

השקיה תואמת זן בגפן יין: פיתוח משטר השקיה לזנים בעלי אסטרטגיות ניהול מים

שונות.

שמות החוקרים: ראשי - ד"ר שמעון רחמילביץ', שותף ד"ר אהרון פאיט
כתובת: המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, מדרשת בן-גוריון
טלפון: 08-6563435, פקס: 08-6596742, דוא"ל: rshimon@bgu.ac.il

מבוא ותאור הבעיה

גפנים ויין מהווים מרכיב חשוב בחקלאות ובכלכלה העולמית. תעשיית היין, צומחת בשנים האחרונות בעולם כולו, בישראל, ובנגב בפרט. ענבים גדלים באופן יעיל באזורים צחיחים וצחיחים למחצה ואף משפרים איכות הפרי כתוצאה מתנאי גידול יובשניים. שיטת ההשקיה הנפוצה כיום בעולם הגפן היא השקיה גירעונית מווסתת (RDI- Regulated deficit irrigation). RDI מיושמת בהצלחה בתנאי אקלים יובשניים, מייצרת תנאי עקה ספציפיים המוגדרים לשלבי הגידול ועוזרת למקסום איכות וכמות היבול.

בשנים האחרונות התבססה הטענה שגפנים מזנים שונים נוקטים אסטרטגיות שונות בניהול משק המים שלהם. זני גפן בעלי התנהגות הידראולית ייחודית מתאפיינים בהבדלים משמעותיים ב: מוליכות הפיוניות, מוליכות הידראולית, רגישות לאמבוליזם, ביטוי אקווה פורנינים, מבנה מערכת השורשים מבנה הנוף, תהליכים מולקולריים ומטבולויזם בעלה. בהסתמך על האסטרטגיות שלהם, הזנים חולקו לזנים איזוהידריים ואנאיזוהידריים. נמצא שבתגובה לעקת מים זהה (מבחינת כמויות מים שיושמו), הפיזיולוגיה השונה של זנים שונים הובילה לשונות פיזיולוגית בתגובה לRDI וכפועל יוצא השפיעה על תכונות חשובות של הפרי כמו גודל גרגר, תכולת סוכר וחילוף החומרים בזג הענב.

שורשים מהווים גורם מרכזי וחשוב בבקרת יחסי המים בצמחים. עם זאת, השורשים נחקרים באופן מובהק פחות מחלקים על אדמתיים, למרות חשיבותם הרבה. לגודל, למורפולוגיה ולמוליכות ההידראולית של מערכת השורשים חשיבות מכרעת בזמינות וביכולת האספקה של מים לנוף. בנוסף שורשים מתווכים מגוון רחב של תהליכים באמצעות מטבוליטים והורמונים שונים, המשפיעים בין היתר על סגירה ופתיחה של פיוניות, דבר שעלול לגרום להפחתה באיבוד מים. Abscisic חומצה (ABA) נחשב כחומר כימי העיקרי בתיווך אשר מסדיר את פתיחת הפיוניות. עם התייבשות הקרקע, ABA מסוננת בשורשים, מועבר לנוף וגורם לסגירת פיוניות. למרות השימוש בכנות מסחריות שיוצרות אחידות גנטית במערכות השורשים של רוכבים מזנים שונים, נמצאו הבדלים משמעותיים בין הזנים במבנה מערכת השורשים (מידע לא מפורסם, Hochberg). אפיון מערכת השורשים מבחינה מורפולוגית, פיזיולוגית ומטבולית הינו קריטי להבנת ניהול משק המים של הצמח השלם בכלל ולהבנת ההבדלים בין זנים בעלי התנהגות הידראולית שונה בפרט.

