

השקיית חימצה בתנאים חצי-יובשניים תוך התבססות על מדדים מורפו-פיסיוולוגיים

אסף אבנרי^{1,2}, דוד בונפיל³, רועי שדה¹, איתי הרמן¹, עומר פרח¹, שחל עבול¹, רן לאטי²

1. הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית ירושלים.

2. מרכז מחקר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי.

3. מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי.

תקציר: בעוד אוכלוסיית העולם נמצאת בעלייה מתמדת, צמצום שטחי הגידול החקלאים והעלייה בדרישה לחלבון צמחי ככלל ולחימצה בפרט מעלה את הצורך להעלות את כושר ייצור החימצה ליחידת שטח. טיפוח זנים חדשים ואגרוטכניקה הם גורמים המסייעים בהעלאת היכול בגידול החימצה אך הגורם המגביל העיקרי בייצור חימצה בעולם הוא מחסור במים במהלך השלב הרפרודוקטיבי. השקיה יעילה- במועד ובמינון המדויקים יאפשרו את הגדלת היכול הנקצר תוך שמירה על רווחיות המגדל. בעבודה זו בחנו את תגובת צמחי החימצה לרמות השקיה שונות בשלבי התירמול ומילוי הגרגירים תוך בחינת מדדים פיסיוולוגיים ומורפולוגיים אשר יהוו מדד המשקף נכונה את מצב המים בצמח ויסייעו למגדל בקבלת החלטות לאורך כל עונת ההשקיה, ממועד פתיחת המים ועד מועד סיום ההשקיות.

שיטות וחומרים: העבודה התבצעה לאורך שלוש שנים רצופות (2019-2021) בנגב, מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי. הניסוי הוצב במתכונת של בלוקים באקראי בשש חזרות. שישה טיפולי השקיה יושמו תוך התבססות על מדד מטאורולוגי אובייקטיבי ETc (התאדות גידול- התאדות מחושבת ע"פ פנמן-מונטית) כשמנות ההשקיה אשר יושמו היו לפי מקדמי גידול Kc שונים (0%, 50%, 70%, 100%, 125%, 140%) (איור A1) מההתאדות המחושבת אשר נמדדה בתחנה מטאורולוגית סמוכה לשטח הניסוי בכל עונת גידול. צבירת חומר יבש (ח.י.) כללי (וגטטיבי וגרגירים) וח.י. גרגירים נדגמו מדי שבוע ובסיום הגידול, נקצרו החלקות בעזרת קומביין תבואות ונמדד יכול הגרעינים הסופי. לאורך עונת הגידול נאספו מדדים פיסיוולוגיים ובתוכם מדידות תא לחץ אשר משקפות את פוטנציאל המים בצמח וכן נאספו מדדים מורפולוגיים המתארים את אורך הפרק מעל התרמיל הנפוח האחרון (Last Fully Developed Pod –**LFDP**) ואת המרחק מהתרמיל הנפוח האחרון, LFDP, לקדקוד הצמיחה (איור D1).

מילות מפתח: דרישה אופורטיביות, אופורנספירציה, FAO crop evapotranspiration (ETc), FAO, crop coefficient (Kc)



איור 1: A-C חלקות הניסוי, D מדדים מורפולוגיים

עיקרי הממצאים:

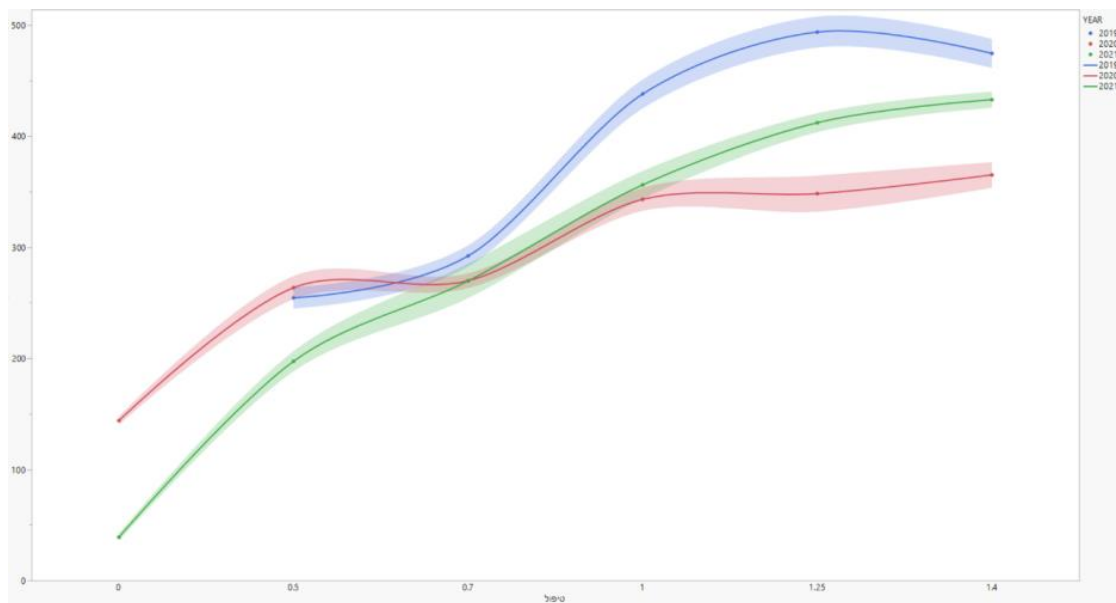
1. ישנה חשיבות רבה למועד הזריעה. זריעה מוקדמת תוביל לצימוח יתר לפני תחילת תירמול, וגובה תרמיל ראשון יהיה גבוה מדי. גורם זה יעלה את פוטנציאל הרביצה ולמעשה יסיים את תקופת הגידול (יקצר את תקופת ההשקיה). נראה שבתנאי ישראל, סביב התאריך 15 בינואר הוא מועד הזריעה המומלץ. מחד, מגיעים לשלב התירמול עם מספיק עלווה שתוכל לתמוך בתרמילים המתפתחים ומאידך, תפחית את הסכנה לרביצה בשלבי הגידול המאוחרים.
 2. מועד פתיחת המים: תוצאות הניסויים הראו כי יש להמתין עם פתיחת המים עד אשר פוטנציאל המים הצמח מראה ערכים של עקה מתקדמת.
- יש להימנע מפתיחת מים מוקדמת מדי אשר עשויה להוביל לצימוח מופרז אשר יוביל לעלייה בסיכוי למחלות עלים, רביצה וסיום עונת הגידול בשל קריסת הצמחים לקרקע אשר גורמת להצללה, התעפשויות תרמילים בחלקים התחתונים וקטיעת הגידול הרציף התקין של צמחי החמצה.
- ממועד פתיחת המים יש לנסות ולשמור על ממשק מים מיטבי בצמחים קבוע ככל הניתן ולהימנע ממחזוריים קיצוניים של הרטבה וייבוש- יתרון גדול להשקיות קטנות בתדירות גבוהה.
- מדדים מומלצים למעקב:

ערכי תא לחץ מעל 15 בר (מדד פיסולוגי). לחילופין, התבוננות במדדים מורפולוגיים התקצרות הפרק שמעל LFDP מתחת ל 25 מ"מ או ערכי מרחק התרמיל הנפוח האחרון LFDP מקדקוד הצימוח הנמוכים מ 80 מ"מ יתריעו למגדל כי זמינות המים לצמח הולכת ופוחתת. באזורים בהם הצמח עוד לא התחיל לתרמל וניכרת כבר

עקת מים, ניתן למדוד את הפרק מעל הפרח הראשון שכבר פרח לתחילת מעקב מוקדמת. לאחר ההחלטה על פתיחת מים, יש לפתוח השקיית מילוי חתך הרטבה (כל מגדל לפי סוג הקרקע וזמינות המים לאחר החורף).

3. מנות מים ומדדים למעקב לאורך עונת ההשקיה:

לאחר פתיחת המים הראשונה, יש להיכנס למשטר השקיה קבוע כשתדירות השקיה גבוהה תתרום משמעותית לממשק המים בצמח ותשפר את היכול הסופי). בשנות הניסוי שלנו השקינו אחת לשבוע בתחילת עונת ההשקיה ובהמשך עונת ההשקיה המלווה בעלייה בדרישות אווירטיביות (חודש מאי) אף השקינו השקיות דו-שבועיות ותלת-שבועיות בתקופות של אירועי שרב ויובש קיצוניים מתמשכים. מקדם ההשקיה אשר הוביל ליבולים הגבוהים ביותר לאורך שלוש עונות הניסוי היה מקדם של 120% מהתאדות פנמן מחושבת. באזורים גיאוגרפים אחרים עם חתך הרטבה מלא יותר וסוגי קרקעות אחרים נדרש לעיתים לבצע תיקון לערך זה, המדדים הפיסיולוגיים והמורפולוגיים יוכלו לסייע למגדל לבצע שינויים קלים במקדם הגידול (K_c) כלפי מעלה או מטה על מנת לשמור על ערכים פיסיולוגיים ומורפולוגיים מומלצים. ערכי תא הלהץ המומלצים הם בטווח של 12-14 בר לאורך עונת ההשקיה והמדדים המורפולוגיים צריכים להיות בערכים של 27-33 מ"מ אורך פרק מעל LFDP ומרחק של 90-100 מ"מ מקדקוד הצימוח לתרמיל נפוח אחרון LFDP.



