

## ריבס המדבר - צמח המשקה את עצמו

**שמחה לב-ידון**, החוג לביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה אורנים,

[levyadun@research.haifa.ac.il](mailto:levyadun@research.haifa.ac.il)

**גדי קציר**, החוג לביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה אורנים,

[gkatzir@research.haifa.ac.il](mailto:gkatzir@research.haifa.ac.il)

**גידי נאמן**, החוג לביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה אורנים, [gneeman@gmail.com](mailto:gneeman@gmail.com)

**ריבס המדבר** (*Rheum palaestinum*) ממשפחת הארכוביטיים, הוא צמח נדיר, רב-שנתי, הגדל בהר הנגב ובירדן, במקומות המקבלים כ-75 מ"מ גשם בשנה. לאחר רדת הגשמים, הוא מצמיח אחד עד ארבעה עלים היוצרים שושנת-עלים צמודת-קרקע, ששטחה יכול להגיע עד למטר מרובע אחד. העלים הגדולים אינם שטוחים, אלא יש להם מבנה תלת-מימדי הדומה למפת תבליט של אזור הררי תלול, כשעורקי העלה יוצרים ואדיות עמוקים. עלים אלה שונים מאוד מהעלים הקטנים המאפיינים את מרבית צמחי המדבר. עובדה זו מעלה את השאלה האם יתכן שהעלים הגדולים מקנים לצמח יתרון למרות שהוא גדל במדבר? ואם כן מה הוא הגורם להתפתחותם האבולוציונית באמצעות הברירה הטבעית? אנו מעלים כאן את ההשערה שהעלים הגדולים מנקזים מי גשם אל עבר בסיסם, שם הם מחלחלים לקרקע בסמוך לשורש האנכי של הצמח. לבחינת השערה זו, עקבנו אחר הגידול של העלים, מדדנו את שטח ההרטבה מסביב לשורש לאחר גשמים בשדה ולאחר השקייה ניסויית המדמה גשם. מנתונים אלה ומכמות המשקעים השבועית הממוצעת, פיתחנו מודל בו חישבנו את כמות מי הגשם הנאספת על-ידי הצמח. התוצאות מראות כי גם לאחר גשמים קלים מאוד, שבקושי מרטיבים את הקרקע במדבר, טיפות הגשם היוורדות על העלים מתכדרות, זורמות לאורך עורקי העלים השקועים אל בסיסם, ומשם הן זורמות לקרקע ומשקות את הקרקע מסביב לשורש האנכי. על פי החישובים, צמח ריבס ממוצע יכול לאסוף כ-4,100 סמ"ק מים בשנה ממוצעת, וכך הוא נהנה ממשטר מים כאילו היה גדל במקום המקבל כ-427 מ"מ גשם בשנה, כמות האופיינית לאקלים ים-תיכוני. זה המקרה הראשון שבו מתואר צמח המנקז מי גשם ומשקה את עצמו, וכך יוצר לעצמו "נאת מדבר" פרטית.

מאמר זה מבוסס על המאמר שהתפרסם בספרות המדעית:

Lev-Yadun, S., Katzir, G., & Ne'eman, G. 2009. *Rheum palaestinum* (desert rhubarb), a self-irrigating desert plant. *Naturwissenschaften*, 96: 393-397.

#### מבוא

יובש הנגרם על-ידי מיעוט משקעים היורדים בכמויות וזמנים בלתי חזויים, הוא גורם העקה העיקרי לצמחים הגדלים במדבריות ברחבי העולם. תנאי הגידול הקשים במדבר גרמו להתפתחות של התאמות רבות בצמחים להגדלת כמות המים הנקלטת, אגירתם, ניצול יעיל שלהם בזמן הטמעה וצמצום איבוד של מים (Evenari et al., 1982; Fahn and Cutler, 1992). לצמחי מדבר רבים מערכת שורשים כפולה: אחת של שורשים אנכיים עמוקים בעלי צינורות עצה צרים לקליטת מים מעומק הקרקע, ושניה של שורשים אופקיים ושטוחים בעלי צינורות עצה בקוטר גדול יחסית לקליטת גשמים קלים המרטיבים רק את שכבת הקרקע העליונה בחורף (Fahn, 1964). בנוסף לכך, למרבית צמחי המדבר עלים קטנים המצמצמים את איבוד המים (Smith 1978).