הבנת הצמח השלם והמנגנונים הפיזיולוגיים העומדים מאחורי ההבדלים בהתנהגות ההידראולית של זני גפן המים הינו חיוני, ועומד בבסיס היכולת לשיפור השימוש בהשקיה גירעונית לשיפור היבול. מטרת המחקר המוצע היא לפתח השקיית גירעונית מווסתת מותאמת זן בשני זני ענבים שונים השכיחים ברמת נגב, על מנת להגיע ליבול

אופטימאלי לכל זן. השפעות ההשקיה יבחנו באופן אינטגרטיבי הכולל פיזיולוגיה וחילוף חומרים, עם דגש על שורשים.

בנוסף גידול ענבי-יין איכותיים באקלים ים-תיכוני/חצי-צחיח מסתמך על טכניקות השקיה גרעונית (deficit irrigation), אשר מנוטרות באופן המדויק ביותר ע"י מדידות פיזיולוגיות. עם זאת, מכשור פיזיולוגי עלול גם להיות פולשני וכן לגזול זמן ומשאבים יקרים – לאור השונות הביוטית וא-ביוטית שבכרם. כפי שכבר הודגם בעבר, ניתן להתגבר על בעיה זו בעזרת מכשור היפר-ספקטראלי, הרגיש לשינויים ביו-כימיים ברמת העלה בתחום הנראה (Visible) ועד האינפרא-אדום (א"א) הבינוני (SWIR). ביטוי המלא של יתרון זה תלוי בכך שהקשר הפיזיולוגי-ספקטראלי הייחודי בעלה הגפן ייחקר ויובהר; דהיינו, שיימצאו אורכי הגל הבדידים, מתוך סך אלפי אורכי הגל בתחום הספקטראלי דלעיל, הקורלטיביים ביותר לשינויים הפיזיולוגיים. לשם כך, ניתן ליישם את טכניקת 'רגרסיית הריבועים הפחותים החלקיים' (partial least-squares regression; PLSR), אשר ממקסמת את ההשתנות המשותפת בין אלפי הערוצים והמדדים הפיזיולוגיים – נוכח קו-לינאריות גבוהה ורעש המאפיינים מידע היפר-ספקטראלי (Geladi and Kowalski, 1986).

המחקר בחן שני זנים תחת שלושה ממשקי השקיה שונים של מים שפירים. המחקר בחן שינויים פיזיולוגיים בשורשים ובנוף של הזנים שירזו וקברנה סוביניון. שינויים מטבוליים בפרות הכוללים שינויים ברמות הסוכרים ובהרכבם, ברמות חומרי הטעם והריח וברמות חומרים פעילים ביולוגית.

מטרות המחקר

1. ניטור ההתנהגות הפיזיולוגית וההידראולית של הזנים שירזו וקברנה סוביניון.
2. ניטור דינמיקת השורשים בהתאמה להתנהגות העל-אדמתית של הזנים שירזו וקברנה סוביניון.
3. איתור ערוצים דיאגנוסטיים, בין התחום הנראה והא.א הקרוב, אשר יאפיינו את המצב הפיזיולוגי של גפן היין; מטרה זו תושג בעזרת טכניקת ה-PLSR, אשר תקשור סטטיסטית בין כלל הערוצים הצרים לבין המדידות הפיזיולוגיות השונות.

