

פיתוח אלגוריתם לקבלת החלטות בנושא בקרת השקיה במטעים על פי מדדי עקה צמחיים

עמוס נאור – המכון לחקר הגולן

אילן אמיר – הטכניון

מוטי פרס, יוני גל – שה"ם

מאי 2005

אייר תשנ"ו

תקציר

בעית המחקר – קבלת החלטות בנושאי השקיה הוא תהליך המושפע ממספר רב של פרמטרים. מערכת תומכת החלטות עשויה לפשט את התהליך עבור המשקה. במחקר המוצע אנו מפתחים אלגוריתם לקבלת החלטות המתבסס על מדידות תא לחץ וגידול פרי.

חומרים ושיטות – בוצע מעקב אחר פוטנציאל המים בגזע, גודל הפרי ונתוני ההשקיה במספר חלקות בגליל ובגולן במשך שלוש עונות. כמו כן בוצעה הערכה של גודל המידגם הדרוש למדידת פוטנציאל המים בגזע במטעים מסחריים ובוצעה הערכת איכות בחירת המידגם בחלקות מסחריות.

תוצאות – נמצאה ירידה לינארית בפוטנציאל המים עם העליה ב-VPD מקסימלי. נמצא שגודל המידגם להערכת מצב מים עם סטיה של 0.15MPa נע מ-2 ל-7. נמצא שקימים מקרים בהם מידגם גודל הפרי אינו מיצג ויש לעדכנו במידה ונגזרת עליה משמעותית במנת המים או דילול פרי משמעותי בעקבות קצב גידול הפרי. נמצא שקימים מקרים בהם יש לשנות את סף פוטנציאל המים לבקרת השקיה עקב מיגבלת קליטת מים ע"י העץ. הצגת מספר הפולסים ליום וגודל הפולס לאורך העונה והתפלגות הספיקה הרגעית מספקת מידע טוב על ביצועי מערכת ההשקיה ויכולה לשמש לאיתור תקלות.

מסקנות – ניתן לשפר את המדידות המסחריות של פוטנציאל המים בגזע ע"י בחירת גודל המידגם ואזורי הדיגום. ניתן לאתר חלקות עם שונות גדולה ולהקטינה כאשר קימת מגמה לאורך החלקה. ניתן להקטין את השונות לאורך הזמן ע"י תיקון הסף מנתוני ה-VPD המקסימלי היומי. יש מקום לשלב את מימצאי המחקר במערכת תומכת החלטות לבקרת השקיה.

מבוא – משק המים השפירים בארץ נמצא במצב קשה שכן כמות המים נתונה ומוגבלת והצריכה הביתית עולה בשל גידול האוכלוסייה, ישראלית ופלשתינית כאחד, וכן בשל עליה מתמדת ברמת החיים. הרוב המכריע של המטעים הנשירים מרוכז בצפון הארץ, באגן ההיקוות של הכנרת. כמות מי הקולחים בצפון הארץ מוגבלת בשל צפיפות האוכלוסייה וברור שלא יובאו מי קולחים לאגן ההיקוות של הכנרת. אם כן, גם בעתיד תתבסס השקית המטעים בצפון הארץ בעיקר על מים שפירים ולפיכך צפוי ענף הנשירים בצפון להיות במגבלת מים תמידית, דבר המדגיש את הצורך בהעלאת יעילות השימוש במים (הכנסה לנחלה ליחידת מים).

הקצאות המים למטעים ירדו ב-35% ובניגוד לעבר, לא תתאפשר חריגה מהקצאת המים לנחלה. במצב זה גמישות היצע המים שואפת לאפס ועל כן גודל השטח המעובד לנחלה יושפע מעילות ההשקיה. הגברת יעילות ההשקיה תקטין את מימדי העקירה הנובעים מהקיצוץ החריף בהקצאת המים.