**ריבס המדבר** *Rheum palaestinum* Feinbr. (ארכוביטיים), הוא צמח אנדמי ונדיר הגדל בישראל רק בהר הנגב ובהרים בירדן, אזורים בהם כמות המשקעים השנתית הממוצעת היא כ-75 מ"מ (Feinbrun, 1944; Zohary, 1966). בניגוד למרבית צמחי המדבר, **לריבס המדבר** עלים גדולים מאוד בעלי מבנה תלת ממדי אופייני. עובדה זו מעלה את השאלה האם יתכן שהעלים הגדולים והמיוחדים מקנים לצמח יתרון למרות שהוא גדל במדבר? והאם יתכן שיתרון זה הוא הגורם להתפתחותם האבולוציונית באמצעות הברירה הטבעית? מטרת המחקר הייתה לבדוק את ההשערה שהעלים הגדולים והמיוחדים של הריבס מקנים לו יתרון אדפטיבי בתנאי בגידול שלו במדבר, זאת על-ידי כך שהם מהווים כלי איסוף יעיל של מי גשמים היורדים עליהם, מכוונים אותם אל בסיסם שם הם מחלחלים לקרקע לאורך השורש האנכי של הצמח, משקים אותו ומגדילים את כמות המים העומדת לרשות הצמח יחסית לצמחים אחרים הגדלים באותו מקום.

#### חומרים ושיטות

#### אתר המחקר והמשקעים

אתר המחקר היה במערב הר הנגב ברום של כ-900 מ' מעל לפני הים, סמוך למעבר ערוד

שבשפת מכתש רמון ( $30^{\circ}30'N$ ,  $34^{\circ}38'E$ ). נתוני המשקעים שהשתמשו בהם הם מהתחנה המטאורולוגית במצפה רמון, כ-30 ק"מ מזרחית לאתר המחקר.

## ריבס המדבר

**ריבס המדבר** הוא צמח עשבוני רב-שנתי (המיקרופיטופיט) הנמצא בתרדמת קיץ, ולאחר תחילת הגשמים הוא מצמיח אחד עד ארבעה עלים גדולים ומעוגלים בקוטר של 20-70 ס"מ. העלים יוצרים שושנת-עלים צמודת-קרקע העשויה להגיע לגודל של כמטר מרובע אחד (איור 1) (Feinbrun, 1944; Zohary, 1966). במשך עונת הגידול 2004-5, מדדנו ארבע פעמים את שטח העלים של 40 צמחים. מנתונים אלה, על-ידי אינטרפולציה, חישבנו את שטח העלים בכל שבוע במשך כל עונת הצמיחה. לצמחי מדבר רבים שלהם שתי מערכות שורשים, אנכית לקליטת מי עומק ואופקית לקליטת גשמים קלים המרטיבים רק את שכבת הקרקע העליונה (Fahn, 1964). בניגוד לכך ל**ריבס המדבר** שורש אנכי אחד מעובה ועמוק (Zohary, 1966; Danin, 1969, 1983). את עומקו המדויק לא יכולנו למדוד, שכן הצמח מוגן בחוק ועקירתו אסורה.

## חילחול מים לקרקע המדבר

למדידת שיעור החילחול של מי גשם לקרקע הלס המדברית, בה גדל **ריבס המדבר**, סימנו חמש חלקות של 1 מ"ר כל אחת. בחלקות אלה מדדנו את עומק ההרטבה של הקרקע לאחר השקיה מלאכותית, המדמה גשם של 1, 2, 4, 6, 8, ו-10 מ"מ גשם בעוצמה זזה (1 מ"מ במשך 15 דקות, 2 מ"מ במשך 30 דקות וכו'). הניסוי נערך ביום חורף אופייני, מעונן חלקית ובטמפרטורה של  $17^{\circ}C$ . להדמייה של שורש אנכי השתמשנו בחמישה מסמרים באורך של 10 ס"מ ובקוטר של 4 מ"מ שהוחדרו לקרקע טרם ההשקיה.

## מקדם קציר הגשם

צפינו בהתנהגות המים על עלי **ריבס המדבר** בבית הגידול הטבעי שלהם, בזמן גשם קל של 1-2 מ"מ. מיד לאחר הגשם חפרנו בסמוך לשורש הריבס מבלי לפגוע בו, ומדדנו את עומק ההרטבה של הקרקע. במקביל מדדנו גם את עומק ההרטבה בקרקע חשופה בסמוך לצמחים.

לבדיקת היעילות של איסוף מי הגשם, הזלפנו 10 מ"ל מים, על עלים של עשרה צמחי **ריבס המדבר** בעלי עלים גדולים. בנוסף, הזלפנו 100 מ"ל מים על העלים של 20 צמחים דומים נוספים, שטח העלים הממוצע ( $\pm$ שגיאת תקן) של צמחים אלה היה  $724 \pm 69.3$  סמ"ר. בשל ההבדלים בשטח העלים, עוצמת הגשם שקיבלו הצמחים השונים משתנה בין 0.1 ל-2 מ"מ גשם לדקה. כ-15 דקות לאחר מכן מדדנו את הקוטר של עיגול הרטבת

הקרקע מסביב לשורש המעובה ומתחת לעלי הצמח. לבדיקת היעילות של איסוף מי הגשם הגדרנו את 'מקדם קציר הגשם' כיחס בין שטח העלים של הצמח לשטח ההרטבה מסביב לשורש של אותו צמח (איור 1ג). מקדם זה הוא היחס שבין השטח הקולט מים לבין השטח המושקה למעשה, ומשקף את המכפיל של כמות המים שהצמח מקבל יחסית לכמות הגשם היורדת.