פירוט שיטות המחקר

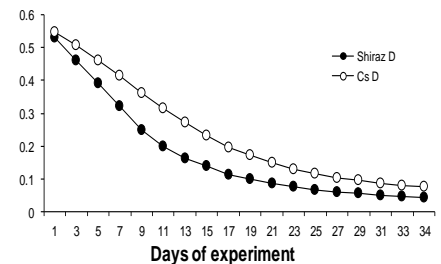
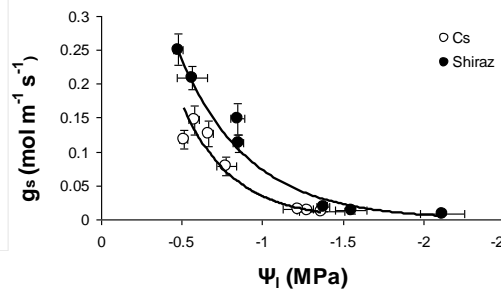
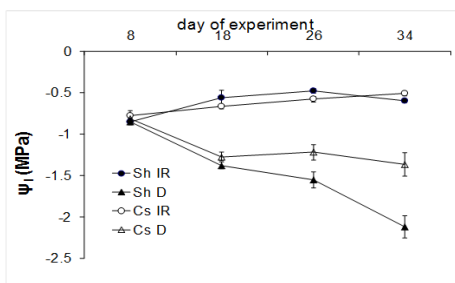
הניסוי מתבצע בכרם הניסויי שניטע ביולי 2010 במו"פ רמת נגב. הכרם מטופל ע"י אגרונום המו"פ כנהוג בפרקטיקה החקלאית. הכרם מצויד בשלוש מערכות השקיה נפרדות שמשקות 4 בלוקים כל אחת. כל בלוק ניתחם ע"י חוצצים בעומק 1.5 למנוע אפשרות של מעבר מים ושורשים בין הטיפולים. בכל בלוק ניטעו שתי שורות של שירזו ושתיים של קברנה סוביניון. שני הזנים הורכבו על כנות מסוג רוג'רי. בעת הנטיעה הוכנסו 40 צינורות שקופים במרחקים של 25 ו75 ס"מ מהגפנים לניטור של התפתחות בית השורשים. טיפולי ההשקיה מבוססים על צריכת מים של גפן ענבי מאכל כפי שנמדדה ע"י (Netzer et al. 2009). מקדם הגידול (K_c) ייקבע בהתאם לאינדקס שטח העלווה (LAI) בהתאם לקורלציה $K_c = 0.2609 \cdot LAI + 0.3645$. צריכת המים של הגידול (ET_C) תחושב בעזרת נוסחת ההתאדות המחושבת פנמן מונטית' (ET_0) לפי: $ET_C = ET_0 \cdot K_c$. יבחנו שלוש רמות השקיה: $ET_0 \cdot 0.5$, $ET_0 \cdot 0.35$, $ET_0 \cdot 0.2$.

הכרם נוטר במהלך העונה אחת לשבוע ע"י בדיקת מוליכות הפיוניות ופוטנציאל המים בגבעול (Ψ_s) ובעלה (Ψ_l). בנוסף LAI, מספר האשכולות, מספר גרגרים לאשכול, סוכר, וסה"כ חומצה (TA) נבדקו לאורך עונת הגידול כל שבועיים. שלוש פעמים במהלך עונת הגידול (בשלושת שלבי הבשלת הפרי) יבחנו מאפייני השורשים. גודל בית השורשים ומאפייניו (קוטר שורשים, סדרי שורשים) נמדדו לאורך עונת הגידול בעזרת מינרוזטרון כמתואר ב (McMichael and Taylor, 1987) ונבחנו אל מול הפיזיולוגיה של העקה כפי שבאה לידי ביטוי ב Ψ_s

תוצאות

ניטור ההתנהגות הפיזיולוגית וההידראולית של הזנים שירז וקברנה סוביניון.