קימת אי ודאות בפירוש מדידות מצב המים בעץ בשל רגישות הספים לדרישות האטמוספירה למים, העדר מידע נגיש על מקדם ההשקיה בפועל במועד קבלת ההחלטה וכתוצאה משגיאות

מדידה. המחקר יתמקד בפיתוח אלגוריתם לקבלת החלטות בנושא בקרת השקיה בהתבסס על ניתוח השפעות גורמי אקלים ומקדם ההשקיה בפועל על פירוש משמעות מדידות מצב המים בעץ. כחלק מאלגוריתם זה יבוצע תהליך זיהוי שגיאות מדידה. המדד שנבחר למחקר הוא פוטנציאל המים בגזע. מדד זה נמצא רגיש לשינויים בזמינות המים וכן הוא נמצא במתאם גבוה עם מוליכות הפיוניות, היבול וגודל הפרי בתפוח, נקטרינה, אגס, ושזיף יפני. ניתן יהיה בעתיד להתאים את האלגוריתם בצורה פשוטה למדדים נוספים שימצאו רלבנטיים.

חומרים ושיטות

2003 - בקיבוץ עין זיוון נבחרו שתי חלקות תפוח זהוב בוגר. בחלקה הראשונה קל להגיע לזמינות מים גבוהה (חלקה י') ובשניה קשה להגיע לזמינות מים גבוהה (חלקה י"ב). הפעלת ההשקיה היתה ע"י המשק. בכל חלקה נבחרו שלוש שורות צמודות ולאורכן הופעלו שלושה טיפולי השקיה ע"י החלפת טפטפות. כך התקבל טיפול ביקורת (100%), 85% ממנו ו-200% ממנו. בחלקה י"ב עקב טעות לא פעל טיפול 85%. על צינור הטפטוף בכל חלקה הותקן מד מים עם פלט חשמלי. הפלט חובר לאוגר נתונים (Hobo) עם חיישן מגע יבש וכך אספנו את מועדי ההשקיה בפועל. בכל טיפול נמדד פוטנציאל מים בגזע בצהרים על חמישה עצים והמדידה בוצעה 3-4 פעמים בשבוע בעונת הגידול. היבול מכל עץ נקטף בנפרד ומוין במערך מיון מסחרי. בתחנה מטאורולוגית בקרבת מקום נאספו נתונים מטאורולוגיים והשתמשנו בהתאדות פוטנציאלית באור יום על פי פנמן וב-VPD המקסימלי.

בדיקת גודל מידגם - נבחרו שלושה משקים בגולן ושני משקים בגליל ובוצעו מדידות פוטנציאל מים בגזע בצהרים בשתי חלקות לכל משק לפי המתכונת הבאה. הטכנאי של המשקים בחר את העצים בהם תבוצע המדידה ועטף את העלים בשקית על פי השגרה ומבלי שידע על הניסוי. לאחר מכן הוא נתבקש שלא לבצע את המדידה. בנוסף לעלים נעטפו עוד 25 עלים בשקיות ע"י טכנאי של המו"פ כאשר בחירת העצים הייתה אקראית. בצהריים בוצע מדידת פוטנציאל המים על כל העלים ע"י טכנאי של מו"פ צפון, כולל העלים שהוכנסו לשקיות ע"י הטכנאי של המשק.