בהסתמך על נתוני הגשם השבועיים הממוצעים (במשך 34 שנים) בתחנת מצפה רמון, ועל שטח העלים הממוצע השבועי של צמחי **ריבס המדבר**, חישבנו את כמות המים הנאספת על-ידי העלים במשך כל עונת הצמיחה, ממועד הצצת העלים ועד לסיום עונת הגשמים. כמות המים (סמ"ק) היא המכפלה של כמות הגשם (מ"מ) בשטח העלה (מ"ר).



**איור 1.** א. מראה כללי של **ריבס המדבר** בהר הנגב, אורך הפס הצהוב מטר אחד. ב. עלה בוגר של **ריבס המדבר** בקוטר של כ 40 ס"מ המראה מבנה דמוי רכסים וגאיות. ג. **ריבס המדבר** לאחר השקיה. העיגול הכחול מסמן את שטח הרטבת הקרקע והעיגול הירוק את שטח העלים. היחס בין שטח העלים ושטח ההרטבה הוגדר כ'מקדם קציר הגשם'.

## תוצאות

### משקעים

כמות המשקעים הממוצעת ( $\pm$ ש.ת. = שגיאת תקן) בתחנת מצפה רמון בשנים 1970-2003 הייתה  $75 \pm 6.5$  מ"מ, כמות המשקעים הממוצעת ( $\pm$ ש.ת.) ליום גשום הייתה  $2.99 \pm 0.16$  מ"מ. בתקופה זו היו סה"כ 1,218 ימי גשם, ו- $25 \pm 1.5$  ימי גשם בשנה. מרבית המשקעים ירדו מדצמבר עד מרס, וינואר היה החודש הגשום ביותר. בכל חודש היו בין שישה לשמונה ימי גשם וכמות המשקעים החודשית השתנתה בין 11 ל-19 מ"מ לחודש. הכמות המצטברת השנתית של גשמים קלים של חמישה מ"מ או פחות, שאינם יכולים להיות מנוצלים על-ידי צמחי המדבר (מלבד הריבס) היו בממוצע ( $\pm$ ש.ת.)  $30.89 \pm 2.15$  מ"מ, שהם כ-41.2% מכלל המשקעים.

### העלים של ריבס המדבר

לצמח בוגר בשטח המחקר ( $n=43$ ) היו בממוצע ( $\pm$ ש.ת.)  $1.76 \pm 0.44$  עלים, כל אחד בשטח ממוצע ( $\pm$ ש.ת.) של  $1,026 \pm 110$  סמ"ר. לצמח הגדול ביותר הייתה שושנת עלים בשטח של כ-10,000 סמ"ר (איור 1א). לעלים של **ריבס המדבר** מבנה מורפולוגי תלת מימדי מיוחד, המדמה מפת תבליט של איזור הררי תלול, כאשר עורקי העלים יוצרים נתיבים עמוקים המוליכים אל בסיסם והשטח ביניהם גבוה הרבה יותר מהם (איור 1ב). שטח הפנים העליון של העלים מכוסה בשכבת קוטיקולה שומנית וחלקה, הגורמת להתכדרות טיפות מים, תופעה המכונה 'אפקט הלוטוס' (Barthlott and Neinhuis, 1997). אפקט זה גורם לניקוז המים מהעלה גם בגשמים קלים ביותר. המים המנוקזים זורמים לאורך עורקי העלה עד לבסיסם. משם הם גולשים לקרקע וחודרים לעומקה מסביב לשורש האנכי והמעובה של הצמח.

### חילחול מים לקרקע המדבר

עומק החילחול הממוצע ( $\pm$ ש.ת.) של מים לקרקע הלס, לאחר השקיה מדמת-גשם של מ"מ אחד (במשך 15 דקות) היה  $8.9 \pm 0.52$  מ"מ ( $n=5$ ), אך הקרקע התייבשה לאחר

כשעתיים. השקיייה מדמת-גשם של 10 מ"מ (במשך 150 דקות) גרמה לחילחול ממוצע ( $\pm$ ש.ת.) של המים לעומק של  $24.6 \pm 0.76$  מ"מ ( $n=5$ ), ועומק החילחול היה תלוי באופן מעריכי הדוק ומובהק בכמות הגשם המדומה ( $F_{1,4}=119.08$ ,  $Y=8.852 \times X^{0.408}$ ,  $P<0.001$ ,  $R^2=0.9675$ ) (איור 2א). עומק החילחול לאורך מסמרים באורך של 10 ס"מ שהיו נעוצים בקרקע טרם הדימוי של 10 מ"מ גשם היה 45 מ"מ.

