



כשנמלים וצמחים נסמכים אלה על אלה באופן הדדי

Finote Gijsman *, Yorlenis González, Maikol Guevara I Sabrina Amador-Vargas

מכון סמית'סוניאן למחקר טרופי, אנקון, פנמה תקציר

סוקרים צעירים

JOSEPHINE

גיל: 10



אוכלי-עשב
(Herbivore)

בעלי חיים הניזונים מצמחים.

צמחים משתמשים במגוון אסטרטגיות כדי להגן על עצמם מפני בעלי חיים שאוכלים אותם, הנקראים גם 'אוכלי-עשב'. אחת הדרכים החכמות לעשות זאת, אשר בה משתמשים צמחים בשם מירמקופיטים (Myrmecophytes), היא לחבור לנמלים. מירמקופיטים הם צמחים שפיתחו קשר הדוק עם נמלים. בתמורה להגנה כנגד אוכלי-עשב, המירמקופיטים מספקים לנמלים מזון ו/או מקלט. נשמע כמו הסכם מצוין, נכון? אכן, אך לפעמים, שיתוף הפעולה עם נמלים עשוי להיות מורכב עבור צמחים. כיוון שהמירמקופיטים אינם יכולים לבחור אילו נמלים יקבלו בתור שומרות ראש, עליהם למצוא איזון בין הצרכים שלהם לבין צורכי הנמלים המגינות עליהם. במאמר זה, נציג בפניכם דוגמה טיפוסית לצמחים המקיימים יחסי תועלת עם נמלים, נתאר כיצד נמלים וצמחים במערכות היחסים הללו תלויים אלה באלה, ונחקור כיצד צמחים הנסמכים על נמלים מתקשרים עם זני נמלים שונים.

כיצד צמחים מגינים על עצמם כנגד אוכלי-עשב?

במטרה להגן על עצמם כנגד אוכלי-עשב, צמחים משתמשים במגוון שיטות. עם אלה נמנות הגנות פיזיות, כמו קוצים מסוגים שונים, כדי למנוע מאוכלי-עשב מלאכול את עלי הצמחים;

רעלנים (Toxins)

חומרים רעילים המיוצרים על ידי צמחים, חיות וחיידקים. צריכתם עלולה להיות מסוכנת.

מירמקופיטים (Myrmecophytes)

צמחים שחיים בהדדיות עם נמלים, מכונים גם 'צמחי-נמלים'. הם מייצרים מבנים מיוחדים עבור נמלים, למגורים ולמאכל.

הדדיות (Mutualism)

מערכת יחסים קרובה בין שני מינים או יותר, המיטיבה עם כל הצדדים המעורבים.

סוג (Genus)

קבוצה של אורגניזמים מקרבה מיידית.

צופנים חוץ-פרחיים (Extrafloral Nectaries)

בלוטות ייעודיות שנמצאות על עלי צמחים, המייצרות צוף להזנת נמלים.

גופים בלטיים (Beltian Bodies)

איברים עשירים בחלבון, המתפתחים על קצותיהם של חלק מעלי עץ השיטה. הנמלים משתמשות בהם כמזון לזחלים שלהן.

הגנות כימיות, כמו רעלנים וחומרים הדוחים חיות מסוימות, כדי לשוואת לעלים שלהם טעם רע. כהגנה נוספת, ישנם צמחים המושכים את אויביהם הטבעיים של אוכלי-העשב, 'ומגייסים' אותם בתור שומרי ראש. אחד מאותם אויבים טבעיים הן הנמלים.

האם קרה שנעקצתם או ננשכתם על ידי משהו, ולאחר מכן גיליתם שהעברייך הוא נמלה קטנה? אם תשובתכם לשאלה חיובית, ייתכן שאתם יודעים כי למרות שהן קטנות, נמלים יכולות להיות רבות-עוצמה. זו הסיבה לכך שצמחים הנקראים מירמקופיטים, או 'צמחי נמלים', משתמשים בנמלים כשומרות ראש, כדי שייסיעו להגן על צמחים אלה כנגד אוכלי-עשב. מירמקופיטים הם צמחים שחוברים לנמלים במערכת יחסים המיטיבה עם שני הצדדים. צורת הקשר הזו מכונה הדדיות, ובמסגרתה צמחים ונמלים מפיקים תועלת משיתוף הפעולה, כדי לסייע אלה לאלה לגדול ולשרוד; נמלים מגינות על צמחים כנגד אוכלי-עשב, וצמחים מספקים לנמלים מזון ו/או מחסה. זו עסקה מצוינת לשני הצדדים!

