

**פיתוח קריטריונים כמותיים לסיווג זנים של צמח הקיקיון על פי עמידותם לעקות א-ביוטיות (יובש,
מליחות) ויעילות השימוש במים בתנאים אלה**

מוגש למו"פ אנרגיה בחקלאות

על ידי

חוקר ראשי: רוני וולך - מדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש סמית
חוקרים משניים: מנחם מושליון (המכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש סמית);
אורן אוסטרזר-בירן (מינהל המחקר החקלאי).

Rony Wallach, Department of Soil and Water Sciences, The R.H. Smith Faculty of
Agriculture, Food and Environmental, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot 7100,
Israel. E-mail: wallach@agri.huji.ac.il

אוגוסט 2013

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

 חתימת החוקר

תקציר

המטרה המרכזית של המחקר כולו היא לאתר זנים בעלי עמידות גבוהה ליובש כבסיס ליצור זנים בעלי איכות שמן ועמידות גבוהה לתנאי גידול קשים. את מטרה מרכזית זו אנו מנסים להשיג ע"י פיתוח קריטריונים כמותיים לבחינת עמידות של צמח הקיקיון בתנאי יובש, מליחות מים וקרקע על בסיס העיקרון הפשוט שבו צמחים שומרים על מתאם הדוק בין הטרנספירציה ליבול (Kemanian et al., 2005). מדידות הפרמטרים מתבססות על העובדה שקצב הטרנספירציה יורד באופן חד ומשמעותי בעקבות אביוטיות ומגיב באופן חיובי להקלה בעקבות אלה, ולאור הקשר הלינארי בין צבירת מסה של הצמח ולבין הטרנספירציה. למעשה, אנו מאתרים את אותם צמחים שנפגעים פחות מהעקה האביוטית ומראים קצבי טרנספירציה משופרים, עד לגבול המסכן את קיומו של הצמח, דבר המוביל בסופו של תהליך לעליה יחסית ביבול (Sade et al., 2009).

דו"ח זה כולל השוואה של קריטריונים פיסיולוגיים כמותיים שנאספו מניסויי הליזימטרים לניסויי שדה הכוללים יבול ואינדקס קציר. בניסויים שנערכו בשנים הקודמות במערכת הסריקה המהירה בה גדלים הצמחים בליזימטרים התמקדנו בעצה אחת עם חוקרים ממכון וולקני המתמקדים באיכות הפרי (שמן) בשישה קווים: BD, R83, MP, 73, 85, PA. תוצאות ניסויי הליזימטרים הצביעו על כך שקצב הצימוח של קווים BD, R83 ו-B85 מהיר בהשקיה מיטבית (VWC קרוב ל 80%), אך בעוד שהקו BD מראה תגובה פחות רגישה לירידה בתכולת המים בקרקע, כלומר, הוא מתחיל להקטין את קצב הטרנספירציה בתכולת מים נמוכה יחסית (סביב 35%), מראה הקו R83 תגובה שמרנית יותר לתכולת מים נמוכות בקרקע (סף קריטי גבוהה יותר ~45%). כלומר, R83 מתחיל להוריד את קצב הטרנספירציה בתכולת מים גבוהה יותר תוך שמירה על קצב טרנספירציה מתון יותר. הקווים PA, MP, 73 גדלים לאט יותר בהשקיה מיטבית, ונופלים פחות חזק כשה VWC יורד. היות וניסויי הליזימטרים אינם נמשכים על למצב של יבול עולה הצורך לבחון את מידת הקורלציה בין התנהגות הגושים בשלב הגידול הווגטיבי לבין התנהגותם בשדה, ובעיקר היבול. לשם כך ביצענו ניסוי בקרקע חולית בה בחנו שני קווים שהוגדרו קיצוניים בניסויי הליזימטרים יחד עם קו ברזילאי מסחרי שעבר תהליך טיפוח - BRS. ניסויי השדה איששו כי הקו R83 הוא בעל צימוח חצי-קומקפטי (נוף בינוני) וכמות יבול גבוהה ומכאן שיעילות ניצול המים שלו גבוהה. כמו כן קו זה הראה עמידות טובה ליובש כפי שהתקבל בניסויי הליזימטרים. הקו BD הראה קצב צימוח וגטטיבי מרשים מאד (בהתאמה מלאה לטרנספירציה ומפת הפיוניות הגבוהים שלו) אך יבולו לא היה רב (כפי שהתקבל בניסויי השדה) ומכאן שאינדקס הקציר שלו היה נמוך. התוצאות שהתקבלו עבור קו ה-BRS היו בין שני הקווים הנ"ל, אולם עקב בעיות בהנבטה יש להתייחס לתוצאות אלה באופן סלקטיבי. המתאמים בין הפרמטרים שנמצאו במערכת המתבססת על צימוח וגטטיבי לבין ניסויי השדה, כולל פרמטר העמידות ליובש היו טובים מאד. לעומתם לא נמצא מתאם טוב בין הצימוח הווגטיבי ליבול עבור צמחי הקיקיון (בניגוד למינים אחרים של צמחים דוגמת הדגנים). מהשוואת סף קריטי (של המים בקרקע אליו מגיבים הצמחים) לנתוני היבול בשטח אנו סבורים כי המדידה של ערך הסף הקריטי הנ"ל יכול לשמש מדד טוב לבחינת העמידות ליובש. כוונתנו לחזור על ניסויי השדה יחד עם מעקב אחר השתנות תכולת הרטיבות בקרקע באמצעות חיישני TDR כדי לאשש מסקנות אלה ולקבוע קריטריונים כמותיים יותר.