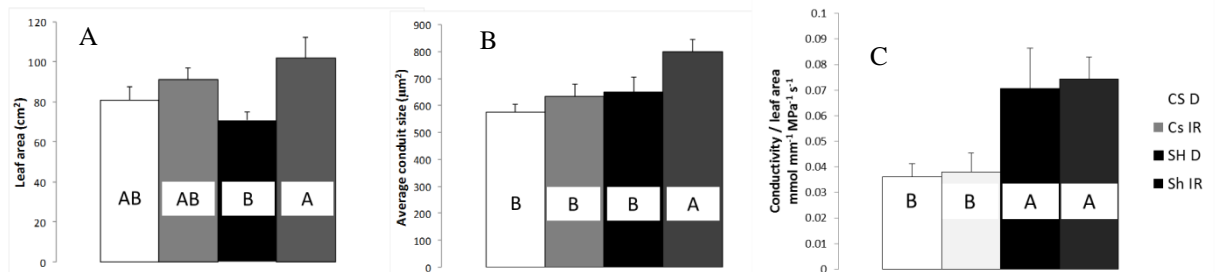
במחקר שערכנו נמצא ששירז וקברנה סוביניון הינם בעלי ההתנהגות ההידראולית שונה. שירז התנהג בצורה אנאיזוהידרית (גרף 2,3), ניצל את תכולת הרטיבות בקרקע מהר יותר, והגיע לרמות נמוכות יותר של תכולת רטיבות בקרקע (גרף 1) בהשוואה לקברנה סוביניון נמצאו הבדלים מובהקים בין הזנים מבחינה אנטומית הגוררים פוטנציאל מוליכות ההידראולית שונה בין הזנים (גרף 4). בניסוי בתנאים מבוקרים נמצא שהיעילות הפוטוסינתטית ושעור הפוטורספירציה של קברנה סוביניון הייתה גבוהה יותר באופן מובהק בהשוואה לשירז. ע"פ המדידות בהשוואה לקברנה, לשירז יש מוליכות פיוניות גבוהה יותר (גרף 2) למרות, שבמהלך רוב הניסוי שהה בקרקע יבשה יותר שהוא יצר (הודות לדיות המוגבר). מבחינת חילוף החומרים בעלה וכזג הענב, נמצאו הבדלים מובהקים בין הזנים המלמדים על אסטרטגיות שונות בין הזנים. ניכר כי התגובה המהירה בסגירת הפיוניות של קברנה סוביניון מנעה הפרה מטבולית משמעותית כפי שנצפתה בשירז. אחרי 34 ימים בטיפולים עם וללא השקיה הראו הבדלים אנטומיים משמעותיים ($p < 0.05$) (גרף 4). בתגובה לטיפול הייבוש שני הזנים הקטינו את שטח העלווה שלהם (4A) ואת גודל הרכאה הממוצעת (4B). ההקטנה בשירז הייתה משמעותית יותר. שירז שמר על מוליכות תיאורטית ספציפית לשטח העלווה משמעותית גדולה יותר מאשר קברנה סוביניון (4C). התגובות השונות של הזנים לעקת מים מבחינה ההידראולית, פוטוסינתטית, ואיכויות היבול מלמדות כי לכל זן דרישות השקיה משלו וכי יש לתכנן משטרי השקיה תואמי זן שימקסמו את איכות וכמות היבול בכל זן.



גרף 3- פוטנציאל המים בעלה Ψ_l ומוליכות הפיוניות g_s של קברנה סוביניון (Cs) ושירז (Sh) בטיפולי ההשקיה (IR) והיבוש (D) בניסוי החממה. המידע הינו ממוצע של 6 צמחים \pm שגיאת תקן.

גרף 2- קשר בין פוטנציאל המים בעלה Ψ_l ומוליכות הפיוניות g_s של קברנה סוביניון (Cs) ושירז (Sh) בטיפולי ההשקיה (IR) והיבוש (D) בניסוי החממה. המידע הינו ממוצע של 6 צמחים \pm שגיאת תקן.

גרף 1- תכולת רטיבות הקרקע (θ) בימים שונים בניסוי החממה. המידע הינו ממוצע של 6 צמחים.



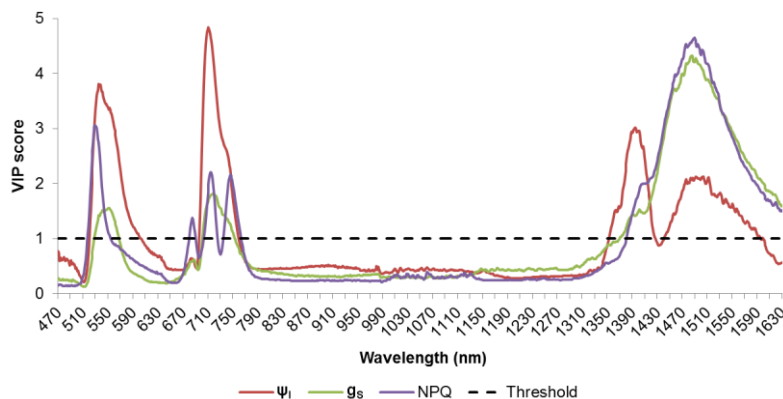
גרף 4- ניתוח סטטיסטי של גודל עלה ממוצע (A) גדלי הטרקאות הממוצעים (B) והמוליכות התאורטית הספציפית לשטח העלווה (C) בקברנה סובניון מושקה (Cs D) ובטיפול יובש (Cs IR) ושירז מושקה (SH IR) ובטיפול היובש (SH D). כל עמודה מייצגת 12 חזרות \pm שגיאות תקן.