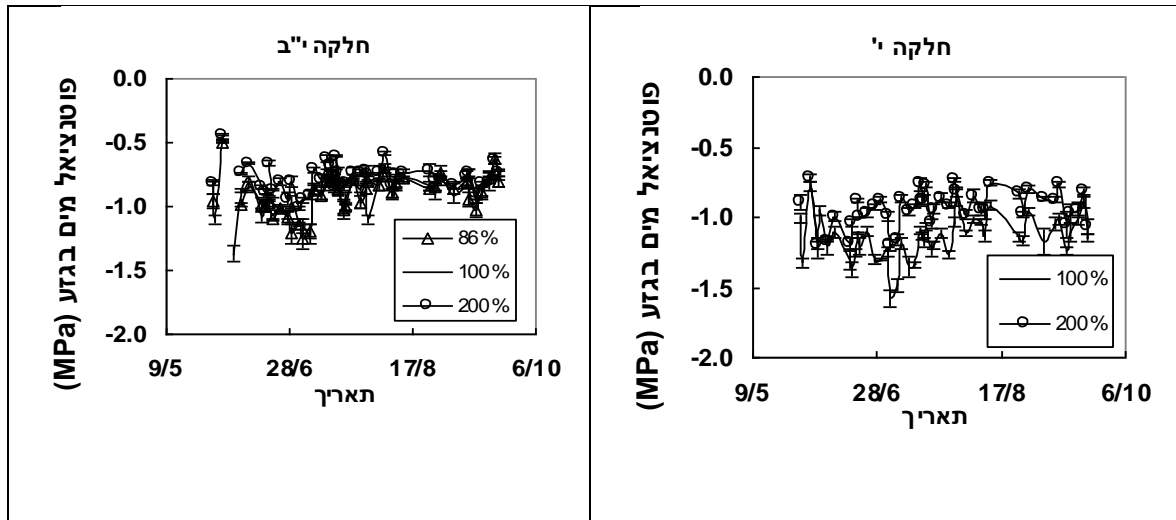
2004 - נבחרו שתי חלקות תפוח זהוב בגליל ושתי חלקות (זהוב וטופרד) בגולן. על צינור הטפטוף בכל חלקה הותקן מד מים עם פלט חשמלי. הפלט חובר לאוגר נתונים (Hobo) עם חיישן מגע יבש וכך אספנו את מועדי ההשקיה בפועל. בכל טיפול נמדד פוטנציאל מים בגזע בצהרים על חמישה עצים והמדידה בוצעה פעמיים בשבוע בעונת הגידול. בכל חלקה נבחרו 15 תפוחים בקוטר ממוצע בתחילת יוני. קוטר הפרי נמדד פעם בשבוע. גודל הפרי הוצג כנפח פרי תוך שימוש בעקום כיוול לכל זן. בתחנה מטאורולוגית בקרבת מקום נאספו נתונים מטאורולוגיים והשתמשנו בהתאדות פוטנציאלית באור יום על פי פנמן וב-VPD המקסימלי.

2005 - נבחרו שתי חלקות תפוח זהוב בגליל ושתי חלקות בגולן. בכל טיפול נמדד פוטנציאל מים בגזע בצהרים על חמישה עצים והמדידה בוצעה פעמיים בשבוע בעונת הגידול. בכל חלקה נבחרו 15 תפוחים בקוטר ממוצע בתחילת יוני. קוטר הפרי נמדד פעם בשבוע. בתחנה מטאורולוגית בקרבת מקום נאספו נתונים מטאורולוגיים והשתמשנו בהתאדות פוטנציאלית באור יום על פי פנמן וב-VPD המקסימלי.

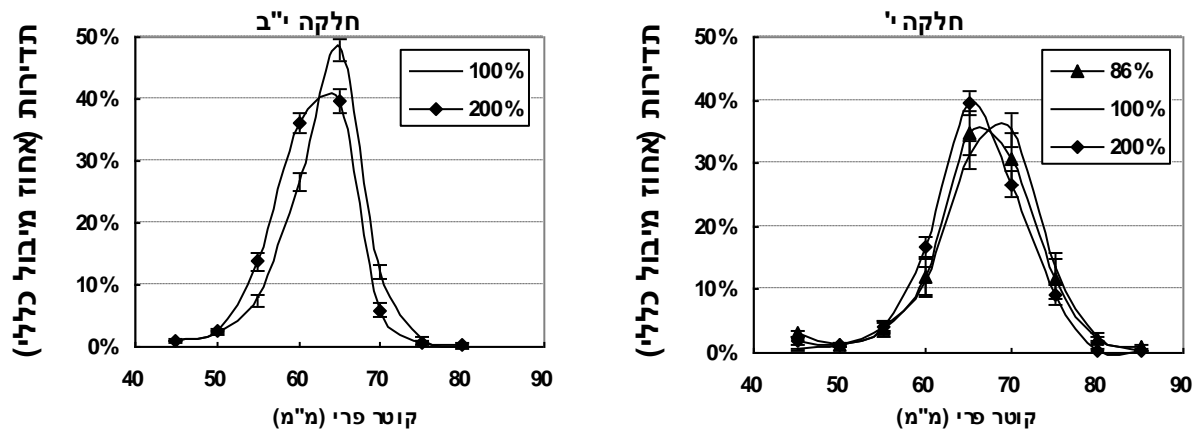
תוצאות

2003 - פוטנציאל המים בגזע בחלקה י' היה דומה בכל הטיפולים (איור 1). בחלקה י"ב היה פוטנציאל המים בטיפול 200% גבוה מזה שבטיפול 100% (איור 1).

איור 1: פוטנציאל המים בגזע בצהרים ב-2003 בשתי החלקות בעין זיוון בטיפולים השונים.

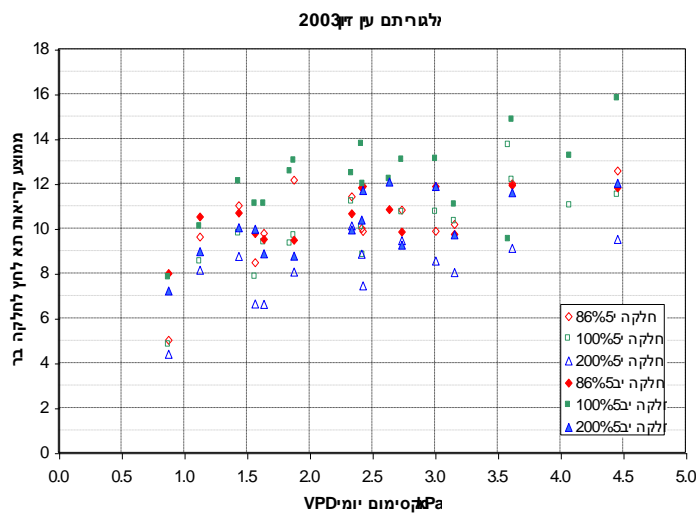


איור 2: היבול והתפלגות גודל הפרי ב-2003 בשתי החלקות בטיפולים השונים.



היבול בחלקה י' היה גבוה מאד ולא היו הבדלים בין הטיפולים; מצב דומה היה גם בחלקה י"ב עם יבול נמוך במיוחד. התפלגות גודל הפרי בטיפולים השונים היתה דומה בשתי החלקות (איור 2). בחלקה י"ב היתה השקיה בעודף על פי הדמיון בתגובה בין טיפול 86% לטיפול 100%, דבר שהתבטא גם בהעדר הבדל במצב המים. בחלקה י"ב היה הבדל במצב המים ללא הבדל ביבול ובהתפלגות הגודל. הדבר קשור לרמת היבול הנמוכה בחלקה ולכך שבעומס נמוך אין תמורה לעליה בפוטנציאל המים בגזע מעל 1.3 MPa (נמצא במחקר קודם). פוטנציאל המים ירד עם עליית ה-VPD (איור 3).

איור 3: השפעת VPD על פוטנציאל המים בגזע ב-2003.



השפעת גודל מידגם - בכל המשקים הנטייה למדוד פוטנציאל מים בעצים קרובים האחד לשני משיקולים לוגיסטיים. את תוצאות המדידות על עלים שלא כוסו על ידי הטכנאי של המשק חלקנו לשתי קבוצות: כל המידגם ותת מידגם שנלקח באזור בו נמדדו העלים המסחריים (טבלה 1). ההבדל המוחלט בין המידגם השלם לבין המדידות המסחריות נע מ-0.03 ל-0.22 MPa. שגיאת התקן של המדידות המסחריות נעה מ-0.016 ל-0.084 Mpa (טבלה 1), כאשר השונות הגבוהה ביותר הייתה בגליל. השונות הגדולה בגליל נבעה מבחירת עלים לא מחובו של הנוף ומכך שחלק מהשקיות לא היו סגורות היטב (על פי עדות טכנאי המו"פ שביצע את המדידות). בחלקת EI-2 היתה מגמת השתנות של פוטנציאל המים לאורך החלקת המדידה. בחלקה זו ובגליל התקבל ההבדל הגדול ביותר בין המידגם למדידות המסחריות. ניתן להגדיר שונות מקסימלית סבירה שתאפשר בדיקת איכות עבודת הטכנאי וזיהוי חלקות בהן השונות גודלה במיוחד. כמו כן בדיקה אקראית של חלקות תאפשר לזהות מגמות במצב המים היכולות להצביע על הבדלים בזמינות מים או בעיה בפיזור המים.

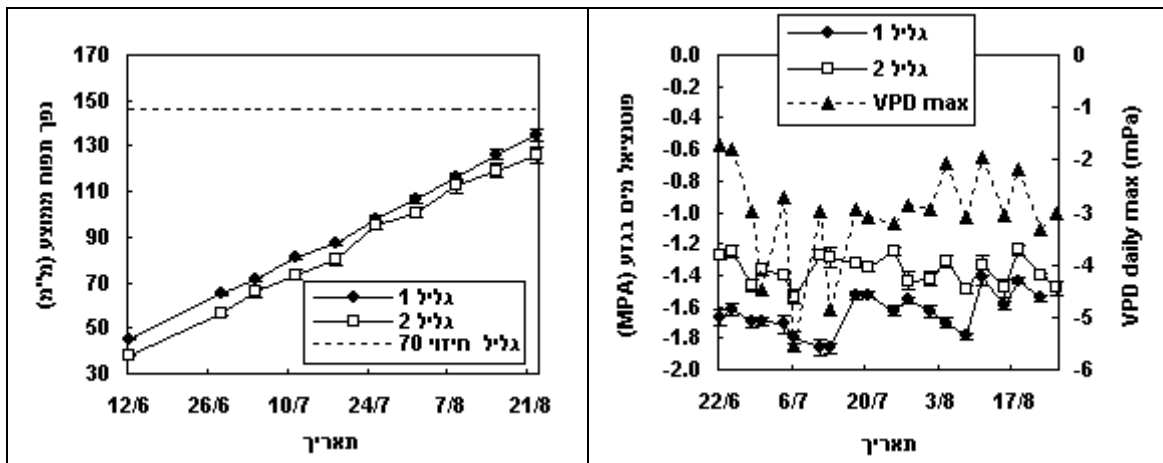
2004 - מנת המים מתחילת יוני ועד הקטיף היתה כ-500 מ"מ בגליל ובגולן כאשר הקטיף בגולן נעשה כעשרה ימים מאוחר מהגליל. מקדמי ההשקיה בגליל עלו בהדרגה עד הקטיף והיגיעו לערכים גבוהים משמעותית ממקדם 1. בגולן מקדמי ההשקיה היו נמוכים יותר והיגיעו למקסימום מוקדם יותר בעונה, דומה יותר להמלצות ההשקיה.

טבלה 1: נתוני פוטנציאל המים בגזע בצהריים (SWP) כפי שנמדד במדידה המסחרית ב-2003, במידגם כולו ובמידגם שבתת החלקה בה בוצעו המדידות המסחריות. סטיית התקן – SD; שגיאת התקן – SE; גודל המידגם – n.

חלקה	תאריך	----- מדידות הניסוי -----			מדידות הניסוי בתת החלקה בה בוצעו המדידות המסחריות			----- מדידות מסחריות -----			
		SWP	SD	N	SWP	SD	N	SWP	SD	N	SE
EI-1	8/14	-1.16	0.195	25	-1.17	0.080	9	-1.02	0.108	5	0.048
EI-2	8/21	-1.38	0.196	27	-1.11	0.073	5	-1.17	0.073	4	0.036
If-1	8/14	-1.47	0.162	54	-1.61	0.142	13	-1.68	0.177	5	0.079
If-2	8/18	-1.00	0.144	24	-1.02	0.108	5	-1.21	0.187	5	0.084
Me-1	8/26	-1.01	0.199	25	-1.06	0.085	2	-0.97	0.188	5	0.084
MG-1	8/19	-1.07	0.103	23	-1.11	0.133	4	-1.02	0.035	5	0.016
MG2	8/21	-1.15	0.117	22	-1.14	0.014	2	-1.00	0.093	4	0.047
EZ-1	8/21	-1.01	0.095	22	-1.01	0.135	9	-1.11	0.039	6	0.016
EZ-2	9/2	-0.85	0.100	24	-0.86	0.062	13	-0.88	0.048	5	0.021

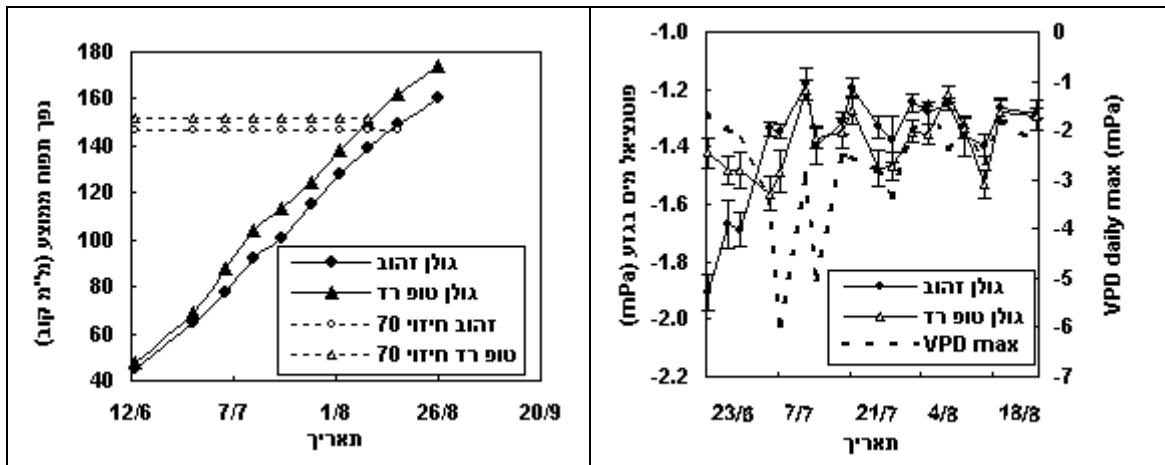
פוטנציאל המים בגזע בצהריים היגיע לערכים נמוכים מאד בחלקת גליל-1 במהלך יוני ולאחר מכן עלה בהדרגה עד הקטיפי עם ירידה נוספת בתחילת אוגוסט (איור 4). הערכים הנמוכים בסוף יוני ובתחילת אוגוסט קשורים במנות מים נמוכות באותה תקופה. פוטנציאל המים בגזע בחלקת גליל-2 היה -1.4MPa - במהלך כל העונה (איור 4). נפח הפרי גדל באופן ליניארי ולא היגיע לנפח היעד בשתי החלקות (איור 4). בחלקת גליל-2 נשקל ביצוע דילול לקראת סוף יולי בגלל גודל הפרי. בדיקה במטע העלתה שמידגם גודל הפרי שנבחר אינו מיצג ובמועד זה הוחלף המידגם. היבול מעצי מדידת גודל הפרי בחלקת גליל-1 נקטף ומוין לגודל. קוטר הפרי הממוצע היה 66 מ"מ בהשוואה ל- 68 מ"מ במידגם גודל הפרי בקטיפי.

איור 4: פוטנציאל המים בגזע בצהריים וערכי VPD מקסימליים יומיים ב-2004 בשתי חלקות זהוב בגליל. נפח הפרי לאורך העונה בשתי חלקות זהוב בגליל ונפח היעד (מקווקו).



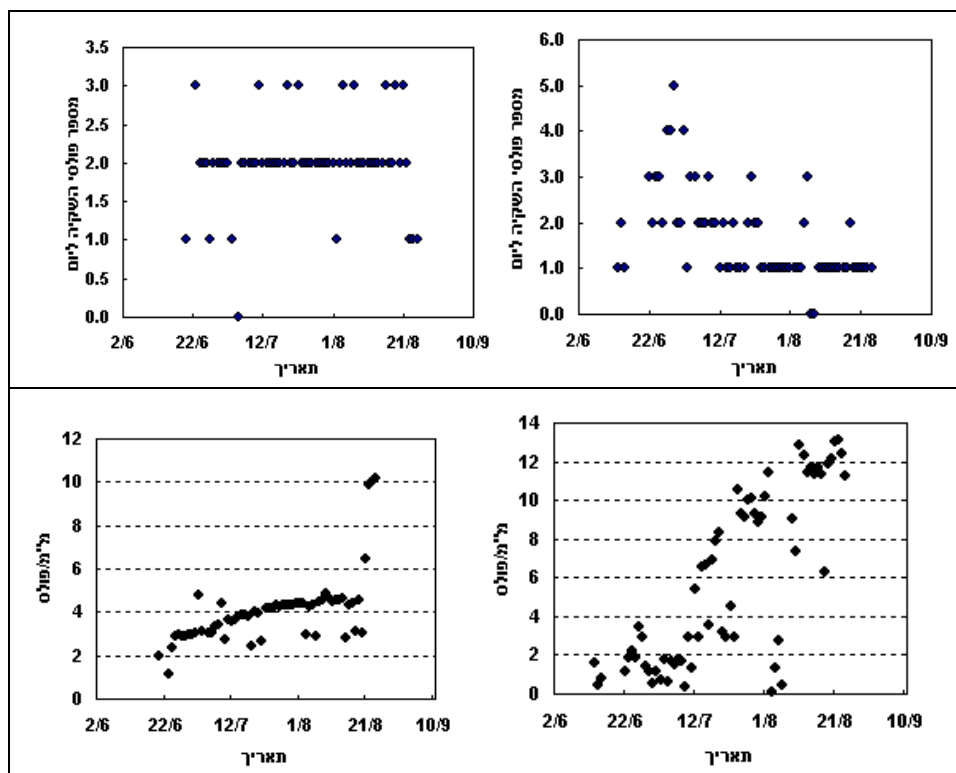
פוטנציאל המים בגזע בגולן לקראת הקטיפי היה בין -1.3MPa ל- -1.4MPa (איור 5). במהלך יוני היו ערכים נמוכים של פוטנציאל מים בגזע בחלקת גולן-זהוב ועליה במנת המים גרמה לעלית פוטנציאל המים בגזע. נפח הפרי במידגם גודל הפרי בגולן עבר את הגודל המתוכנן דבר שאפשר הורדה במנת ההשקיה בהשוואה למתוכנן.

איור 5: פוטנציאל המים בגזע בצהריים וערכי VPD מקסימליים יומיים ב-2004 בחלקת זהוב וטופרד בגולן. נפח הפרי לאורך העונה בשתי חלקות זהוב בגליל ונפח היעד (מקווקו).