Abstract

The major aim of this research is to identify Castor cultivars having high resistivity for to drought that will be further used for breeding of cultivars that have high resistance to drought while producing high-quality oil. This aim is achieved by developing quantitative criteria for evaluation of the Castor plants resistivity to abiotic stresses. The presumption behind these criteria is that yield is correlated to transpiration rate. The criteria is based on continuous measurement of transpiration rate of individual Castor plants during a water stress (no watering) period that follow by a recovery period (re-watering). The daily plants' weight are additionally evaluated to provide WUE. These parameters are compared with similar Castor cultivars that are grown under similar ambient conditions but optimal watering. The Castor seeds for this study were provided by our collaborators from the ARO based on selection for yield and oil quality criteria. The above mentioned measurements took place in a greenhouse using a unique high throughput screening lysimeters system at the Faculty of Agriculture (the results appear in previous annual reports). In the 3rd year of this study lines that showed contrary behavior under stress in the lysimeters study were chosen for a "field" trial that took place in a greenhouse where the plants were grown in real soil. The "field" study included three irrigation-level treatments without a recovery period. As opposed to the screening made by the high throughput screening system, the plants in the field study were grown up to yield that was measured. The lysimeters experiments indicated that growth rate of lines R83, BD, and B85 was high under optimal conditions. However, line BD showed a less sensitive behavior under stress as opposed to line R83 that started to reduce transpiration at higher soil water content – considered as a more conservative behavior. The "field" study compared the two opposite lines (R83 and BD) and a commercial line (BRS) that has already nurtured for best performances. The "field" study indicated that line R83 develops a medium canopy volume with high yield (high water use efficiency) and showed fair resistance for drought, as was obtained by the lysimeter system. The BD line develops high canopy volume but low yield. Partial results were obtained for the BRS line as the germination of this line was a bit problematic. However, the partial results indicate that the performance of this line is in between the other two lines. We plan to repeat the "field" study, while adding sensors for direct continuous measurement of soil water content. This additional information will enable to perform a direct water balance in the root zone.

מבוא ורקע מדעי

בהתאם לתכנית המחקר (פיתוח קריטריונים כמותיים לבחינה והשוואה של מקורות זרעים לעמידות של קיקיון בפני עקות מים) ובהמשך לתוצאות הדו"ח לשנת המחקר השנייה ובהתאם לתוצאות ניסויי השדה שנעשו במכון וולקני נבחרו ששת הקווים הבאים לסריקה במערכת הליזימטרים:

קו	תיאור	הערות
BD-22 = BD	גובה בינוני-גבוה. יבול בינוני-נמוך	לשעבר H-22
R83 = 10083	צמח קומפקטי, עם יבול גבוה	היה בניסוי שדה בוולקני
85 = 10085	גובה בינוני. יבול בינוני-גבוה	
73 = 10073	גובה בינוני-גבוה. יבול בינוני	
PA = paraguacu	גבוה עם יבול נמוך	
MP = MPB 1	קומפקטי עם יבול נמוך. אפיל	היה בניסוי שדה בוולקני

טבלה 1: תיאור בסיסי של נתוני היבול והמורפולוגיה של הקווים שנבחרו לניסוי.

הצמחים נמדדו בשלב הווגטטיבי (גיל 4-8 שבועות) למדדי קצב צימוח קצב טרנספירציה והיחס ביניהם (יעילות ניצול המים WUE).

כפי שניתן לראות באיור 1, הקווים R83, 85 הראו צימוח מהיר יותר משאר הקווים בעוד שהקווים BD ו R73 הראו קצב צימוח נמוך. צריכת המים המצטברת של כל הקווים מלבד Pa ו R73 הייתה דומה בעוד שהשניים האחרונים הראו צריכה נמוכה יותר. בחינת היחס בין צבירת המשקל לאיבוד המים של כל קו בנפרד מלמד כי Pa ו R73 הם היעילים ביותר, כלומר צבירת המשקל היחסית שלהם דורשת פחות מים. שאר הקווים הראו יעילות ניצול מים דומה.