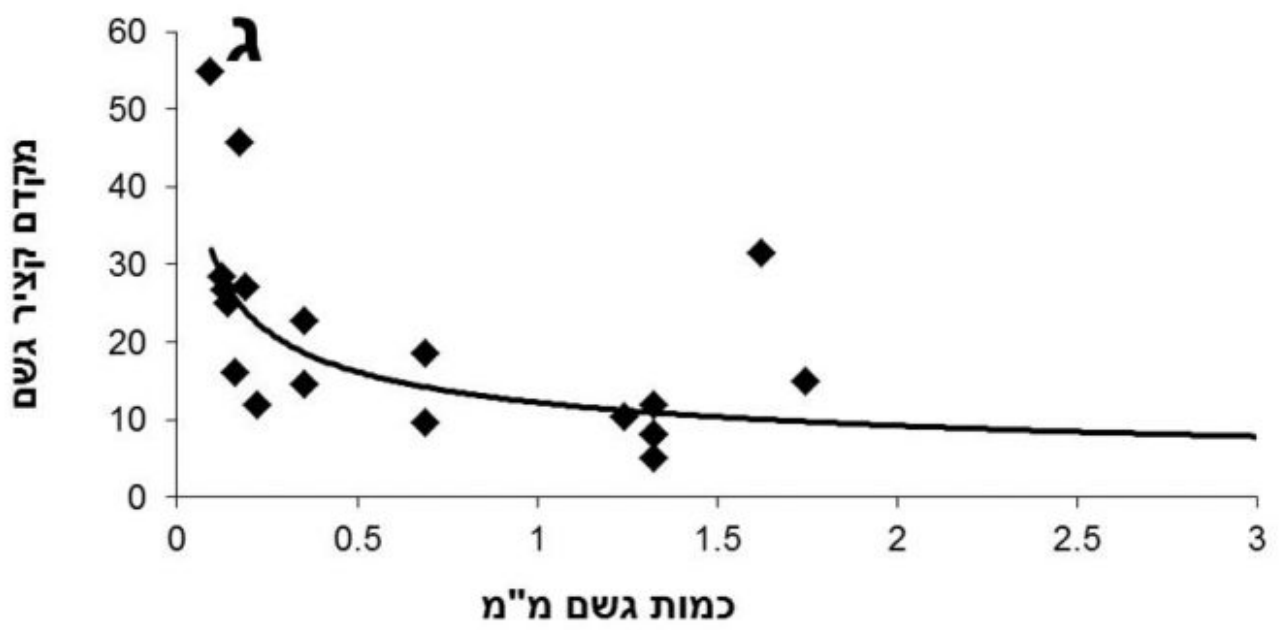
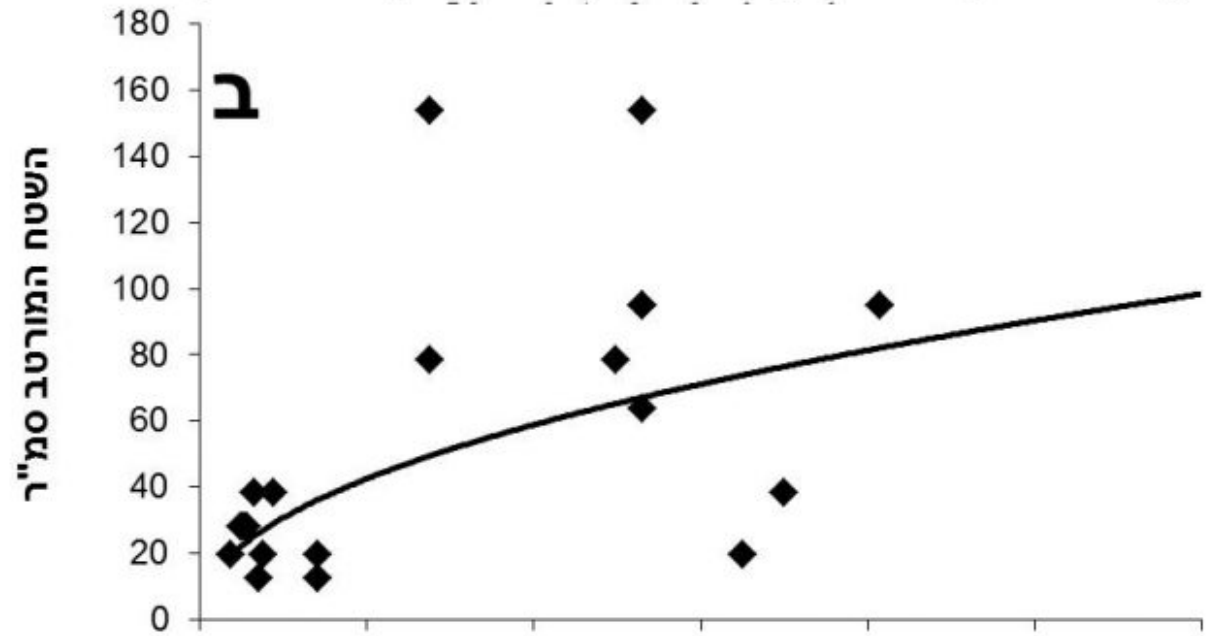