ניטור דינמיקת השורשים בהתאמה להתנהגות העל-אדמתית של הזנים שירז וקברנה סובניון.

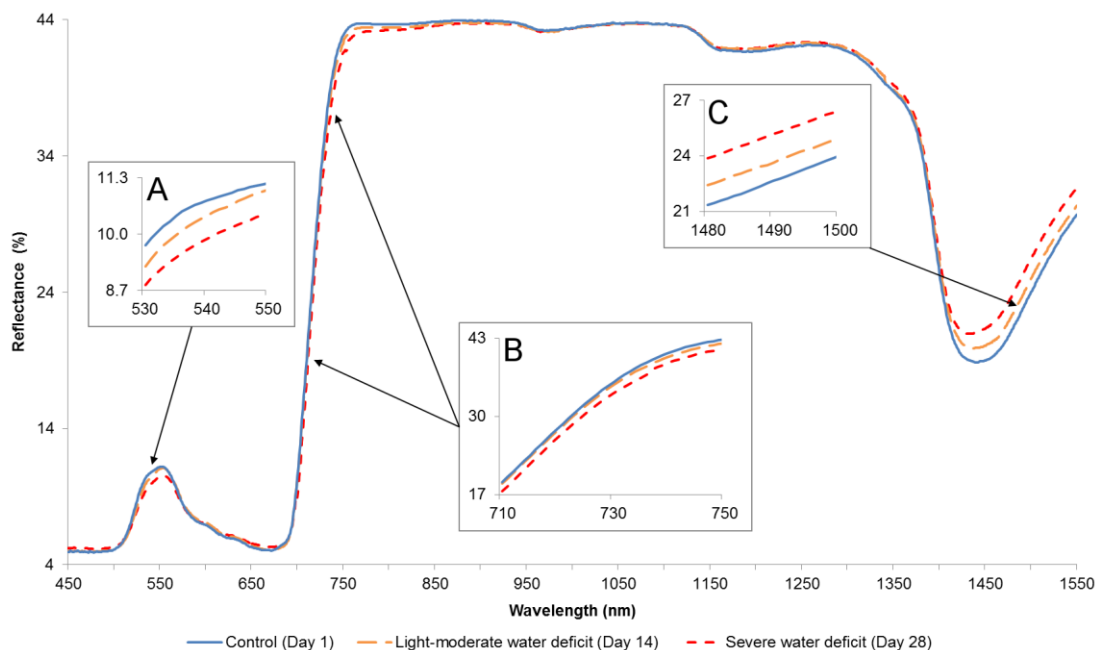
ניתוח תוצאות השנה הראשונה ממחקר זה בשלבי סיום. בשני הזנים השורשים מעמיקים עד לפחות כ 180 ס"מ מתחת לפני הקרקע. ניתן לראות הבדלים בפיזור בית השורשים בין שני הזנים אף על פי ששניהם מורכבים על אותה הכנה, רוג'רי. צמחי קברנה סובניון נוטים להתפזר באופן אחיד גם למרחק של 75 ס"מ מהגזע לעומת צמחי שיראז בהם השורשים מרוכזים בעיקר ב 25 ס"מ מהגזע.

איתור ערוצים דיאגנוסטיים, בין התחום הנראה והא.א הקרוב, אשר יאפיינו את המצב הפיזיולוגי של גפן היין; מטרה זו תושג בעזרת טכניקת ה-PLSR, אשר תקשור סטטיסטית בין כלל הערוצים הצרים לבין המדידות הפיזיולוגיות השונות.

