוריים. האם משמעות הדבר שההורים של בני הכלאיים הפוריים האלה אינם מינים שונים? לא, זה פשוט אומר שמושג המין הביולוגי לא מתאים לכל מין. הודות לגילוי שחלק מבני הכלאיים פוריים, מדענים ממשיכים להתווכח על מהו מין, והוויכוחים ככל הנראה יימשכו עוד שנים רבות. זה מה שגורם לרביית כלאיים להיות כל כך מעניינת – היא מאתגרת חלק מהרעיונות המדעיים הבסיסיים שלנו [1].

כשבני כלאיים מזדווגים עם אחד ממיני ההורים שלהם, הצאצאים שלהם ידועים כבני כלאיים מסוג Backcross [1]. באיורים 2A, B, אנו רואים לייגר (הכלאה בין אריה וטיגריסית), שהזדווג עם טיגריסית. לצאצא מהתערובת הזו, בן הכלאיים מסוג backcross, עדיין יש גנים של אריה. אם סוג הכלאה הזה ממשיך במשך דורות רבים (בן הכלאיים מזדווג עם טיגריסית,

פורה

(Fertile)

מסוגל להתרבות ולהעמיד צאצאים. לא פורה, או עקר, משמעותו לא יכול להעמיד צאצאים.

אז הצאצאים שלהם מזדווגים גם הם עם טיגריסית, וכן הלאה), אחוז הגנים של האריה יקטנו עוד ועוד, אולם לא ייעלמו לגמרי. משמעות הדבר היא שגנים של אריה יכולים בסופו של דבר להיות חלק מהמערך הגנטי של טיגריס. המצב שבו מין אחד מכיל חלק מהגנים של מין אחר ידוע כ**אינטרוגרסיה**. זהו כוח אבולוציוני חזק, מאחר שהגנים החדשים האלה עשויים לקודד תכונות או התנהגויות חדשות, שיכולות לסייע למינים של ההורים [5].

איזו השפעה יש להכלאה עם עולם הטבע?

עד כה, דיברנו רק על בני כלאיים שנוצרו על-ידי בני אדם. אריות וטיגריסים לעולם לא נפגשים באופן טבעי בטבע, אולם בני כלאיים אחרים כן מתרחשים באופן טבעי. למעשה, ישנם מאות

אינטרוגרסיה (Introgression)

כאשר גנים של מין אחד מועברים למין אחר דרך הכלאה.

איור 3

כנפיים של פרפרי *Heliconious*. הפאנל העליון מראה בן כלאיים של שני מיני הפרפרים שבפאנלים שמתחתיו, כך שתבניות כנפי בן הכלאים הן שילוב של שני ההורים. ההכלאה הזו יכולה להיות מועילה מאחר שתבניות כנפיים חדשות עשויות למשוך בני זוג, אולם גם יכולות להיות בלתי מועילות מאחר שחלק מתבניות הכנפיים יכולות להפוך את הפרפרים בולטים יותר עבור טורפים. התמונות לקוחות מ-heliconius.ecdb.io.



איור 3

סוגי בני כלאיים בטבע. חושבים שאחד מארבעה מיני צמחים ואחד מעשרה מיני חיות, עושים הכלאה [6]. הכלאה יכולה לסייע למין ההורה על-ידי העברה של גנים חדשים, באמצעות אינטרוגרסיה, ויכולה אפילו להוביל ליצירה של מינים חדשים [5]. לדוגמה, פרפרי *Heliconius* דרום-אמריקאיים קיבלו חלק גדול מתבניות הכנפיים היפות שלהם דרך הכלאה (איור 3) [7]. פרפרי *Heliconius* משתמשים בתבניות הכנפיים שלהם כדי למשוך זיווג, כמו גם להימנע מטורפים, שמפרשים את התבניות כסימני אזהרה [7]. הכלאה עתיקה של מיני חמנייה גם ייצרה מין חדש בצפון אמריקה. החמניות ההיברידיות-מקוריות האלה יכולות לחיות בסביבות קיצוניות יותר, היכן שהאדמה היא דלה או רעילה. הכלאה משלבת תכונות משני מיני ההורים, ויוצרת שילובי גנים חדשים בבן הכלאיים שמאפשרים לו לחיות בסביבת המחיה החדשה הזו [8].