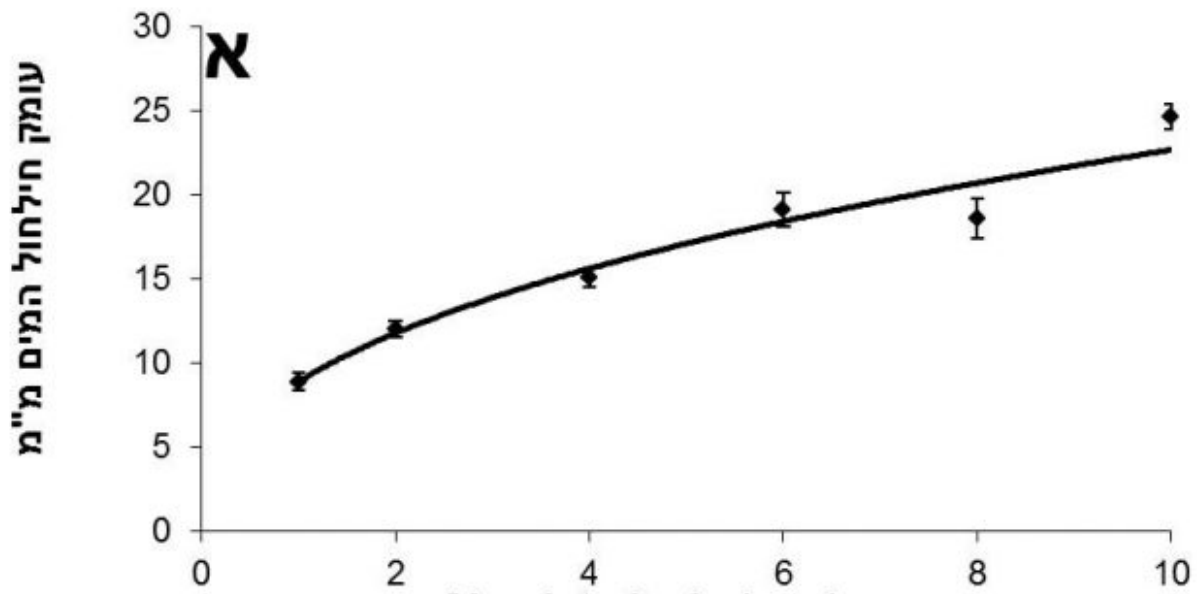
### מקדם קציר הגשם