בהתבסס על כלל החתימות הספקטרליות שנלקחו בכל שלב פיזיולוגי, טכניקת ה-PLSR הצביעה על שני תחומים ספקטראליים עיקריים הקורלטיביים לשינויים במדדים הפיזיולוגיים (גרף 5) – אזור 530-550 נ"מ ואזור 1500 נ"מ. כאשר משווים את התנהגותם הספקטרלית של השלבים הפיזיולוגיים (גרף 6), נראה כי באזורים הספקטראליים הנ"ל ישנה התנהגות הפוכה אשר ניתן למנף לבניית אינדקסים מנורמלים ובעלי משמעות.



גרף 5. תוצאות מבחן ה-VIP (מידת הקורלטיביות של אורך גל לפרמטרים הפיזיולוגיים). ניתן לראות את חשיבותם של אזורי 530-550 נ"מ ו-1500 נ"מ. למרות שאזור 700-750 נ"מ נמצא גם כן חשוב סטטיסטית, מבחינה אינדקסים מוקדמים הראו שהוא חשוב פחות משני האזורים האחרים.



גרף 6. חתימות ספקטרליות של רמות העקה השונות (אחוז החזרת האור כפונקציה של אורך הגל). ניתן לראות את כיווני הסטרס השונים באזור 530-550 נ"מ (ירידה בהחזרה) ובאזור 1500 נ"מ (עלייה בהחזרה).

פרסומים ממחקר גפן היין עד כה

1. Hochberg U^S, Degu A^S, Fait A^{PI} and **Rachmilevitch S^{PI}** (2012) Near isohydric grapevine cultivar displays higher photosynthetic efficiency and photorespiration rates under drought stress as compared with near anisohydric grapevine cultivar. *Physiologia Plantarum* 147: 443–452.
2. Hochberg U^S, Degu A^S, Toubiana D^S, Gendler T^T, Nikoloski Z^C, **Rachmilevitch S^C** and Fait A^{PI} (2013) Metabolite profiling and network analysis reveals coordinated changes in grapevine water stress response. *BMC Plant Biology* 13(1): 184-189.
3. Hochberg U^S, Degu A^S, **Rachmilevitch S^C**, Cramer G^C, Fait A^{PI} (2014) Grapevine in the face of climate change: the effects of water deficit on whole plant physiology, molecular processes and grape berry quality. *Acta Horticulturae* (accepted).
4. Rappaport t^S, Hochberg U^S, **Rachmilevitch S^{PI}**, Karnieli A^{PI} (2014) The Effect of Differential Growth Rates across Plants on Spectral Predictions of Physiological Parameters. *PLOS One* 9(2)e88930.
5. Degu A^S, Hochberg U^S, Sikron N^T, Venturini L^C, Buson G^C, Ghan R^C, Plaschkes I^C, Batushansky A^S, Chalifa-Caspi V^C, Mattivi F^C, Delledonne M^C, Pezzotti M^C, **Rachmilevitch S^C**, Cramer GR^C and Fait A^{PI} (2014) Metabolite and transcript profiling of berry skin during

fruit development elucidates differential regulation between Cabernet Sauvignon and Shiraz cultivars at branching points in the polyphenol pathway. *BMC Plant Biology* 14: 188.

6. Hochberg U^S, Degu A^S, Gendler T^T Fait A^{PI} and **Rachmilevitch S^{PI}** (2015) The variability in the xylem architecture of grapevine petiole and its contribution to hydraulic differences. *Functional Plant Biology*. (accepted November 2014).
7. *Hochberg U, Degu A, Cramer G, **Rachmilevitch S** and Fait A (2015) Cultivar specific metabolic changes in Shiraz and Cabernet Sauvignon in relation to deficit irrigation and hydraulic behavior. *Plant. Physiol. Biochem.* (accepted January 2015).