אף על פי שהרבה בני כלאיים טבעיים שדיברנו עליהם הם ממינים מודרניים, ישנן גם דוגמות להכלאות עתיקות שהתרחשו לפני עשרות אלפי שנים. בני הכלאיים האלה יכולים להיות מזהים אפילו כשמיני ההורים כבר נכחדו. הסיבה לכך היא שחלק מהגנים של מיני ההורים עדיין נמצאים באחוזים קטנים בבן הכלאיים. באמצעות השוואת מוטציות של גנים בין מינים קרובים, אנו יכולים למצוא בני כלאיים פוטנציאליים על-ידי חיפוש גנים שונים מאוד, או מוטציות, שהגיעו מאחד ממיני ההורים העתיקים. באמצעות השיטה הזו נמצא בן כלאיים עתיק שהוא האב הקדמון של מינים רבים של דגי שושנונים (כמו נמו, מלמצוא את נמו). ממש כמו החמנייה, שילוב התכונות בבן הכלאיים העתיק הזה אפשר לאב הקדמון של השושנונים לחיות בסביבת מחיה חדשה [9]. כתוצאה מכך, בן הכלאיים העתיק הזה הוא אב קדמון של הרבה מיני שושנונים מודרניים.

לעיתים, בני כלאיים יכולים להיות לא טובים למין ההורה, ולעולם הטבע. אם בני כלאיים מוצלחים מאוד, יכולים להיות כל כך הרבה בני כלאיים שהם יתחרו עם מיני ההורים שלהם על מזון ועל מרחב מחיה, מה שיכול להוביל להיכחדות של מין ההורים. אובדן מין הוא לא טוב למגוון הביולוגי, ויכול להשפיע על מינים אחרים בסביבת המחיה. כשאובדן המין הזה מתרחש באופן טבעי מדענים לא מנסים לעצור אותו, מאחר שהוא תהליך טבעי. אובדן מין הורה כתוצאה מהכלאה בעייתית רק כשבן הכלאיים נוצר על-ידי בני אדם, והוכנס לאזור שבו מיני ההורים לא נמצאו באופן טבעי. עלינו לפעול כדי למנוע היכחדות של מיני הורים במקרים כאלה. אולם אל תדאגו – בני הכלאיים שאנו קונים במכולת אינם אמורים לגרום לנזק סביבתי משמעותי, מאחר שישנן תקנות שמוודאות שהם מגודלים בזהירות רבה.

מסקנה

רביית כלאיים, או הכלאה, היא תהליך מורכב שמְעַרְב שילוב של שני מינים. הכלאה היא חלק חשוב באבולוציה, כתוצאה מהעברת גנים דרך אינטרוגרסיה, ותפקידה הוא יצירת דור של מין חדש. זה גם חלק חשוב בחיי היומיום שלנו, והוא מסייע לשפר את המזון ואת היבולים שלנו.

מקורות

1. Allendorf, F. W., and Liukart, G. (eds.) 2007. "Hybridization," in *Conservation and the Genetics of Populations* (Malden, MA: Blackwell Pub). 421–48.