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח

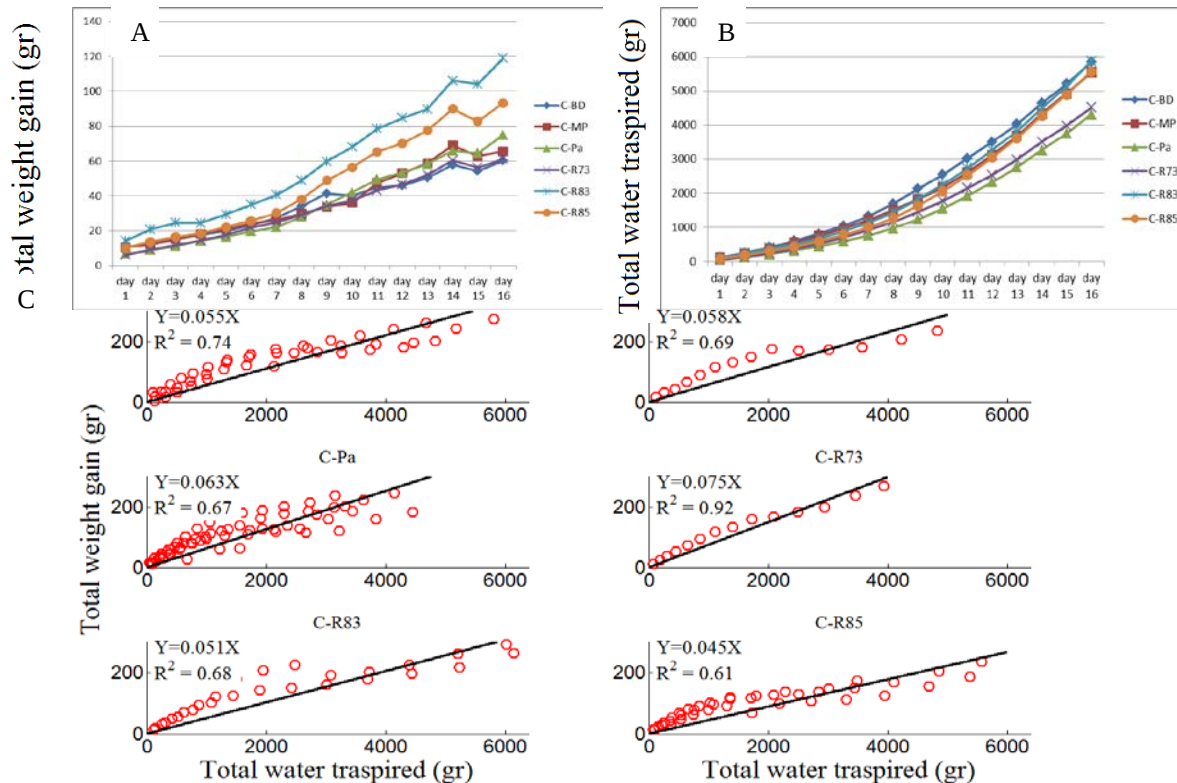
כיוון שהרוב המוחלט של המים אובד בתהליך הטרנספירציה, בחנו את קצב הטרנספירציה היומי של הצמח השלם - איור 2. התקבל שהקווים BD, R83, 85 ביצעו טרנספירציה גבוהה בעוד שהקווים Pa ו R73 ביצעו טרנספירציה נמוכה. להפתעתנו התקבל שהטרנספירציה היומית של קו MP הייתה נמוכה. ערכי טרנספירציה נמוכים אלה נובעים ככל הנראה מהמבנה הקומפקטי של הצמח, כלומר יחס עלווה-משקל גבוה המביא לטרנספירציה קטנה יחסית לשטח העלווה המאדה.

בהמשך, התמקדנו בקווים בעלי פרמטרים מורפולוגיים ופיסיולוגיים (טרנספירציה ו- WUE) דומים שאינם אפילים אך מראים נתוני יבול שונים, וזאת כדי למצוא את המתאם בין הפרמטרים הנמדדים במערכת המדידה ומדדי היבול מהשטח. לשם כך בחרנו בקווים BD ו- R83.

עבור שני קווים אלו (ובמספר חזרות לקו גבוהה מהניסוי הקודם) בצענו השוואה בין ניסויי הליזימטרים ולבין ניסויי בקרקע (להלן ניסוי שדה) בתנאי השקיה אופטימליים, ובשתי רמות של השקיית חסר המדמות דרגות

יובש שונות. הייחוד של ניסוי השדה על פני ניסויי הליזימטרים הוא שבניסוי השדה אנו מגיעים ליבול המאפשר שילוב של מדדים פיסולוגים של מאזן המים של הצמח השלם, נתוני יבול ואינדקס הקציר.

מדדי יעילות ניצול המים של האוכלוסיות הגדולות יותר ($n=15$) לכל אוכלוסייה היו דומים באופן עקרוני לתוצאות הקודמות (התוצאות לא מוצגות).

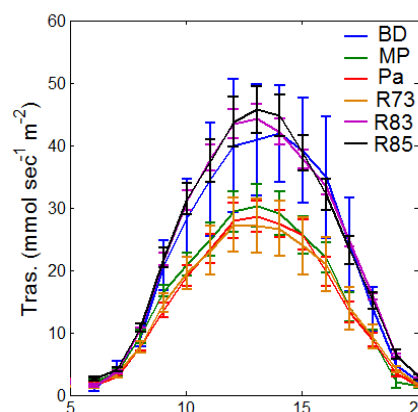


איור 1. נתוני יעילות ניצול המים של הקווים כפי שנמדדו במערכת הליזימטרים.