איור 2: ממוצע יבול גרגירים (ק"ג/דונם) כתלות בטיפול השקיה (K_c), קציר בקומביין תבואות, גילת 2019 (כחול), 2020 (אדום), 2021 (ירוק).

המלצות ההשקיה הנ"ל מתאימות בעיקר לזנים "זהבית" "נריה" ו- "בר" - זנים בעלי אופי תירמול רציף ואחוזי חנטה גבוהים לאורך העונה בהם ניתן לעקוב ביתר קלות אחר המדדים המורפולוגיים. מאידך, בזנים

ברעם וירדן, המעקב המורפולוגי קשה יותר ומצריך המשך מעקב פיסולוגי על מצב המים בצמח ובקרקע (טנסיומטרים, מד גבעול, תא לחץ).

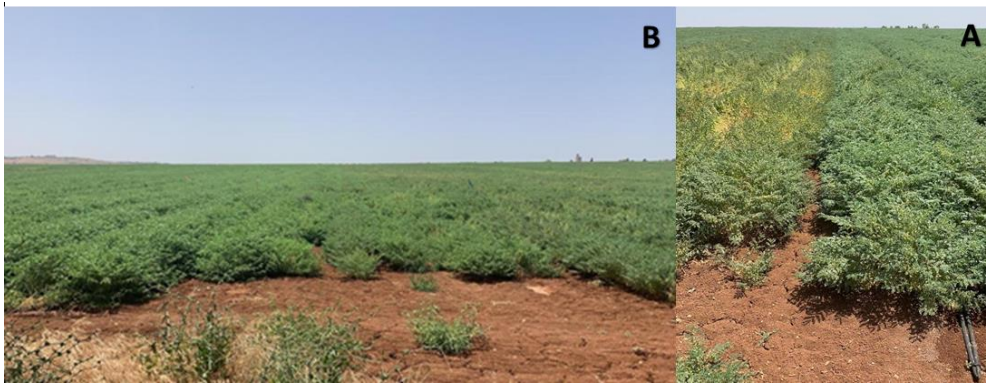
תובנות: מהתבוננות בתוצאות הניסויים בשלוש השנים בגילת ומתצפיות שנערכו ברחבי הארץ (דרום, מרכז וצפון) עולות מספר מסקנות אשר לא התקבלו ישירות מהניסויים שערכנו אך לדעתנו בהחלט יכולות לשפר את ממשק הגידול ולסייע בהעלאת יכול הגרגירים הסופי:

- צמצום מרווחי שורות הזריעה מ 96.5 ס"מ קונבנציונאלי ל- 75 ס"מ, מעלה את זמינות המים לצמח גם במנות השקיה קטנות ומסייע בשמירה על מאזן מים יציב יותר לאורך העונה ובין מועדי ההשקיות.
- באדמות כבדות, יש להשתדל לבצע קלטור שורה עוד לפני פרישת שלוחות הטפטוף, סידוק הקרקע בשלבי הגידול המאוחרים גורמים לקריעה של מערכת השורשים ויצירת אזורים בקרקע מהם הצמח אינו מסוגל לקלוט מים.
- ממועד פתיחת המים, שמירה על רצף השקיות קבוע (עם תגבורים לקראת או במהלך ימים עם תנאי אקלים קיצוניים). הפסקות ארוכות בין השקיה ומחזורים של הרטבה והתייבשות אינם מומלצים ויש לנסות ולשמור על ממשק מים אופטימלי ורצוי לאורך כל עונת ההשקיה.
- יכול גרגירים גבוה (מעל 400 ק"ג/דונם) יכול להתקבל רק מיצירה של מספר רב של אברי פרי (פרח, חנט, תרמיל) ליחידת שטח. על מנת ולהגיע למספר רב של אברי פרי ליחידת שטח יש להאריך את עונת ההשקיה ככל הניתן (5-6 שבועות השקיה).
- צמחים מפותחים ומסועפים הם המקור ליצירה של מספר גדול של אברי פרי בענפים ראשיים (ענפים ראשיים ארוכים יותר עם מספר תרמילים גדול יותר לענף) וכן עלייה במספר ענפי המשנה המוסיפים בסוף עונת הגידול תרומה משמעותית לגידול (איור 3).

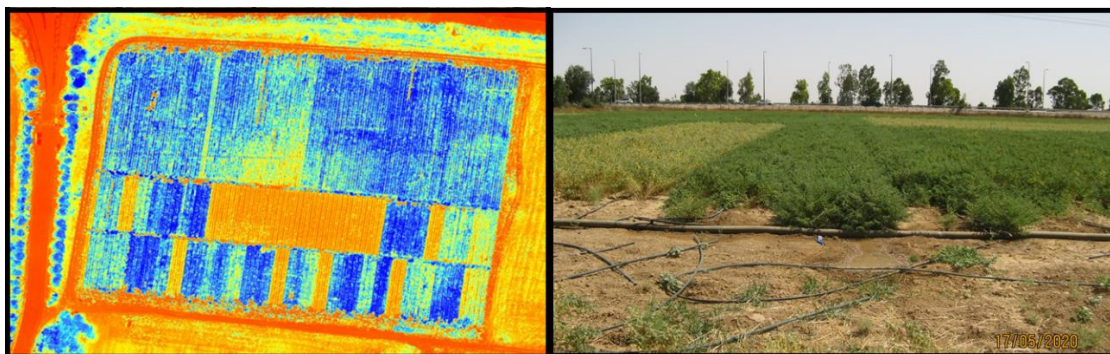


איור 3: שדה מושקה על פי מקדם מומלץ, (בקעת בריר, 25.04.21)

- צמחים מפותחים בעלי עלווה רבה מעלים אמנם את התאדות המים ליחידת שטח אך במקביל, מסייעים בקירור העלווה ומסייעים לצמחי החמצה בהתמודדות עם תנאי אקלים קיצוניים של יובש וטמפרטורות קיצוניות, בטווח הקצר (בזמן אירועי האקלים החריגים) וגם בטווח הארוך בשמירה על צמח מתפקד ופעיל לאורך תקופה ארוכה יותר.
- חשש גדול של החקלאים הוא רביצה של צמחי החמצה כתוצאה מהשקיה מרובה. מהתבוננות רב שנתית על מספר זנים, נראה שהתופעה היא למעשה, הפוכה. צמחים המושקים בחסר, יאבדו טורגור במהלך ימים או תקופות עם אירועי אקלים קשים וירבצו (איור 4). תהליך זה הוא בלתי הפיך, צמחי החימצה לא יוכלו להזדקף שוב (בדומה לצמחים דגניים) ולא יוכלו להמשיך במהלך גידול תקין. כל עוד והערכים המורפולוגיים תקינים ונמצאים בטווח המומלץ, מנות מים גדולות לא רק שלא יפגעו במהלך הגידול אלא אף יסייעו לצמח לעבור את ימי אקלים הקיצוניים בצורה טובה יותר (פחיתה בהפלות של אברי פרי ושיעור רביצת צמחים בשדה).



איור 4: A - מימין השקיה לפי מקדם 1.2 ומשמאל השקיה מסחרית, B - משמאל הברז לפי השקיה מומלצת ומימין החלקה המסחרית. (גבע, 05.05.2021).



איור 5: A חלקת הניסוי בגילת, עונה 2020, B צילום תרמי בסוף עונת ההשקיה, גילת 2020

תודות:

- גד"ש עציון, גד"ש אורן, גד"ש בית קשת, גד"ש גבע, גד"ש בית אלפא.
 - מינהל המחקר החקלאי, תחנת נווה יער- שלומי אהרון, זוהר בן שמחון, אביתר אסף.
 - מינהל המחקר החקלאי, תחנת גילת- סאקר אל אטרש, ג'מאל אטרש.
 - הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית- צביקה פלג, יניב טובול.
- מסמך זה אינו דוח סופי, אינו מיועד לפרסום בכתב עת ואינו מכיל את כלל התוצאות והמסקנות.
מטרת המסמך לסייע למגדלים\חקלאים בהשקיית החמצה כבר בעונה הנוכחית (2022) עוד
לפני פרסום הדוח הסופי.