2. Mayr, E. 2000. "The biological species concept," in *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate*, eds Q. D. Wheeler and R. Meier (New York, NY: Columbia University Press). 17–20.
3. Proops, L., Burden, F., and Osthaus, B. 2009. Mule cognition: a case of hybrid vigour? *Anim. Cogn.* 12:75–84. doi: 10.1007/s10071-008-0172-1
4. Perrier, X., De Langhe, E., Donohue, M., Lentfer, C., Vrydaghs, L., Bakry, F., et al. 2011. Multidisciplinary perspectives on banana (*Musa spp.*) domestication. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 108:11311–8. doi: 10.1073/pnas.11020011108
5. Arnold, M. L., Sapi, Y., and Martin, N. H. 2008. Genetic exchange and the origin of adaptations: prokaryotes to primates. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 363:2813–20. doi: 10.1098/rstb.2008.0021
6. Mallet, J. 2005. Hybridization as an invasion of the genome. *Trends Ecol. Evol.* 20:229–37. doi: 10.1016/j.tree.2005.02.010
7. Kronforst, M. R., Young, L. G., Blume, L. M., and Gilbert, L. E. 2006. Multilocus analyses of admixture and introgression among hybridizing *Heliconius* butterflies. *Evolution* 60:1254–68. doi: 10.1554/06-005.1
8. Rieseberg, L. H., Raymond, O., Rosenthal, D. M., Lai, Z., Livingstone, K., Nakazato, T., et al. 2003. Major ecological transitions in wild sunflowers facilitated by hybridization. *Science* 301:1211–6. doi: 10.1126/science.1086949
9. Litsios, G., and Salamin, N. 2014. Hybridisation and diversification in the adaptive radiation of clownfishes. *BMC Evol. Biol.* 14:245. doi: 10.1186/s12862-014-0245-5

פורסם אונליין: 30 בדצמבר 2021

נערך על ידי: Didone Frigerio

ציטוט: Colston-Nepali LM and Leigh DM (2021) לייגרים, טייגונים וגרולרים - או לנו! רביית כלאיים, וכיצד היא משפיעה על מגוון ביולוגי. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00113-he

תורגם והותאם: Colston-Nepali LM and Leigh DM (2019) Ligers and Tigons and Grolars, Oh My! Hybridization, and How It Affects Biodiversity. *Front. Young Minds* 7:113. doi: 10.3389/frym.2019.00113

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2019 © Colston-Nepali and Leigh 2021. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתיקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתיקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

11-10 גיל: GRAHAM ELEMENTARY AND MIDDLE SCHOOL

Graham Elementary and Middle School תלמידי כיתה ה של בית הספר היסודי וחיבת הביניים (GEMS) הם אבני חן (gems) אמיתיות! הם מגיעים מרקעים מגוונים, וחיים בכל רחבי קולומבוס, אולם מגיעים יחד כל יום לחלוק חוויות זה עם זה. הם משתתפים במשלחות למידה מבוססת-פרויקטים, ויש להם אהבה גדולה לפתרון בעיות בקהילה!



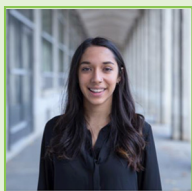
12 גיל: MATÍAS

אני ילד בן 12 שאוהב מדע, תכנות, ויקינגים, מיתולוגיה, ג'ו-ג'יטסו, רוק אנד רול ונגינה על תופים.



9 גיל: SEBASTIAN

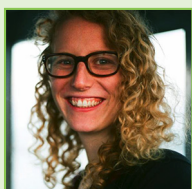
אני אוהב לשחק טניס. אני אוהב את יפן, קריאה, מתמטיקה וחיות.



הכתבות

LILA M. COLSTON-NEPALI

Lila M. Colston-Nepali היא סטודנטית לתואר שני באוניברסיטת קווינס. עבור פרויקט הכבוד שלה לתואר ראשון, היא חקרה הכלאה בין שני מיני עוף ימי שנקרא murre באוקיינוס האטלנטי. כיום היא חוקרת ציפורי ים בקוטב הצפוני, באמצעות שיטות גנומיות, במטרה לענות על שאלות שקשורות בשימור. היא ראתה הרבה בני כלאיים בטבע!



DEBORAH M. LEIGH

דוקטור Deborah M. Leigh היא פוסט-דוקטורנטית שחוקרת את הגנטיקה של מינים בסכנת הכחדה. היא חוקרת בבריטניה ובשווייץ, ובעלת דוקטורט מאוניברסיטת ציריך. כיום היא עובדת בשווייץ וחוקרת מחלות של עצים. יש לה הרבה עצים בני כלאיים, אולם לא הרבה בעלי חיים בני כלאיים בינתיים!
*deborahmleigh.research@gmail.com

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (נ.ר.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת גרסה עברית
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK