

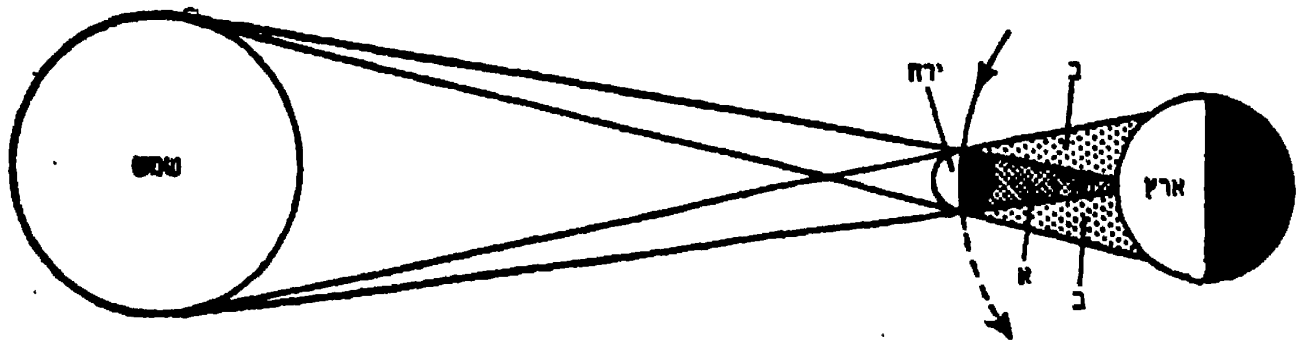
נמשיך, איפוא, צעד נוסף. בחדש הנקוב, במילוא, ימצא הירח במול הנגרי (השביעי) בגלגל המולות מהשמש, שכן כבר עבר 180° ממסלולו סביב כדה"א [ואז נשלם אורו "כי נפלא" (סנהד' מב.), עיגול מלא. 255]. בחדשי החרף, יימצא, אפוא, במילואו, במולות שהשמש נמצאת בהם בקיץ (ברום השמים) ובחדשי הקיץ יימצא במילואו במולות שהשמש שוהה בהם בחרף (שהם בנטיה דרומית ניכרת).

הירח מאחר לזרוח ולשקוע מדי יום בממוצע של 45 דק'. מהטבלה נראה בעליל, כי בעת המולד אין הירח מפריע לתצפיות בכוכבים חוורים, הן עקב זהירו הקסן, הן בגלל שרוב הזמן הוא מעל לאופק בשעות היום ולא בשעות הלילה. ברבע הראשון ניתן לצפות בלי הפרעה בחציו השני של הלילה, בעוד שברבע האחרון ניתן לצפות בלי הפרעה בחציו הראשון של הלילה.

לפני-כן הזכרנו את ארכו של החדש הממוצע. למה ממוצע? וזאת לפי שמהירותו במסלולו האליפטי של הירח מסביב לכדה"א אינה יציבה; פעם היא גדולה ופעם היא פוחתת, לפי "שעלקלות גדולות יש במעגלותיו" ("היד החזקה", קידוש-החדש, טו"ב הכ"ג). החדש האמיתי אינו בן אורך קבוע ממולד למולד, מכאן גם הקושי הרב בקביעת מקום הירח במקום מסויים. ואגב, רק במאת השנים האחרונות מוצו כל ההסברים לתנועת הירח. התיאוריה הלונארית המשוכללת (החשובה המאתמאטי המדויק של תנועת הירח בהתאם למציאות) נחשבה לאחד ההישגים המושלמים ביותר של האסטרונומיה הקלאסית. לא כאן המקום לפרט את החשבונות לכך. ר' "היד החזקה" הלכ' קדוש החדש בפרקים האחרונים; קונט' קידוה"ת לגאון בעל "חזון-איש" זצ"ל, בכרך חזו"א (מועד) ובקונט. הע' מאתמאטיות שחובר עליו ע"י פרופ' הרב אברהם קלונימוס (קלמן) קליקשטיין ז"ל, (ג.י. תשלח) [נפ' ביום ד' אחמו"ק, זך וזי תשמ"ו] (ור' במאמרי "בדיקות עדי מולד הלבנה לקידוש החדש" בקובץ "מאור החיים", ה', ויז'ניץ, ב"ב). בקצות מסלולו האליפטי נמצא הירח: בפריגאון, בנקודה הקרובה ביותר של מסלולו לכדה"א (363,000 ק"מ בממוצע), ובאפוגיאון, בנקודה המרוחקת ביותר של מסלולו מכדה"א (405,000 ק"מ בממוצע).

ל י ק ו י י - ל ב נ ה ו ל י ק ו י י - ת מ ה : בעת המולד, בו מתקבץ הירח עם השמש (נמצא עמה באורך גיאוצנטרי זהה), והקיבוץ מתרחש בקרבת מישור המילקה (דוקא), חל ליקוי-חמה. ראה ציור. בציור מבחינים באזור הצל המלא של הירח. (א); צורתו כצורת חרוט שלתוכו אין אור השמש יכול לחדור, אין רואים בו את השמש, ובו הליקוי מלא. מסביב לצל המלא משתרע אזור חצי צל, אליו חודר האור מחלקים מסויימים בלבד של השמש (ב); צופה המצוי באיזור זה של כדה"א רואה ליקוי חלקי.

השמש והירח נראים, כידוע, מכדה"א, בערך בגודל זוויתי זהה, של כ: $1/2^{\circ}$, בגין יחסי הגדלים ויחסי המרחקים שלהם. קוטר השמש גדול כ-400 פעם מקוטר הירח אך היא מרוחקת הימנו כ-400 פעם. לפיכך בשעת ל"ח מגיע חרוט הצל המלא של הירח רק בחודו לכדה"א ואזור הליקוי המלא ע"פ כדה"א הוא תמיד מצומצם: רחבו המירבי יכול להגיע עד 300 ק"מ לכל היותר. חרוט הצל נע ע"פ כדה"א במהירות ממוצעת של כ- $1/2$ ק"מ בשניה, עקב מהירות הירח במסלולו בשיעור של ק"מ 1 לשניה ומהירות סיבוב כדה"א בשיעור של כ- $1/2$ ק"מ לשניה באותו הכיוון. הליקוי המלא יכול להמשך באזור המרכזי שלו לכל היותר עד 6-7 דק'. לרוב הוא נמשך פחות, דק' אחדות או שניות. מ-2 צדי האזור שבו הליקוי מלא,



תרשים של ליקוי שמש. מישור התמונה מתאר את מישור המילקה. א. – חרוט הצל המלא. ב. אזור חצי-צל.

נמצא אזור נרחב הרבה יותר (ברוחב כמה אלפי ק"מ), השרוי אז בצל חלקי, בו רואים את השמש לוקה פחות, בהתאם למרחק מאזור הצל המלא.

נסיבות הליקויים משתנות, עקב התנודות במרחק הירח מכדה"א בגין מסלולו האליפטי (בין 356,000 ק"מ בפריגאון ל 407,000 באפוגיאון). [ראה להלן]. כשהמרחק גדול יותר, מסתיים חרוט הצל מחוץ לכדה"א והליקוי אינו מלא בשום מקום ע"פ כדה"א. או-אז חל ליקוי טבעת, כי דיסק הירח נראה אז קטן מדיסק השמש, ואף בשיא הליקוי נשארת טבעת צרה של דיסק השמש בלתי-מכוסה. ל"ח יכול להתחיל כליקוי-טבעתי ולהימשך כמלא, ולהיפך. כשתרוט-הצל מגיע אל פני הארץ רק בקדקדו, מצטמצם איזור הליקוי/המלא עד כדי קו ומשך הליקוי המלא עד שניות ספורות, או-אז נראים 2 גרמי השמים שווים בגדלים, אך לפי שהירח אינו כדור חלק, מאפשר חספוס שוליו (ההרים והבקעות שביניהם) לאור השמש לחדור במקומות אחדים. תופעה מרהיבה זו מכונה "מחרוזת פנינים" או "חרוזי ביולי" לירח.

תנועתו הקדומנית (ממע' מזרחה) של הירח בין הכוכבים מהירה מזו של השמש, והוא עובר, איפוא, על פניה ממערב מזרחה, לכן חל המגע הראשון של ההתכסות בשפתה המע' של השמש, והמגע האחרון בשפתה המז'. הליקוי אינו ארוך במיוחד, אם קטרו המדומה של הירח בעת הליקוי גדול אך במעט מקטרה של השמש, וזאת כשהירח מגיע לפריגאון (נקודת מסלולו הקרובה לארץ) ובוה אל קטרו המדומה המירבי ימים ספורים אחר הקיבוץ (המולד).

הסארוס ומחזוריות הליקויים: מסלול הקפת הירח סביב כדה"א נטוי בזווית של $5^{\circ}9'$ לגבי מסלול כדה"א סביב השמש (המילקה); האקליפטיקה. מסלול הירח חוצה את מישור המילקה ב-2 נקודות חיתוך, המכונות קשרים: קשר עולה (=חוצה את המילקה צפונה) וקשר יורד (=חוצה את המילקה דרומה). כדי שיחול ליקוי, חייב הירח להמצא בקרבת מישור המילקה בשעת המולד (ל"ח) או בעת מילואו (ל"י), כלומר, בקרבת אחד מקשרי מסלולו. אם המרחק גדול מ- $15^{\circ}31'$ מוכרח לחול ל"ח, ואם המרחק קטן מ- $9^{\circ}30'$ מוכרח לחול ל"ל.

אילו היה מישור מסלול הירח קבוע במרחב, היו הליקויים חלים באותם חדשים בכל שנה. בשתי תקופות המרחקות זו מזו כ-6 חדשים. ברם, אע"פ שנטיית מישור מסלולו אינה

משתנה, אך קו-הקשרים, הקו המחבר את קשרי המסלול, סובב לאורך מסלול הירח מערבה בהשפעת כח המשיכה של השמש, והיא היא "נסיגת הקשרים". סיבוב קו-הקשרים ב°360 נמשך 18.6 ש', ולכן מקדימים מועדי הליקויים בכל שנה ב-20 יום בקירוב (שכן: 20 י' = 18.6: 365.25 י').

הכשרים הקדמונים הבחינו כי ליקויים דומים מאד חזרו וחלו במרווחי זמן של 6585.32 ימים (שהם 18 ש' ו: 11 1/3 י', אם בהן 4 שנות-חמה מעוברות, או 10 1/3 י', אם בהן 5 שנות-חמה מעוברות). תקופה זו נקראה ע"י הכשרים בשם סארוס, והיא הכפל המדויק של החדש הסינודי, בהיותו שווה ל-223 ירחים סינודיים.

ברם, הסארוס שווה כמעט, אך לא בדיוק, גם למחזור נסיגת הקשרים שתואר מעלה. הליקויים הבאים זא"ז בסארוס נעשים "פחות טובים" עקב התרחקותם הגדלה והולכת מהקשרים (בגין אי-התאמת מחזור הסארוס ומחזור נסיגת הקשרים). אחרי 35 ליקויים, כשמונים מליקוי שחל בדיוק בקשר, מסתיימת הסידרה.

בדרך כלל שבים ליקויי סידרה אחת של אותם איזורים גיאוגרפיים של כדה"א לאחר 3 מחזורים (54 ש' ו-32 או 33 י'). שכן המחזור גדול בשליש יום ממספר 6585 הימים השלמים. הליקוי השני יראה ע"פ כדה"א במקום המרוחק בקירוב ב: 120° ($= 360^\circ/3$) באורך מערבי לליקוי הקודם והשלישי יראה באיזור המרוחק 240° מהראשון. רק הרביעי ישוב, בקירוב, לאזור הראשון. בממוצע עוברים מאות שנים עד שליקוי מלא יחזור שנית לאזור מסויים ע"פ כדה"א, אולם זהו, כמובן, רק ממוצע, ולמעשה תיתכן שיבה לאותו מקום אפילו אחר חצי שנה. בליקוי הראשון נמצא האיזור בתחילת מסלול הצל ע"פ הארץ ובליקוי הבא בסופו (וכך היה, למשל, בבנגקוק, באדר"ח תמוז תשט"ו (20.6.55) ובכ"ט בכסלו תשט"ז (14.12.55)).

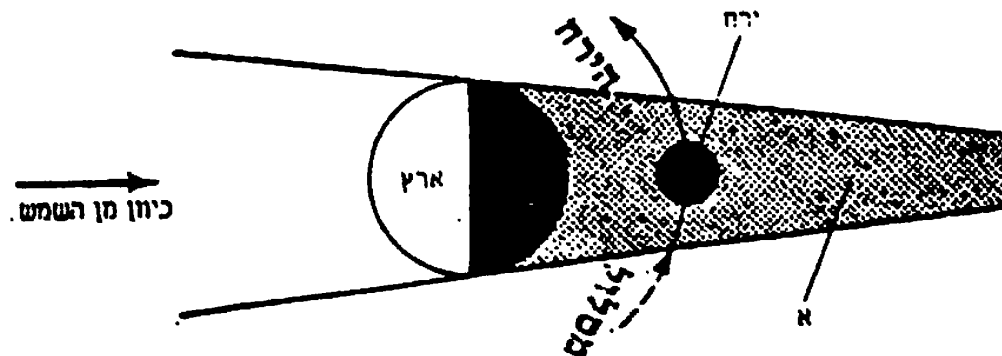
מסיבות הליקוי וגדלו מושפעים גם ע"י הצורה האליפטית של מסלול הירח. בהיותו בפריגאון (ר' מעלה) נראה קטרו ב-13% גדול יותר מהיותו באפוגיאון. רוח הזמן בין 2 מעברים עוקבים של הירח בפריגאון נקרא: "חדש אנומאליסטי", הקצר מהחדש הסינודי, כי נקו' הפריגאון מתקדמת ממע' מזרחת לאורך מסלול הירח. הוא נמשך אך 27 י', 13 ש' 18 דק' ו-33.2 שניות של זמן שמש בינוני, ו-239 חדשים אנומאליסטיים שווים כמעט בדיוק לערך הסארוס (6585.54 י' = 239 x 27.5546 י'), לפיכך שווים כמעט המרחקים בין הירח לכדה"א ברווח הזמן של סארוס אחד. משך הליקוי וצורתו כמעט שאינם משתנים: אחרי ל"ח מלא ארוך (6-7 דק') בא בתום סארוס אחד ל"ח הנמשך זמן דומה.

המספר הכללי של ליקויים בשנה קאלנדרית אחת אינו קבוע. המספר המירבי הוא 7 ליקויים בשנה, 5 ל"ח ו-2 ל"ל או 4 ל"ח ו-3 ל"ל (כפי שהיה ב-82) המספר הקטן ביותר הוא 2 ליקויים בשנה ושניהם ל"ח (לא הובאו בחשבון ליקויי חצי-צל של הירח, שלרוב אין ענין לצפות בתופעה וגם אינם מוזכרים בדרך-כלל בלוחות הליקויים).

כאמור מעלה, נשקפת סכנת עוורון ח"ו, לצופה ישירות בשמש. יש לצפות אך ורק במסנני שמש כהים ביותר: 2 שכבות נגיבים (ישרוף כולו) או בזכוכית מפויתת היטב, או בטלסקופ עם פילטר מיוחד לתצפיות שמש. עצם נוספת: הטלת תמונת השמש ע"ג מסך, דרך חור קטן במחיצה כלשהי החוצצת בין השמש למסך במרחק מתאים. ל"ח מלאים באותו איזור ממש נדירים חס ביותר. ליקויי-חמה המלאים שנראו לאחרונה באירופה, למשל, היו ביום ששי (ראה), כיט באב תרמו (19.8.1887) ובכ"ט בסיוון תשי"ד (30.6.54). ל"ח מלאים ייראו באירופה בכט באב תשנ"ט (11.8.99) ובכ"ט בתמוז תתצ"ה (10.7.2135).

ל י ק ו י ל ב נ ה : באמצע כל חדש עברי מגיע הירח ל"ניגוד", ביחס לקו שמש-ארץ-ירח, אך בדרך כלל הוא חולף מעל, או מתחת, לחרוט הצל המוטל ע"י כדה"א [לפי שמסלול הירח נטוי במדה מרובה ביחס למישור הקפת כדה"א את השמש. מ191] ורק כשהוא עובר ממש באיזור הצל מתרחש ליקוי ירח מלא, או חלקי, בחתאם למעברו. אם הירח אינו

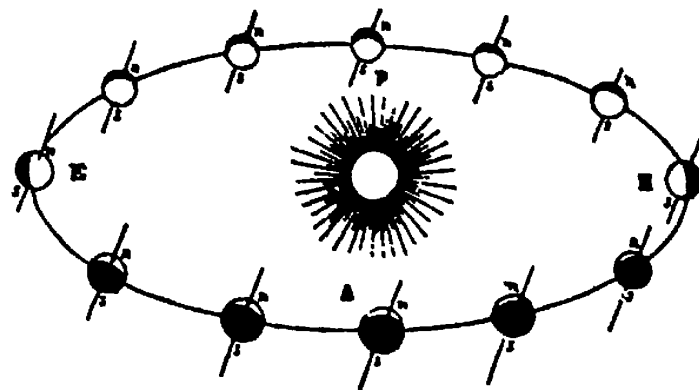
מספיק עדיין להתרחק מקו שמש-ארץ-ירח עד ל"מולד" הבא, מתרחש שוב ליקוי, אך הפעם ליקוי-חמה (הירח מסתיר מעינינו את השמש), אך הוא אינו נראה כמובן, באיזור בו נראה ליקוי-הלבנה, אלא באיזור הנגדי של כדה"א. ל"ל נראים מכל אותם מחצית כדה"א שבה נמצא לוייננו מעל לאופק בעת הליקוי, להבדיל מל"ח, הנראים רק מאיזור מצומצם יחסית (ר' נספח "מעשה בראשית").



תרשים של ליקוי ירח. א – חרוט הצל המלא.

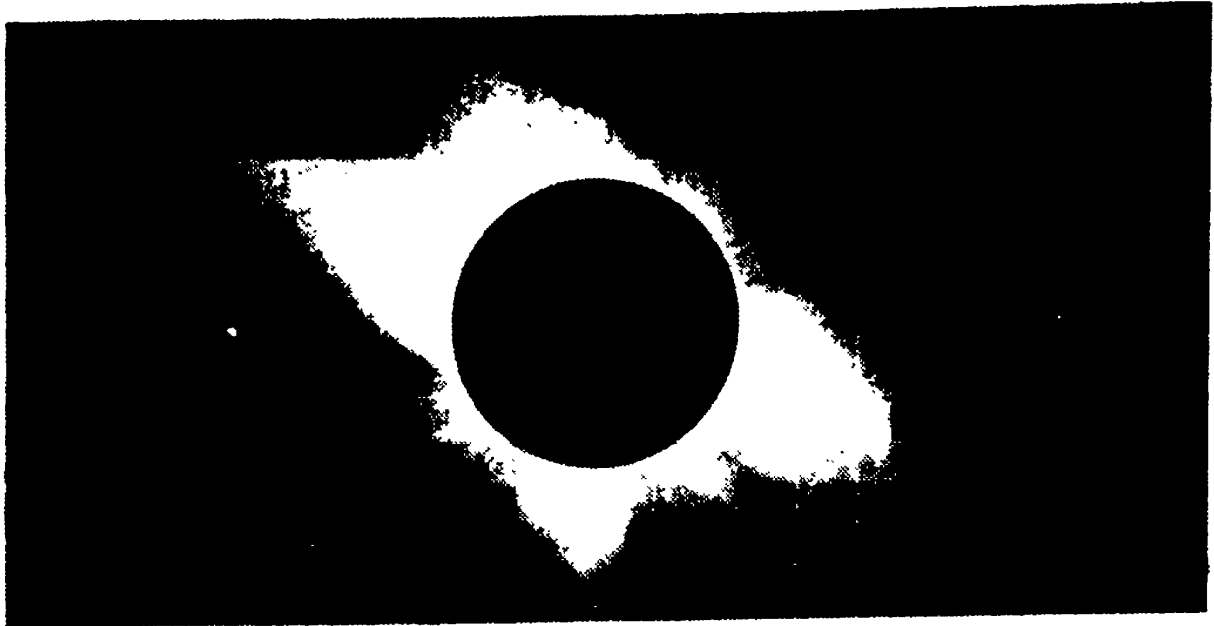
אחר כל ליקוי עשוי להופיע ליקוי עוקב (מלא/חלקי) המתרחש 18 שנים ו-10/11.3 י" אחריו. אזי שבים השמש, כדה"א והירח למצב יחסי זהה כמעט (בתקופת הבינים מתרחשים ליקויים אחרים השייכים למחזור אחר). מחזור כזה נקרא, כמובא לעיל, בשם: סארוס. והוא אינו-מדויק במאת-האחוזים, אך הוא עדיף מלא כלום בחיזוי ליקויים. בעבר השתמשו בו רבות.

אע"פ שלמעשה לוקה החמה יותר מאשר הלבנה (ר' להלן), נראים ליקויי-ירח בכל מחצית כדור-הארץ שבה נמצא הירח מעל לאופק בעת הליקוי, להבדיל מליק"ח, הנראים מאיזור מצומצם יחסית, וזאת עקב היחסים בין ממדי שלושת הגופים הנוטלים חלק באירוע: כדה"א, השמש והירח ומרחקיהם ההדדיים. חרוט-הצל שכדה"א מטיל מאחוריו גדול 2.5 עד 3 מונים מקוטר הירח, בעוד ששל הירח מגיע בקושי אל פני כדה"א בעת ליק"ח (וכאשר אין הדבר "עולה בידו" חל במקרה הטוב ליקוי טבעתי).



מפנה החרף האסטרונומי בחצי-הכדור הצפוני
היום הקצר ביותר והלילה הארוך ביותר בשנה, בחצי-הכדור הצפוני

אחד השימושים המעניינים של ליקויי השמש והירח קשור בכרונולוגיה ההיסטורית. אם סמוך למאורע מסויים נצפה ליקוי שנרשם בספרות כלשהי, ניתן לקבוע את התאריך המדויק של המאורע מידעת מחזוריות הליקויים. הליקוי המוקדם ביותר שעל-אודותיו נשמר רישום בתעודות של סין העתיקה חל בשלשים שנה לפני המבול, באדר"ח מרחשוון א'תרכ"ה (22 באוקט. 2137 לפסה"נ). פסוקים אחדים בתנ"ך מעידים על אותות השמים שנצפו למעשה. לתושבי א"י בימים החם, היתה אפשרות לצפות בל"ח מלאים. ל"ח מלא היה בעש"ק, כ"ט באב ב'תתקל (15 באוגוסט 831 לפה"ס) שנראה בדרום יתודה והגיע לשיאו כמעט בדיוק בצהרים (ר' יואל ג. ד; עמוס ת. טג, ישעי' י, יג ומיכה ג. ו). ל"ח מלאים אחרים שהיו בקרבת א"י בתקופה החיא, היו בכ"ט באדר"ב



ב'תתקלז (2 באפריל 824 לפה"ס) ובעש"ק, כ"ח זיו ב'תתקצח (15 ביוני 763 לפה"ס). זה האחרון ידוע כליקוי המפורסם של נינוה. גם 2 ליקויי טבעת נראו אז בא"י: בכ"ט באדר"א ב'תתקכט (2 במרץ 832 לפה"ס) ובאדר"ח מרחשוון ב'תתקלז (6 באוקט. 825 לפה"ס). מ'ליקוי נינוה" עד לחורבן ביהמ"ק הראשון לא נראה בא"י או בסביבתה הקרובה ליקוי מלא.

על התכסויות כוכבים (בעלי גודל נמוך) ע"י הירח, ר' ב"מגיד הרקיע" ח"א, עמ' 17. במשך השנה נכתבו התכסויות "רציניות" של כוכבי-לכת או שבת, ע"י הירח, דבר דבור על אופניו.

מ א ד י ם : (מ א ר ם) : כוכב-לכת אדמדם [עקב תחמוצת-ברזל (חלודה) הפזורה עליו], הרביעי במרחקו מהשמש. מרחקו הממוצע הימנה: 227,840,000 ק"מ (1,527 י"א). קטרו: 6,790 ק"מ. משך סיבובו סביב עצמו: 24 ש', 37 דק' ו-23 שני'. משך הקפתו סביב השמש: 687 ימי-ארץ. נטיית מסלולו ביחס למילקה, זעירה, $1^{\circ}15'$. נטיית צירו: 25.2. תנועתו על רקע המזלות מהירה, ובשינוי מקומו ניתן להבחין לאחר לילות ספורים, אם אינו "עומד", כמובן. בתשמ"ו, אכן "זחל" בעצלתים במזלות מאזניים-קשת, ברם, בתשמ"ז שינה טעמו ונראה [רק בשמי הערב] עד הקיץ בעברו דרך גדי, דלי, דגים, טלה, שור, תאומים וסרטן (בתחילת תמוז/יולי). לאחר-מכן היה קרוב מדי-לשמש. ולא נראה עד סוף השנה. בימי חג-הסוכות