תצפיות בזמן גשם קל בשדה הראו שטיפות המים הקטנות התכדרו והתגלגלו מיד "מהרכסים" אל "הגאיות" העמוקים שהם עורקי העלה השקועים, וזרמו לאורכם עד לבסיסם. שם הם חדרו לקרקע והשקו את השורש האנכי המעובה של **ריבס המדבר** (איור 1ג), שאינו מסוגל לקלוט מים מפני השטח. גשם טבעי בכמות של 1-2 מ"מ שירד במשך של 15-15 דקות הרטיב שטח של כ-100 סמ"ר, וחדר לעומק של 10 ס"מ מסביב לשורש האנכי, זאת בשעה שעומק החילחול בשטח לס חשוף סמוך, היה כס"מ אחד בלבד.

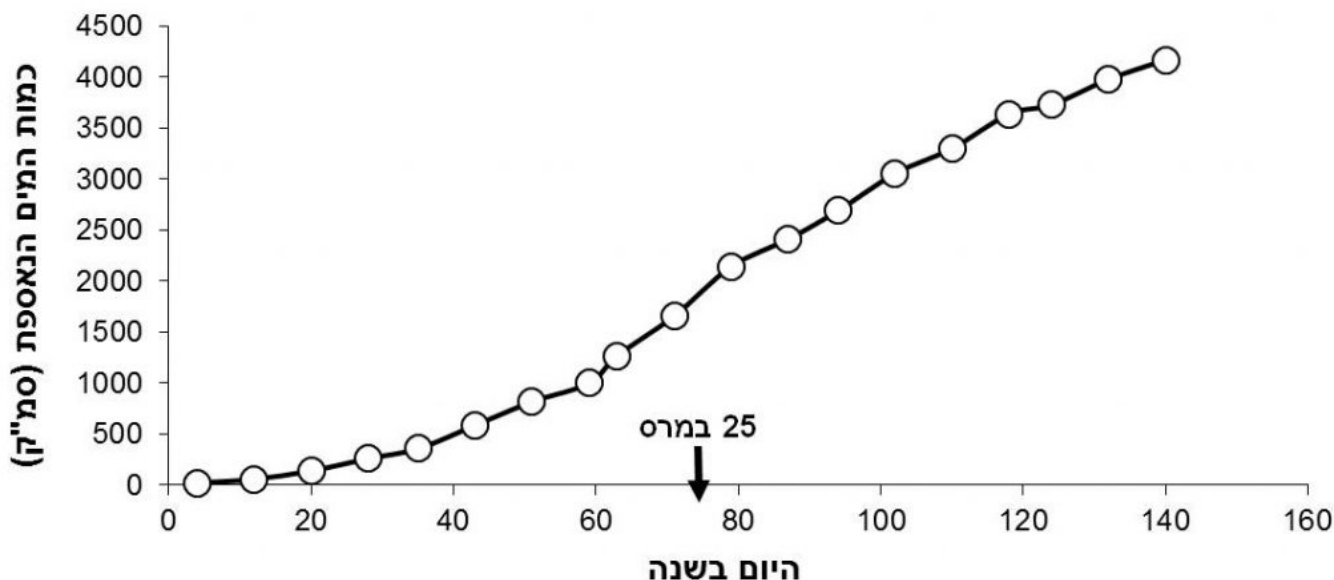
השקיייה של מ"מ אחד ושל 10 מ"מ, שדימו גשם של 0.1-2 מ"מ על עלי **ריבס המדבר**, גרמה להרטבה ממוצעת ( $\pm$ ש.ת.) של  $55.9 \pm 9.9$  סמ"ר ( $n=20$ ). גודל השטח המורטב היה תלוי בקשר מעריכי חיובי ומובהק לעוצמת הדמיית הגשם ( $Y=58.887 \times X^{0.467}$ ,  $F_{1,18}=11.96$ ,  $P=0.003$ ,  $R^2=0.3994$ ) (איור 2ב).

מקדם קציר הגשם הממוצע ( $\pm$ ש.ת.) היה  $19.7 \pm 3.0$ , והיה תלוי בקשר מעריכי שלילי ומובהק לעוצמת הדמיית הגשם ( $Y=11.513 \times X^{-0.443}$ ,  $F_{1,18}=18.27$ ,  $P<0.001$ ,  $R^2=0.504$ ). על פי תלות זו, מקדם קציר הגשם ליום גשם של שלושה מ"מ הוא 7.1 (איור 2ג).

בהתבסס על ארבע מדידות של שטח העלים ב-40 צמחי **ריבס המדבר**, במשך עונת הגידול 2005, נמצאה תלות מובהקת בין השורש הריבועי של שטח העלים ( $X^{1/2}$ ) לבין מספר הימים מאז תחילת גידולם ( $Y=5.616+0.356X^{1/2}$ ,  $F_{1,148}=142.4$ ,  $P<0.001$ ,  $R^2=0.44$ ). על פי זאת, צמח ריבס ממוצע בעל שטח עלים של 1,446 סמ"ר, יכול לאסוף 5,212 סמ"ק מי גשם, וכמות של 4,170 סמ"ק אם לוקחים בחשבון כ-20% אובדן של מים ממזילות שאינן לכיוון השורש, וגשם שיוורד לפני פרישה אפקטיבית של העלים (איור 3).



**איור 2.** א. העומק הממוצע (מ"מ) של חילחול המים בקרקע לס, לאחר השקייה מדמת-גשם בקצב קבוע של מ"מ אחד במשך 15 דקות, על עלי **ריבס המדבר**.  $n=5$ , והקווים מסמנים  $\pm$  שגיאת תקן. ב. השטח הרטוב מסביב לשורש האנכי של **ריבס המדבר** לאחר השקייה כנ"ל ( $n=20$ ) ג. מקדם קציר המים לאחר השקייה כנ"ל ( $n=20$ ).