A. ממוצע צבירת המשקל המצטברת של ששת הקווים במשך 16 ימים של השקיה מלאה ($n=5$ לכל קו).

B. ממוצע איבוד המים המצטבר של כל אחד מהקווים באותה תקופה.

C. היחס בין צבירת המשקל לאיבוד המים לכל אחד מהקווים, יחס זה מהווה מדד ליעילות ניצול המים לכל קו (water use efficiency, WUE). הניסוי התבצע בחממת הפקולטה לחקלאות במקביל על כל הצמחים באותה תקופה כך שכולם נחשפו לתנאי סביבה זהים במשך כל תקופת הגידול.

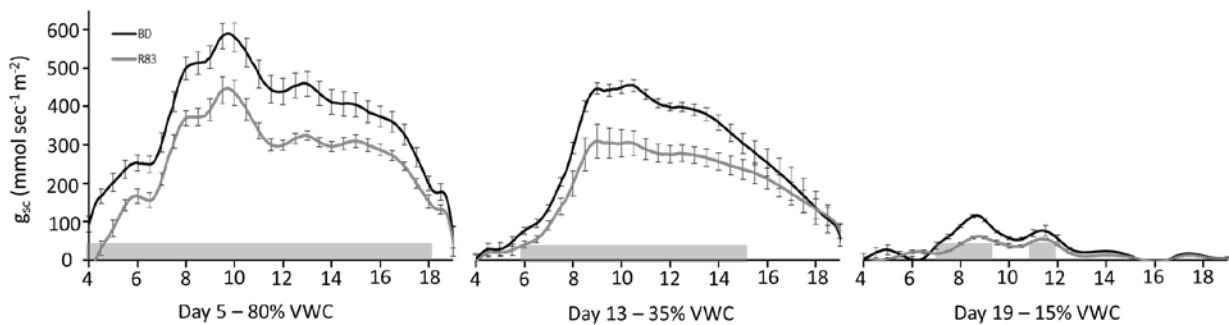


איור 2: ממוצע קצב הטרנספירציה (צמח שלם) היומית של ששת הקווים (נבחר יום מייצג בהשקיה מלאה).

מוליכות הפיוניות מהווה מדד חשוב בחיזוי יבול, כפי שהוכח עבור מספר לא קטן של גידולי שדה (deWit, C.T. 1958, Sinclair, T.R. et al., 1984, Tanner, C.B. et al., 1983, Kemanian, A.R. et al., 2005).

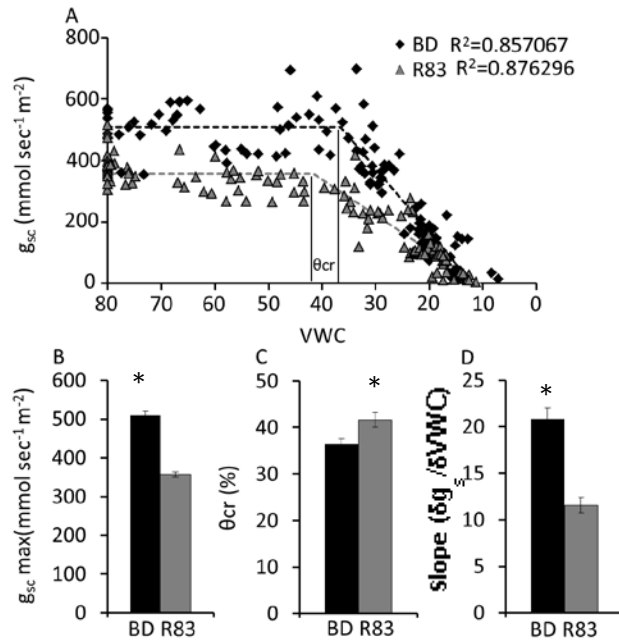
על מנת לקבל מדד זה בצורה אוטומטית מהמערכת הסריקה המהירה (ליזימטרים) יש צורך בחישוב הכוח המניע את הטרנספירציה (הפרש הלחצים בין העלה לסביבה או ה VPD vapor pressure deficit). השתנות ה- VPD במהלך שעות היממה מתקבלת על ידי ניטור רציף של הלחות היחסית והטמפר' מעל חופת הצמחים. החיישנים למדידות הלחות היחסית והטמפרטורה מותקנים דרך קבע בחממה ותוצאות המדידה מוזנות באופן אוטומטי למחשב יחד עם קריאות המשקלים והחיישנים המותקנים בעציצים להמשך עיבוד.

ההשתנות של מוליכות הפיוניות של הצמח השלם, g_{sc} , עבור קווים BD ו R83 במהלך שלושה ימים של טיפול היושב מוצגת באיור 3. מאיור 3 רואים בקרת מפתח פיוניות שונה בין שני הקווים. קו BD שומר על מפתח פיוניות גבוה יותר מקו R83 לאורך טיפול היושב. תוצאה זו היתה שונה מזו שהתקבלה בניסוי קודם של הליזימטרים בה התקבל מפתח פיוניות עבור שני הקווים. לאור סתירה זו בין התוצאות, יש בכוונתנו לחזור על הניסוי בשנת המחקר הקרובה. אולם, תוצאות המדידה המופיעות באיור 3 תואמות את קצב הצימוח וצבירת הביומסה (לא זרעים) של שני קווים אלה (ראה איור 6 להלן).



איור 3: ממוצע השתנות מוליכות הפיוניות היומית של הצמח השלם לאורך תקופת יובש, האזורים האפורים על ציר ה X מסמנים הבדל מובהק $P < 0.05$ בין הצמחים. בכל יום ניסוי שימשו לפחות 13 צמחים לממוצע.

ניתוח עומק של ההבדל ההתנהגותי של מוליכות הפיוניות של הצמח השלם הראה שהמוליכות הפיוניות הגבוהה יותר של צמחי ה- BD נשמרת לאורך טווח ארוך יותר של תכולות מים בקרקע (איור 4). כלומר, צמחי ה- BD שומרים על קצב טרנספירציה מקסימלי עד לסף תכולת מים בקרקע נמוך יותר מאלו של צמחי ה R83 (קרוב ל $WVC = 35\%$). השתנות זו של קצב הטרנספירציה כנגד תכולת המים בקרקע מצביע על התנהגות "מהמרת" של צמחי ה- BD הממשיכים לאדות ולרוקן את מלאי המים בקרקע בקצב גבוה תוך "צפיה" למילוי מאגר המים בקרקע על ידי גשם. בניגוד לצמחי ה- BD, תגובת הפיוניות של קו R83 מתונה יותר במהלך הירידה בתכולת המים בקרקע וקטנה כבר בסף תכולת מים קריטית של $WVC \approx 45\%$. בכל מקרה נמצא הבדל מובהק בין הקווים (איור 4). תוצאה זו מצביעה על יצרנות גבוהה יותר של צמחי ה- BD אך עמידות טובה יותר ליובש של צמחי ה- R83.

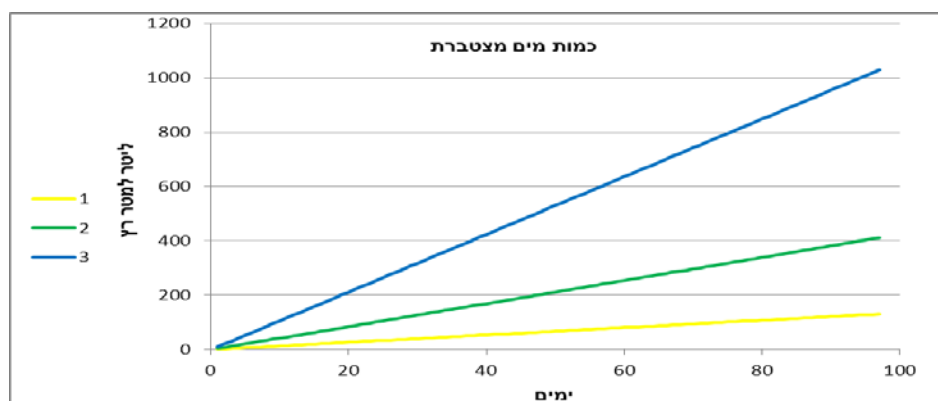


איור 4. יחסי g_{sc} תכולת מים בקרקע.

- A. מוליכות הפיוניות בצהרי היום בתגובה לכמות המים היחסית בקרקע VWC.
- B. ממוצע ערך ה g_{sc} מראה הבדל מובהק במוליכות הפיוניות של קו BD בתכולת מים שבין 80% ל-40%.
- C. סף תכולת המים הקריטי המגביל את הטרנספירציה
- D. מתגובת מפתח הפיוניות לשינוי בתכולת המים $[(dg_s/dVWC)]$ ניתן להסיק כי קו R83 מגיב באופן מתון יותר לירידה בתכולת המים בטווח היבש לעומת קו BD. מכאן ניתן להסיק כי קו R83 עשוי להיות עמיד יותר בתנאי יובש.

פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו

בהמשך לשתי החזרות שנעשו במערכת הליזימטרים (האחד בשנת המחקר הקודמת ואחד בשנת המחקר הנוכחית) בוצע ניסוי השוואתי של שלושה זנים ברמות שונות של השקיה בקרקע טבעית (להלן "ניסוי שדה") וזאת כדי לבחון את הקורלציה בין התוצאות שמתקבלות בניסויי ליזימטרים קצרים עבור השלב הווגטטיבי בלבד (יתרונה של מערכת הסריקה המהירה) לבין צימוח וגטטיבי ויבול פרי שנמדדים בניסוי השדה. ניסוי השדה התבצע בחממה (חלקת קרקע טבעית בשטח של כרבע דונם המקורה בתקרת זכוכית) בפקולטה לחקלאות. הקרקע בחממה חולית (מסוג חול רחובות). בנוסף לשני הקווים BD ו-R83 זרענו כביקורת את הקו המסחרי BRS שמקורו בברזיל. השתילים נזרעו במרחקים של 2 מ' בין השורות ו-1 מ' בין הצמחים לאורך השורה. ההשקיה ניתנה ב-3 רמות של מנת מים (טיפול השקיה דיפרנציאליים) - השקיה מיטבית ושני טיפולי יובש (איור 5) עבור 3 קווים ב-4 חזרות.



איור 5. כמות מים מצטברת שנתנה בטיפול ההשקיה השונים בניסוי השדה (הקו הכחול מייצג השקיה מלאה והצהוב השקיה חסר)

תוצאות שהתקבל לתקופת הדו"ח

ראשית לכל נציין שבניסוי השדה אירעו מספר תקלות:

1. אחוזי נביטה נמוכים של BRS נתנו פחות צמחים מהמתוכנן
2. עקב עיכוב בקבלת חיישני הקרקע (ביקורת של המכס אצל היבואן) נוצר פער לא צפוי במעבר של השתילים מהעציצים לקרקע ותחילת מועד טיפולי ההשקיה הדיפרנציאלית. עיכוב זה גרם לצמחים להפוך לאטיולנטים שנפלו מכובד האשכולות שלהם. תוצאות הניסוי מראות שלמרות תקלה זו, היו תוצאות הניסוי בקרקע (מכונה להלן ניסוי שדה) בהתאמה טובה לתוצאות הניסויים בעציצים (ליזימטרים). למרות התאמה נאה זו ומסיבות של הדירות מדעית החלטנו לחזור על ניסוי השדה בשנת המחקר הבאה כאשר הפעם ישמשו חיישני הקרקע לבקרת ההשקיה ומעקב רציף אחר קליטת המים של הצמח.
3. הניסוי שנמשך למרות התקלות וניתוח היבול לימד שמלבד טיפול ההשקיה המלאה של צמחי ה-BRS ניתן היה לקבל תוצאות משמעותיות משאר הטיפולים (ראה איור 6).

תוצאות ניסוי השדה מוצגות באיור 6. תוצאות אלה מצביעות על כך שהצימוח הווגטטיבי של קו BD בהשקיה מיטבית מהיר תוך יצירת צמחים בעלי נוף רחב (איור 6a). תוצאה זו עולה בקנה אחד עם התוצאות שהתקבלו עבור קו זה בניסוי הליזימטרים (איור 1). אולם, למרות קצב הצימוח המהיר, היה היבול של קו BD נמוך בהשוואה לקוויים האחרים (איור 6b), ומכאן שהיחס בין קצב הצמיחה לקצב הטרנספירציה, המכונה גם "אינדקס היבול", של קו זה נמוך מהזנים האחרים שנבדקו (איור 6c). תוצאות ניסוי השדה מצביעות על כך שהשקיה גרעונית פוגעת בצמיחה וביבול של קו BD. תוצאה זו עולה בקנה אחד, אם כי באופן עקיף, עם תוצאות ניסוי הליזימטרים בהם התקבל שקצב הטרנספירציה של קו זה גבוה עבור בכל טיפולי ההשקיה השונים (איורים 2-4). העובדה שקו זה שומר על קצב טרנספירציה גבוה בכל רמות היובש מעידה על כך שהוא אינו נוקט צעדי הסתגלות ליובש בקרקע ומגיע עקב כך מהר (יחסית לקוויים האחרים) לנקודה בה המים בקרקע אינם זמינים יותר, תופעה המסבירה את היבול הנמוך שהתקבל בטיפול היובש בשדה.

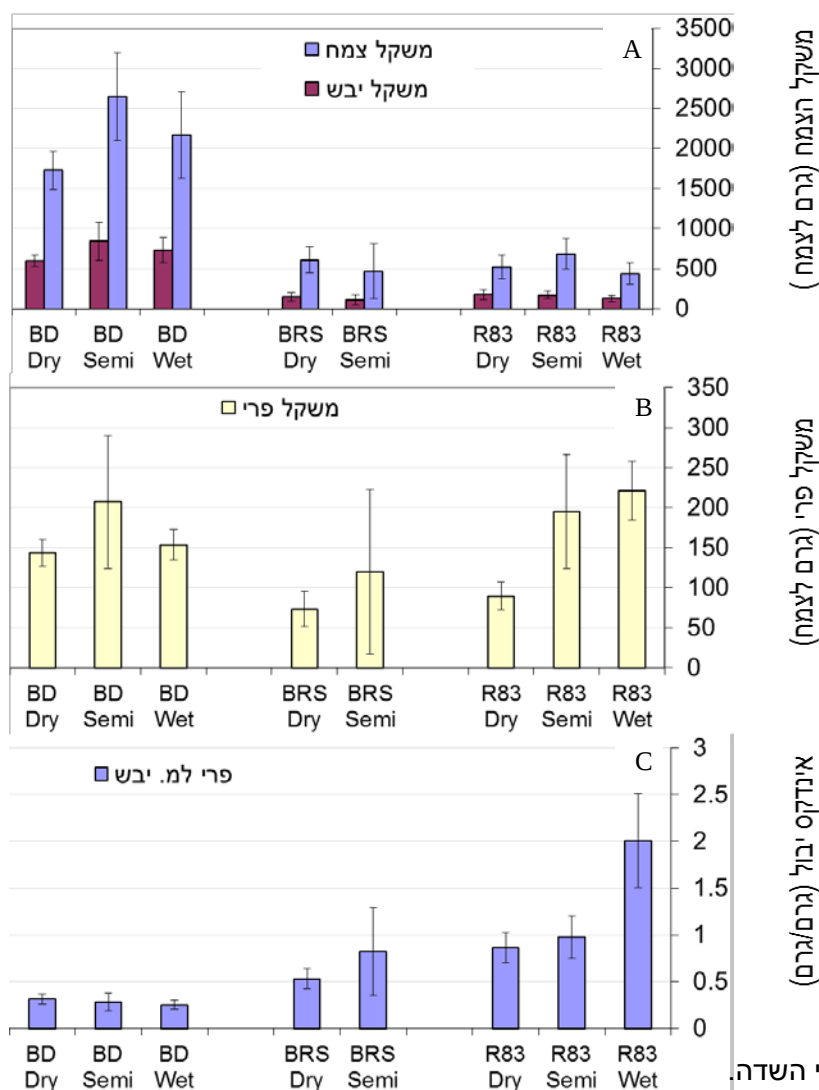
הצימוח הווגטטיבי של הקו המסחרי BRS בשדה נמדד רק עבור השקיות החסר משום שהצמח לא הצליח להחזיק את הפרי בהשקיה מלאה עקב היותו אטיולנטי (ראה פרטים למטה). גם משקל הפרי וגם קצב הצימוח של קו בהשקיות החסר היו נמוכים מאלה של ה-BD, אולם "אינדקס היבול" שלו היה גבוה מזה של ה-BD.

מדד זה מציין שהיבול היה גבוה יחסית לקצב הצימוח בתנאי חוסר מים, עובדה המצביעה על יעילות של הצמח בייצור פרי. את תוצאות ניסוי השדה לא ניתן להשוות לניסויי הליזימטרים משום שהוא לא נכלל בזנים שנבדקו בניסויים אלה.

הצימוח הווגטטיבי של צמחי ה-R83 בניסוי השדה היה דומה לזה של ה-BRS אולם נמוך מזה של ה-BD (איור 6a) לעומת משקל הפרי שהיה גבוה מזה של ה-BRS בכל טיפולי ההשקיה, גבוה מה-BD בטיפול הרטוב (השקיה מלאה) אולם נמוך ממנו בטיפול היבש (איור 6b). היבול הגבוה יחסית לקצב הצימוח העניק ל-R83 אינדקס יבול גבוה משני הקווים האחרים בהשקיה המלאה ובהשקיות החסר (איור 6c). גם בניסויי הליזימטרים הראה הקו R83 יתרון על הקווים האחרים בכך שהוא ביקר את קצב הטרנספירציה בתכולות רטיבות קרקע שונות (איורים 2, 3 ו-4) וצבר פחות מסה בשלב הווגטטיבי בהשוואה ל-BD (איור 1). מכאן ברור היתרון של R83 כצמח שיניב יותר פרי בתנאים מיטביים ובתנאי יובש כאחד.

דין ומסקנות ותכנית להמשך המחקר

תכנית המחקר התמקדה באיתור זני קיקיון יעילים המניבים פרי רב גם, ואולי בעיקר, בתנאים של עקות יובש. המחקר אמור היה לזהות התנהגות זו באמצעות מערכת הסריקה המהירה שפותחה על ידי החוקרים ושאמור לחזות עמידות לתנאי יובש בשלבים מוקדמים של הגידול, ובכך לייעל את תהליך האיתור של הזנים העמידים. ייעול זה באיתור הזנים העמידים אמור לחסוך ניסויי שדה רבים וארוכים הדורשים אמצעים וקרקע ולספק נתונים כמותיים של הפרמטרים השונים. השאלה שעמדה על הפרק היא מה מידת ההתאמה של התוצאות שמתקבלות ממערכת הסריקה המהירה (ניסויי הליזימטרים) לאלה שמתקבלות בקרקע טבעית בשדה שבה הפרמטר שנמדד בדרך כלל הוא יבול. נציין שאיכות הפרי לא עמדה במחקר זה למבחן משום שהזנים שנבדקו במחקר אותרו על פי פרמטר זה על ידי החוקרים ממכון וולקני. הצעת המחקר הראשונית התמקדה באיתור זנים מתאימים באמצעות מערכת הסריקה המהירה, אולם על פי בקשה של וועדת השיפוט הוספנו למחקר גם ניסויי שדה כדי לבחון נקודה זו. הזנים שנבחרו לניסוי השדה אותרו על סמך ניסויי הליזימטרים – שוב יתרון מערכת הליזימטרים המאפ'רת להוציא מהמשחק זנים לא מתאימים ולהשאיר זנים נבחרים שעוברים לשלב הסופי של ניסויי השדה. הקווים שנבחנו בניסוי השדה היו BD ו-R83 יחד עם קו מדף מסחרי, BRS, המשמש לגידול מסחרי של קיקיון לביו-דיזל. למרות התקלות שהיו בתחילת ניסוי השדה, התוצאה שהתקבלה מניסויי זה איששה באופן משמעי את התוצאות שהתקבלו בניסויי הליזימטרים. התקבל שקווים שמאדים הרבה מים במצב שהמים בקרקע זמינים "קורסים" בקצב מהיר יותר כשמגיע סף יובש המהווה גורם מגביל. צמחים אלה מאבדים אז את יכולת הייצור שלהם. לעומתם, הקווים ה"זהירים" מעדיפים קצב טרנספירציה נמוך יותר תוך שמירה של נוף קטן יותר, ולפיכך מסוגלים לשרוד תנאי יובש ארוכים יותר. כשתכולת הרטיבות בקרקע מגיע לסף קריטי, הם מורידים את קצב הטרנספירציה המאפשר להם להמשיך לתפקד ולייצר פרי למרות היובש.