עצי השטה – צמחים הנסמכים על נמלים

עצי השיטה הם דוגמה לצמחים מירמקופיטים. שיטה הוא שם כולל לקבוצת עצים ושיחים שמקורם באזורים טרופיים וסוב-טרופיים ברחבי העולם. ניתן למצוא אותם באוסטרליה ובאפריקה, וכן בדרום יבשת אמריקה ובמרכזה. חלק ממיני השיטה אף גדלים בישראל. אומנם לא כל עצי השיטה ביססו מערכות יחסים עם נמלים, אך רבים מהם תלויים לגמרי בנמלים להישרדותם.

במרכז אמריקה, עצי השיטה תלויים בהגנה שמספקים זני נמלים שונים מסוג (מין) שטיות (*Pseudomyrmex*, (איור 1) [1]. כדי לתגמל את הנמלים על שירותן בתור שומרות ראש, עצי השיטה הללו מספקים לנמלים מזון ומקלט. הקוצים החלולים בעץ משמשים מקומות מקלט, שבהם הנמלים יכולות לישון ולטפל בזחלים שלהן. מזון מספקים עצי השיטה בשתי דרכים – ראשית, הם מייצרים נוזל מתקתק שהנמלים שותות, המכונה צוף. הצוף מיוצר במבנים מיוחדים בשם צופנים חוץ-פרחיים, המצויים בבסיסם של עלי השיטה. שנית, על קצות העלים שלהם מייצרים עצי השיטה מבנים עשירים בחלבון, המכונים גופים בלטיים (איור 2). הנמלים מסירות את הגופים הבלטיים הללו מקצות עלי השיטה, זה אחר זה, ומאכילות בהם את הזחלים שלהן.

אולם כשמייצרים חטיפים טעימים כמו צוף וגופים בלטיים, ישנו גם הסיכון שרמאים או נמלים מגינות עצלניות יימשכו אליהם. לפעמים, זני נמלים שחיות בעצי השיטה ניזונות מהאוכל המתגמל שהעץ מייצר בלי להגן על העץ כנגד אוכלי-עשב בתמורה! כיוון שעצי השיטה מנצלים את האנרגיה שלהם ואת משאביהם כדי לייצר את התגמולים הללו עבור הנמלים, הם עלולים לבזבז משאבים יקרים אם חיות עליהם נמלים עצלניות, או כאלו שרממות אותם.

מה קורה אם הנמלים המגינות על העץ הן עצלניות?

אולי הייתם מצפים מעץ שיטה שחיה עליו מושבה של נמלים עצלניות להגיב באחת משתי דרכים. ראשית, העץ עשוי לייצר יותר תגמולים, כדי לנסות לעודד את הנמלים להגן עליו כנגד אוכלי-עשב בצורה טובה יותר. זו עשויה להיות תגובה שתעלה לעץ ביוקר בתחילה, כיוון שעץ

איור 1

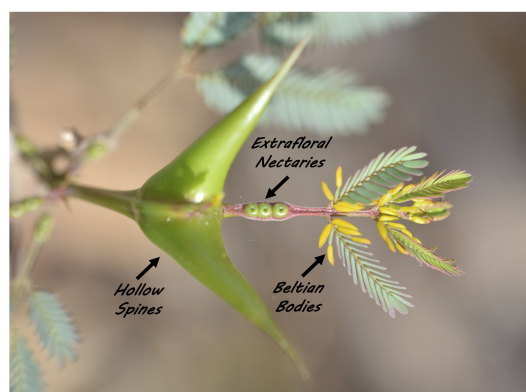
דוגמה לזן של עץ שיטה
התלוי בהגנת נמלים
להשרדותו.



איור 1

איור 2

עצי שיטה מתגמלים נמלים
באמצעות אספקת מזון
ומקלט, בתמורה להגנה כנגד
אוכלי-עשב. העצים מציעים
מקלט בדמות קוצים חלולים
שבהם חיות הנמלים,
ומספקים מזון על ידי צופנים
חוץ-פרחיים וגופים בלטיים.
(קרדיט לתמונה: S.
Amador-Vargas)
קוצים = Hollow Spines
חלולים;
= Extrafloral Nectaries
צופנים חוץ-פרחיים;
גופים = Beltian Bodies
בלטיים.



איור 2

השיטה ייאלץ להשתמש במשאביו ובאנרגיה שלו כדי לייצר תגמולים נוספים עבור הנמלים. אולם, זה עשוי להשתלם בטווח הרחוק אם הנמלים ישפרו את יכולתן להבריח אוכלי-עשב. שנית, עץ השיטה יכול להעניש את הנמלים על ידי הפחתת מספר התגמולים שהנמלים מקבלות, וצמצום היקפיהם. העץ לא ישלם על כך ביוקר בטווח הקצר, אך ייתכן כי משמעות הדבר היא שלא תהיה לנמלים סיבה להגן על העץ בעתיד, והעץ לא ירוויח מכך. אם כן, מהי הדרך העדיפה?

כדי לענות על שאלה זו, בדקנו אם עצי שיטה בפּוֹנְמָה, מדינה ששוכנת במרכז אמריקה, מתגמלים את הנמלים המגינות עליהם בצורה שונה, כתלות באיכות ההגנה שהנמלים מספקות להם כנגד אוכלי-עשב. כדי לעשות זאת, ראשית בחרנו עצי שיטה המאוכלסים על ידי אחד משלושה זני נמלים: מְקִנּוֹת הגנה חזקה, בינונית וחלשה. כל אחד מזנים אלה סיפק לעצי השיטה רמות שונות של הגנה כנגד אוכלי-עשב, וצָרָךְ תגמולים שונים.

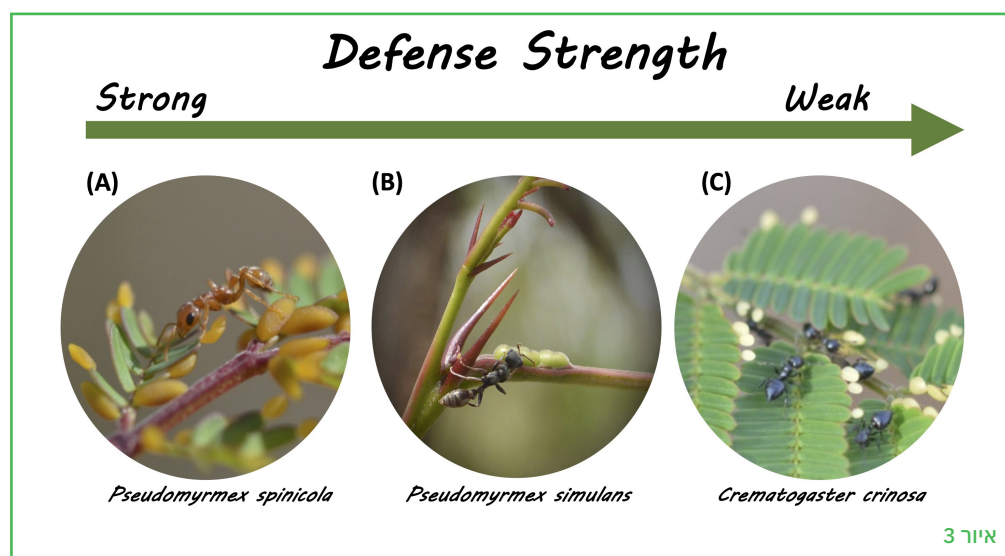
המגינות הטובות ביותר הן שיטיות ספיניקולה (*Pseudomyrmex spinicola*, איור 3A). נמלים אלו מגינות על העצים על ידי נשיכה ועקיצה כאבות המכוונות כלפי אוכלי-העשב, ובתמורה, הן חיות בקוצי השיטה וניזונות משני סוגי תגמולי המזון (צוף וגופים בלטיים) [2,3].

המגינות הבינוניות הן נמלים מזן שיטיות סימולנס (*Pseudomyrmex simulans*, איור 3B). נמלים אלו חיות אף הן בקוצים של עצי השיטה, ניזונות משני סוגי התגמולים האכילים, עוקצות אוכלי-עשב ונושכות אותם, אך אינן מגינות על העצים מפניהם טוב באותה מידה כמו שיטיות ספיניקולה. זאת כיוון שהעוקץ והנשיכות שלהן לא כואבים כמו אלה של שיטיות ספיניקולה. עם זה הן לפחות מנסות להגן על בתיהן בעצי השיטה!

אחרונות הן המגינות החלשות ביותר, מזן קרמטוגסטר קרינוזה (*Crematogaster crinosa*, איור 3C). נמלים אלה מנצלות את המקלט שמספק להן העץ, וצורכות רק את תגמולי המזון בדמות הצוף, אך זן זה מספק לעץ הגנה מועטה כנגד אוכלי-עשב [4]. כיוון שאין ביכולתן של נמלים אלה לעקוץ אוכלי-עשב ולנשוך אותם, הן 'יורות' טיפות של חומצה מהבטנים שלהן. נשמע שזה עשוי להפחיד מאוד את אוכלי-העשב, אך למעשה הדבר לא כל כך כואב להם. מסיבה זו, קרמטוגסטר קרינוזה נחשבות לרמאיות במערכת ההדדיות של הנמלים עם עצי השיטה; הן מנצלות את התגמולים שעצי השיטה מייצרים, אך לא מספקות להם הגנה מרובה בתמורה!

איור 3

זני נמלים שונים מספקים לעצי השיטה איכויות הגנה שונות כנגד אוכלי-עשב. (A) שומרות הראש הטובות ביותר הן שיטיות ספיניקולה, ידי נשיכה אוכלי-עשב ועקיצתם. (B) שומרות הראש הבינוניות, שיטיות סימולנס, מגינות אף הן על עצי השיטה על ידי נשיכה אוכלי-עשב ועקיצתם, אך לא באותה המידה כשיטיות ספיניקולה. (C) שומרות הראש החלשות ביותר, מזן קרמטוגסטר קרינוזה, רק מרססות חומצה עדינה שאינה פוגעת באוכלי-העשב (קרדיט לתמונה: S. Amador-Vargas).



כעת, כדי להשוות את האופן שבו עצי שיטה מתגמלים את שומרות הראש השונות שלהם, ספרנו את מספר תגמולי המזון והמקלט שהעצים יצרו כשאוכלסו על ידי זני הנמלים השונים. עבור תגמולי המזון, מנינו את מספר הצופנים החוץ-פרחיים והגופים הבלטיים שהיו על עלי העצים. עבור תגמולי המקלט ספרנו את מספר הקוצים ('בתי הנמלים') שהעצים יצרו, ומדדנו את גודליהם. אז... מה גילינו?

עצי השיטה מתגמלים באופן שונה את הנמלים המגינות עליהם

גילינו כי עצי השיטה מתייחסים אל הנמלים שומרות הראש שלהם בצורה שונה, כתלות בטיב ההגנה שהנמלים מספקות להם כנגד אוכלי-עשב. בעוד שמספר הקוצים וגודלם נותרו זהים בעצים המאוכלסים על ידי כל זני הנמלים, מספר תגמולי המזון שהעצים יצרו היה שונה! כשהיו מאוכלסים על ידי מגינות חזקות, כמו שיטיות ספיניקולה, או על ידי מגינות בינוניות, כמו שיטיות סִימולֶנְס, עצי השיטה יצרו כמות דומה של תגמולי מזון בדמות צוף. אך כאשר נמלים עצלות, כמו קֶרְמִטוֹגְסְטֶר קְרִינוֹזָה, אכלסו את עצי השיטה, העצים הוסיפו עוד צופנים על קצות העלים שלהם!

מה יכולה להיות הסיבה לכך? למרות שזו עדיין תעלומה, אנו סבורים כי עצי השיטה מנסים לעודד את הנמלים העצלות לִפְטֶרֶל ולהגן על העלה לכל אורכו, באמצעות ייצור צופנים חוץ-פרחיים נוספים בקצה העלה. זכרו – נמלים מזן קרמטוגסטר קרינוזה צורכות רק את הצוף המיוצר על ידי עצי השיטה. לכן, ייתכן שהדרך הטובה ביותר לעודד אותן לפטרל לכל אורך העלה היא לייצר תגמול צוף המרוחק מהמגורים שלהן בקוֹצֵי העֵץ. אוכלי-עשב רבים מפחדים מנמלים, לכן, אפילו אם הנמלים לא יתקפו את הפולשים או יפגעו בהם, ייתכן שעדיף לארח מושבה של נמלי קרמטוגסטר קרינוזה עצלניות, מאשר שלא יהיו נמלים כלל!

מהי חשיבות המחקר?

ההדדיות בין נמלים ועצי שיטה היא דוגמה חיונית ליחסי גומלין שהתפתחו בין אורגניזמים בטבע. כשחוקרים איך יחסי הגומלין הללו משתנים כתלות בזני הנמלים שומרות הראש, ניתן ללמוד הרבה על מערכות יחסים, ועל מציאת האיזון שבין נתינה לקבלה. מחקר זה יכול גם לסייע לנו להבין כיצד מערכות יחסים מסוג זה משתמרות, ואיך הן משפיעות על ההישרדות של שני הצדדים ועל רבייתם – נמלים וצמחים כאחד.

כעת, התגלית שלנו פותחת צוהר לשאלות רבות נוספות. לדוגמה, היינו רוצים לדעת כיצד עצי שיטה יכולים להבדיל בין זני הנמלים שחיות בתוך הקוצים שלהם. כמו כן, אם העצים מתגמלים זנים של נמלים עצלות כמו קרמטוגסטר קרינוזה בתוספת צוף, למה זנים נוספים של נמלים לא יִמְרִמִּים גם הם? ההדדיות בין הנמלים לעצי השיטה מציגה מערכת מלהיבה למחקר סוגיות הנוגעות ליחסי הגומלין בין זנים שונים, וישנן סוגיות מסתוריות רבות נוספות שעלינו לחשוף. אנו מקווים שתצטרפו אלינו בחיפושים עתידיים אחר תשובות לשאלות הללו, ואולי בפעם הבאה שנמלה תעקוץ אתכם תיזכרו במאמר, ותבינו מדוע ישנם צמחים המשתמשים בנמלים כשומרות ראש!

מימון

המימון למחקר זה מלווה בתמיכת תוכנית ההתמחות של מכון סמית'סוניאן למחקר טרופי (STRI). MI

מאמר המקור

Gijsman, F., González, Y., Guevara, M., and Amador-Vargas, S. 2021. Short-term plasticity and variation in acacia ant-rewards under different conditions of ant occupancy and herbivory. *Sci. Nat.* 108:31. doi: 10.1007/s00114-021-01738-w

מקורות

1. Janzen, D. H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution* 20:249–75. doi: 10.2307/2406628
2. Amador-Vargas S., Orribarra V. S., Portugal-Loayza A., and Fernández-Marín H. 2021. Association patterns of acacia plants with three ant species and related organisms in a dry forest of Panama. *Biotropica* 53:560–6. doi: 10.1111/btp.12899
3. Gijsman, F., González, Y., Guevara, M., and Amador-Vargas, S. 2021. Short-term plasticity and variation in acacia ant-rewards under different conditions of ant occupancy and herbivory. *Sci. Nat.* 108:31. doi: 10.1007/s00114-021-01738-w
4. Longino, J. 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of costa rica. *Zootaxa* 151:1–150. doi: 10.11646/zootaxa.151.1.1

פורסם אונליין: 06 במרץ 2025

נערך על ידי: John T. Van Stan

מנחים מדעיים: Manuel Esperon-Rodriguez

ציטוט: Gijsman F, González Y, Guevara M | Amador-Vargas S (2025) כשנמלים וצמחים נסמכים אלה על אלה באופן הדדי. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2022.811444-he

תורגם והותאם מ: Gijsman F, González Y, Guevara M and Amador-Vargas S (2022) When Ants Depend on Plants and Plants Depend on Ants. *Front. Young Minds* 10:811444. doi: 10.3389/frym.2022.811444

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

זכויות יוצרים © Gijsman, González, Guevara | Amador-Vargas 2025. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

10 גיל: JOSEPHINE

שמי הוא Josephine, אני בת 1, תלמידת כיתה ה'. גרה עם הוריי, עם ארבעה תוכים ועם כלב האסקי. הצבע האהוב עליי הוא כתום-ניאון. אני עוסקת בהחלקה על גלגליות, וגם שוחה ומשחקת גולף. אוהבת לקרוא ולצפות בתוכניות על בעלי חיים, דרקונים ומיתולוגיה. אני אוהבת חיות, אבל אין לי חיה מועדפת, כיוון שלכל חיה יש יכולות שונות ומאפיינים שונים. נהיית לסקור את המאמר, ומקווה לעשות זאת שוב בעתיד.

הכותבים

FINOTE GIJSMAN

Finote Gijsman היא דוקטורנטית במחלקה לאקולוגיה ולביולוגיה אבולוציונית באוניברסיטת פרינסטון. עבודתה מתמקדת, בצורה רחבה, בתקשורת בין מינים; בתפקידים שהם ממלאים בשמירה על המגוון הביולוגי של המערכת האקולוגית ובהשפעות של התערבויות אנושיות על מארגי מזון. נכון לעכשיו, היא חוקרת את מבניהם והרכבם של מארגי מזון של חיפושיות זבל בסוואנות של אפריקה. בזמנה הפנוי, Finote אוהבת לבשל, לטייל ולצפות בסרטים עם חברים. *fgijsman@princeton.edu

YORLENIS GONZÁLEZ

Yorlenis González היא בִּטְנִיקָאית מִפְנֵמָה. נכון לעכשיו, היא עובדת בארגון פרויקטים מחקריים העוסקים בהתנהגות פְּרָוִי וְגִלְיִם נְאוֹטְרוֹפִיִּים, וביחסי הגומלין בין נמלים לבין צמחים, בעיצוב הפרויקטים; תיאומם והוצאתם לפועל. היא מתעניינת במגוון, בארגונים אקולוגיים ובלמידת דרכים חדשות להנגשת המדע בצורה מעשית שאחרים יכולים להבין בקלות. בזמנה הפנוי, Yorlenis אוהבת להאזין למוזיקה, לטייל ולבלות עם משפחתה.

MAIKOL GUEVARA

Maikol Guevara הוא בעל תואר ראשון בביולוגיה. אוהב ללמוד על מגוון הצמחים בפנמה, ולבקר בסוגים שונים של יערות המאכלסים זני צמחים שונים. הוא גם מתעניין בדרך שבה צמחים יכולים להשפיע על בעלי חיים המתגוררים באותם יערות. מלבד יערות, Maikol נהנה לחקור צמחים באוקיינוס, ואת הרכיבים הזעירים דמויי-הצמח של פִּיטוֹפְלֶנְקְטוֹן, כיוון שעולם מיקרוסקופי זה טומן בחובו מגוון עצום של זנים.

SABRINA AMADOR-VARGAS

Sabrina Amador-Vargas היא ביולוגית המתעניינת בהתנהגות בעלי חיים וביחסים שבין נמלים לצמחים. היא חוקרת כיצד נמלים מקבלות החלטות ופותרות בעיות לבדן או כחלק מקבוצה. היא גם שואפת להבין את תגובות הצמחים הקשורים לנמלים, ומתעניינת בתלות ההדדית בין האורגניזמים השונים מאוד הללו. פרט לנמלים, Sabrina נהנית מצפרות, צילום וטיולים ארוכים על החוף.

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK



קרן משפחת
שעשוע
Shashua Family Foundation