**איור 3.** כמות המים המצטברת (סמ"ק) הנאספת על-ידי צמח **ריבס המדבר** בהר הנגב. הכמות חושבה על סמך קצב גידול העלים השבועי הממוצע של 40 צמחים, בהנחה ש 20% מהמים אובדים מכיוון שירדו טרם צמיחת העלים, נשפכו משולי העלה או שירדו לאחר 25 למרס. כמות המשקעים השבועית הממוצעת (של 34 שנים) נלקחה מנתוני מצפה רמון.

דין

במדבריות קיצוניים צמחים רב-שנתיים אינם מסוגלים לצמוח על המדרונות והם מתרכזים בוואדיות, בתחתית סלעים, ובמקומות בהם מתרכזים מי נגר (Danin, 1972; 1999; Zohary, 1973). **לריבס המדבר** אסטרטגיה שונה וייחודית: עלי הצמח יוצרים מערכת איסוף מים יעילה, בשטח של עד למטר מרובע אחד, המשקה את הצמח. מערכת זו מסוגלת לאסוף מים אפילו בגשמים קלים ביותר וגם על פני קרקע מישורית, שלאחריהם מי הגשם מחלחלים רק לעומק של סנטימטרים בודדים בקרקע, ולכן אינם זמינים לצמחים רב-שנתיים אחרים.

**ריבס המדבר** גדל על פני מדרונות ובמישורי לס שאין בהם אין מי תהום. במישורי לס, מי

הגשם מרטיבים רק את השכבות העליונות של הקרקע וכל מים נוספים נאספים לנגר עילי הזורם לערוצים המצטרפים זה לזה ויוצרים שיטפונות בנחלי המדבר. בתנאים כאלה, מים הגשם הנאספים על-ידי העלים ומשקים את השורש המעובה אנכי של הצמח הם אלה המאפשרים את קיום הצמח.

בניגוד לעומק ההרטבה השטחי של קרקע הלס באירועי גשם רגילים, מסמרים שננעצו בקרקע הכפילו את עומק חילחול המים לאחר גשם מדומה של 10 מ"מ. ניסוי זה מדגים את החשיבות של השורש האנכי של **ריבס המדבר**, להגדלת עומק חילחול מי הגשם הנאספים על-ידי העלים. יתרה מזאת, במשך הקיץ השחון, שורש הריבס מתייבש, מנצל חומרי מזון ומתכווץ. וכך נוצר רווח בין השורש לבין הקרקע, בו יכולים המים להגיע גם לתחתית השורש. **ריבס המדבר** הוא צמח מוגן בחוק ולכן לא יכולנו לחפור ולגלות את עומק ההרטבה בתנאי גשם בטבע. בניגוד לשטח חשוף, בו כמויות ניכרות של מי גשם הופכות לנגר, כל המים היורדים על עלי הריבס חודרים לעומק הקרקע וזמינים לצמח.

התוצאות מלמדות שככל שעוצמת הגשם עולה, גדל גם השטח המושקה מתחת עלי הריבס אך בעוצמות גשם גדולות השטח המורטב גדל רק במעט (איור 2ב). עובדה זו מדגימה את היעילות הגדולה של מערכת איסוף מי הגשם במיוחד באירועי גשם חלשים הנפוצים במדבר. ההערכה הקיימת היא שכ-45% ממי הגשם במדבר מתנדפים ישירות מפני הקרקע, כ-20% הופכים למי נגר שאינם זמינים לצמחים, ובתנאים אלה רק כ-35% (כ-26 מ"מ בהר הנגב) מהם, מחלחלים לקרקע וזמינים לצמחים (Hillel and Tadmor, 1962). ואכן, גם בניסוי שלנו, הדמייה של גשם בעוצמה של 10 מ"מ הרטיבה את הקרקע רק לעומק של 2.5 ס"מ וזו התייבשה תוך זמן קצר מאוד.

מקדם קציר הגשם עבור צמח ממוצע של **ריבס המדבר** ששטח העלים שלו 1,446 סמ"ר, לאחר 3 מ"מ גשם שזה הממוצע היומי ליום גשום - היה 7.1 (איור 2ג). כלומר צמח ריבס ממוצע הגדל בהר הנגב שם כמות המשקעים השנתית הממוצעת היא 75 מ"מ, נהנה מכמות גשם שנתית של כ-533 מ"מ (7.1×75 ימי גשם). בהנחה שכ-20% מכמות הגשמים השנתית אובדת בשל זליגה אל שולי העלה ובשל הגשמים היורדים טרם צמיחת עלי הריבס, אנו מעריכים שצמחי הריבס בהר הנגב נהנים מכמות מי גשם של כ-426 מ"מ בשנה (0.8×533), כמות הדומה לזו היורדת בחבל הים-תיכוני של ישראל. על פי ההערכה (Hillel and Tadmor, 1962) צמחים בהר הנגב נהנים רק מכ-26 מ"מ גשם (לאחר הפסדי ההתנדפות והנגר), שזה כשליש מכמות המשקעים השנתית. כלומר, מערכת איסוף המים של עלי **ריבס המדבר** מאפשרת לצמחים לקבל כמות מים הגדולה פי 16.4 מזו העומדת לרשות צמחים אחרים באותו מקום. צמח אופייני של **ריבס המדבר** אוסף כ-4,100 סמ"ק