איור 6. נתוני היבול של ניסוי השדה.
 A. משקל רטוב ויבש של ביומסה ממוצעת לצמח ושגיאת התקן של הצמחים בטיפולים השונים.
 B. משקל פרי ממוצע לצמח ושגיאת התקן של הצמחים בטיפולים השונים.
 C. אינדקס קציר ממוצע לצמח ושגיאת התקן של הצמחים בטיפולים השונים.

רשימת ספרות

- deWit, C.T. (1958) Transpiration and Crop Yields. Institute of Biological and Chemical Research on Field Crops and Herbage. Wageningen, The Netherlands. No. 64. 6.
- Sinclair, T.R., Tanner, C.B., Bennett, J.M. (1984) Water-use efficiency in crop production. *BioScience*, 34(1), 36-40.
- Tanner, C.B., Sinclair, T.R. (1983) Efficient water use in crop production: research or re-search. In: Taylor, H.M., et al. (Eds.), *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. ASA, Madison, WI, pp. 1-27.
- Kemanian, A.R., Stockle, C.O., Huggins, D.R. (2005) Transpiration-use efficiency of barely. *Agriculture Forest meteorology*. 130, 1-11.

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
המחקר בתקופה זו התמקד בקווים BD ו-R 83 בעלי פרמטרים מורפולוגיים ופיסיולוגיים (טרנספירציה ו-WUE) דומים שאינם אפילים אך מראים נתוני יבול שונים כדי לבחון מתאם בין הפרמטרים הנמדדים על ידי מערכת הסריקה המהירה בחממה לבין מדדי היבול מהשטח. המדידה בשדה כללה השקיה אופטימלית ושתי רמות של השקיית חסר המדמות דרגות יובש שונות. הייחוד של ניסוי השדה על פני ניסוי הליזימטרים הוא שבניסוי השדה אנו מגיעים ליבול המאפשר שילוב של מדדים פיסיולוגיים של מאזן המים של הצמח השלם.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות
תכנית המחקר התמקדה באיתור זני קיקיון יעילים המניבים פרי רב גם, ואולי בעיקר, בתנאים של עקות יובש. הזנים שנבחרו לניסוי השדה אותרו על סמך ניסויי הליזימטרים המאפשרת לסנן זנים לא מתאימים ולהשאיר רק זנים נבחרים שעוברים לשלב ניסויי השדה. הקווים שנבחנו בניסויי השדה היו BD ו-R83 יחד עם קו מדף מסחרי, BRS, המשמש לגידול מסחרי של קיקיון לבן-דיזל. תוצאות ניסויי השדה אוששו באופן חד משמעי את התוצאות שהתקבלו בניסויי הליזימטרים. התקבל שקווים שמאדים הרבה מים במצב שהמים בקרקע זמינים "קורסים" בקצב מהיר יותר כשמגיע סף יובש המהווה גורם מגביל. צמחים אלה מאבדים אז את יכולת הייצור שלהם. לעומתם, הקווים ה"זהירים" מעדיפים קצב טרנספירציה נמוך יותר תוך שמירה של נוף קטן יותר, ולפיכך מסוגלים לשרוד תנאי יובש ארוכים יותר.
3. מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרת המחקר לתקופת הדוח?
הניסויים המקדימים במערכת הסינון המהיר שפותחה על ידי וולך ומושלין מצליחה לסנן את הזנים הפחות עמידים לעקת יובש. הצלחה זו מאוששת על ידי תוצאות ניסויי השדה. מערכת הסינון המהיר מצליחה גם לעקוב אחרי ההבדלים באופן ההתנהגות של זנים עמידים יותר ועמידים פחות על פי התנהגותם האיזוהידרית או האנ-איזוהידרית. המטרות לשנת המחקר הושגו.
4. בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:
לא התעוררו בעיות מיוחדות שהפריעו למהלך התקין של המחקר. היה טוב לו המחקר היה נמשך שנה נוספת כדי שנחזור על ניסוי השדה כדי לבסס את הממצאים שהתקבלו בשנת מחקר זו.
5. פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום טרם
6. פרסום הדו"ח:
אני ממליץ לפרסם את הדו"ח