מי גשמים בשנה (איור 3). הצמח הגדול ביותר שנמצא בשטח המחקר יכול לאסוף 43,800 סמ"ק, וזה מדגים היטב את היתרון היחסי של צמחי **ריבס המדבר** בעלי עלים גדולים יותר ובעלי המבנה המורפולוגי התלת ממדי המיוחד, דמוי מערכת ניקוז של אזור הררי תלול. צמחים הגדלים בבתי גידול מוצלים מפתחים עלים גדולים יותר מצמחים בני אותו מין הגדלים בשמש (Lichtenthaler et al. 1981). במקביל לכך, גם למיני צמחים בבתי גידול מוצלים עלים יותר גדולים מאשר למינים הגדלים בבתי גידול החשופים לקרינת השמש (Boardman, 1977). קרינת אור חזקה, מעבר לרמה האופטימלית, מעכבת ומורידה אל רמת ההטמעה בצמחים (Long, 1994) (photo inhibition). לכן, ניתן להניח שמכיוון שכמות קרינת האור במדבר גדולה במיוחד, לא סביר להניח שעליו הגדולים של **ריבס המדבר** התפתחו על מנת להגדיל את כמות האור הנקלטת ואת כמות ההטמעה. תוצאות התצפיות והניסויים המוצגות במאמר זה, מראות את התרומה המכרעת של העלים הגדולים בעלי המבנה המיוחד של **ריבס המדבר** למשק המים של הצמח במדבר. סביר להניח שהגדלת כמות המים הזמינה לצמח, על-ידי 'השקיה עצמית' יש השפעה על מידת הכשירות של הצמח. השפעה חיובית כזו על כשירות הצמח יכולה להסביר את הערך האדפטיבי ואת הברירה הטבעית שגרמה להגדלת שטח העלים ואת ההתפתחות האבולוציונית של העלים בעלי גודל ומבנה יוצאי דופן של **ריבס המדבר**. יתכן שהתאמה זו ב**ריבס המדבר**, שחוקרים לא שמו לב אליה, קיימת גם במיני צמחים נוספים במקומות צחיחים אחרים בעולם.

## ספרות:

Barthlott W Neinhuis C 1997 Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta* 202: 1-8.

Boardman NT 1977 Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 355-377.

Danin A 1969 On our and other's rhubarb. *Teva Vearetz* 11: 89-90 (in Hebrew).

Danin A 1972 Mediterranean elements in rocks of the Negev and Sinai deserts. *Notes R. Bot. Gard. Edinburgh* 31: 437-440.

Danin A 1983 Desert Vegetation of Israel and Sinai. Cana, Jerusalem.

Danin A 1999 Desert Rocks as Plant Refugia in the Near East. Bot.Rev. 65(2): 93-170.

Evenari ML Shanan L and Tadmor N 1971 (Sec.ed.1982) The Negev, the Challenge of a Desert. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Fahn A 1964 Some anatomical adaptations of desert plants. Phytomorphology 14: 93-102.

Fahn A and Cutler DF 1992 Xerophytes. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Feinbrun N 1944 A new *Rheum* species from Palestine. Palestine Journal of Botany Jerusalem Series 3: 117-118 plate III.

Hillel D and Tadmor N 1962 Water regime and vegetation in the central Negev highlands of Israel. Ecology 43: 33-34.

Lichtenthaler HK Buschmann C Döll M Fietz HJ et al. 1981 Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. Photosynthesis Research 2: 115-141.

Long SP Humphries S and Falkowski PG 1994 Photoinhibition of photosynthesis in nature. Annual Review of Plant Physiology 45: 633-662.

Smith WK 1978 Temperature of desert plants: another perspective on the adaptability of leaf size. Science 201: 614-616.

Zohary M 1966 Flora Palaestina, Vol. I. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

Zohary M 1973 Geobotanical foundations of the Middle East. Gustav

Fischer, Stuttgart.

תמונה בעמוד השער של כלנית



**ריבס המדבר** בסוף עונת הגידול. צילם: גדי פולק ©

=====

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

**ציטוט:** לב-ידון ש קציר ג ונאמן ג 2018 ריבס המדבר - צמח המשקה את עצמו, כתב-עת  
"כלנית" מספר 5.

<https://www.kalanit.org.il/rheum-palaestinum>