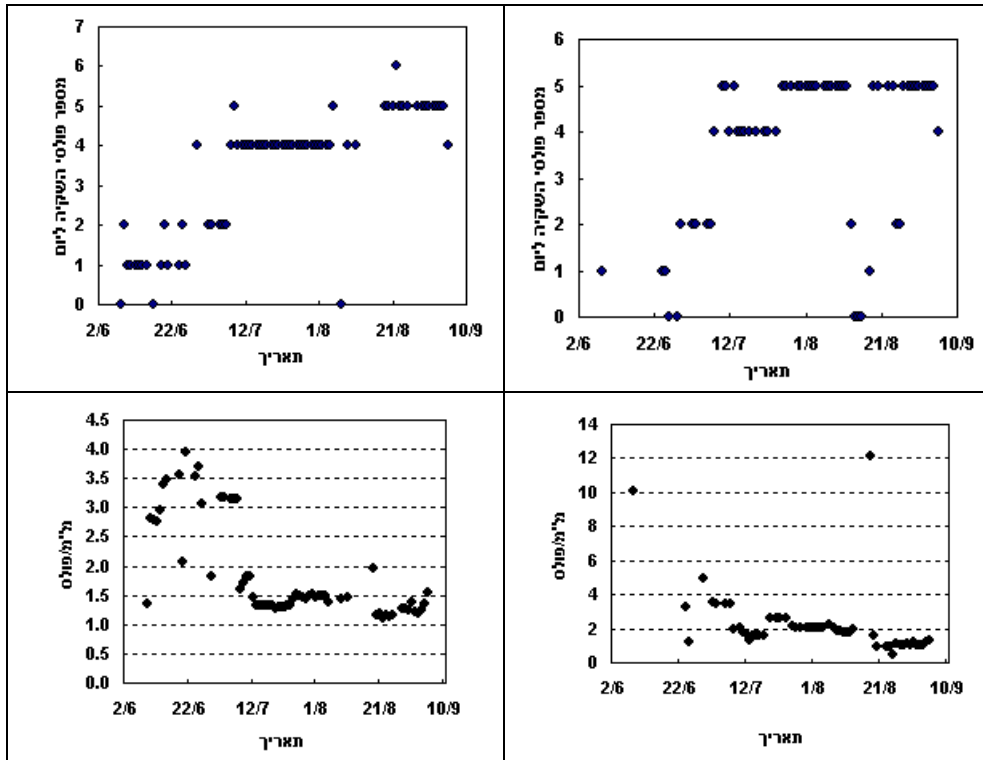


מספר הפולסים בגליל היה לא עקבי במהלך העונה (איור 6) והוא ירד לקראת הקטיפה בחלקת גליל-1 דבר שגרם לעליה במנת ההשקיה לפולס. בחלקת גליל-2 גודל הפולס המקסימלי לא עבר בדרך כלל 4.5 מ"מ. בגולן עלה מספר הפולסים ליום בהדרגה לאורך העונה וגודל הפולס ירד (איור 7). גודל הפולס בגולן היה נמוך משמעותית מזה שבגליל. ניתוח הספיקות בחלקות השונות מראה על שונות בספיקות הרגעיות בגליל בהשוואה לגולן (איור 8).

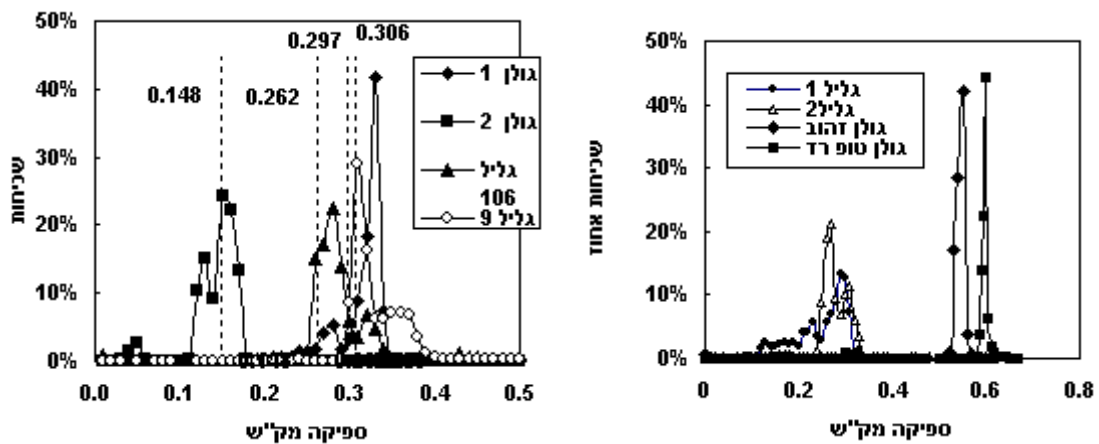
איור 6: מספר פולסים ליום וגודל הפולס בגליל ב-2004.



איור 7: מספר פולסים ליום וגודל הפולס בגולן ב-2004.

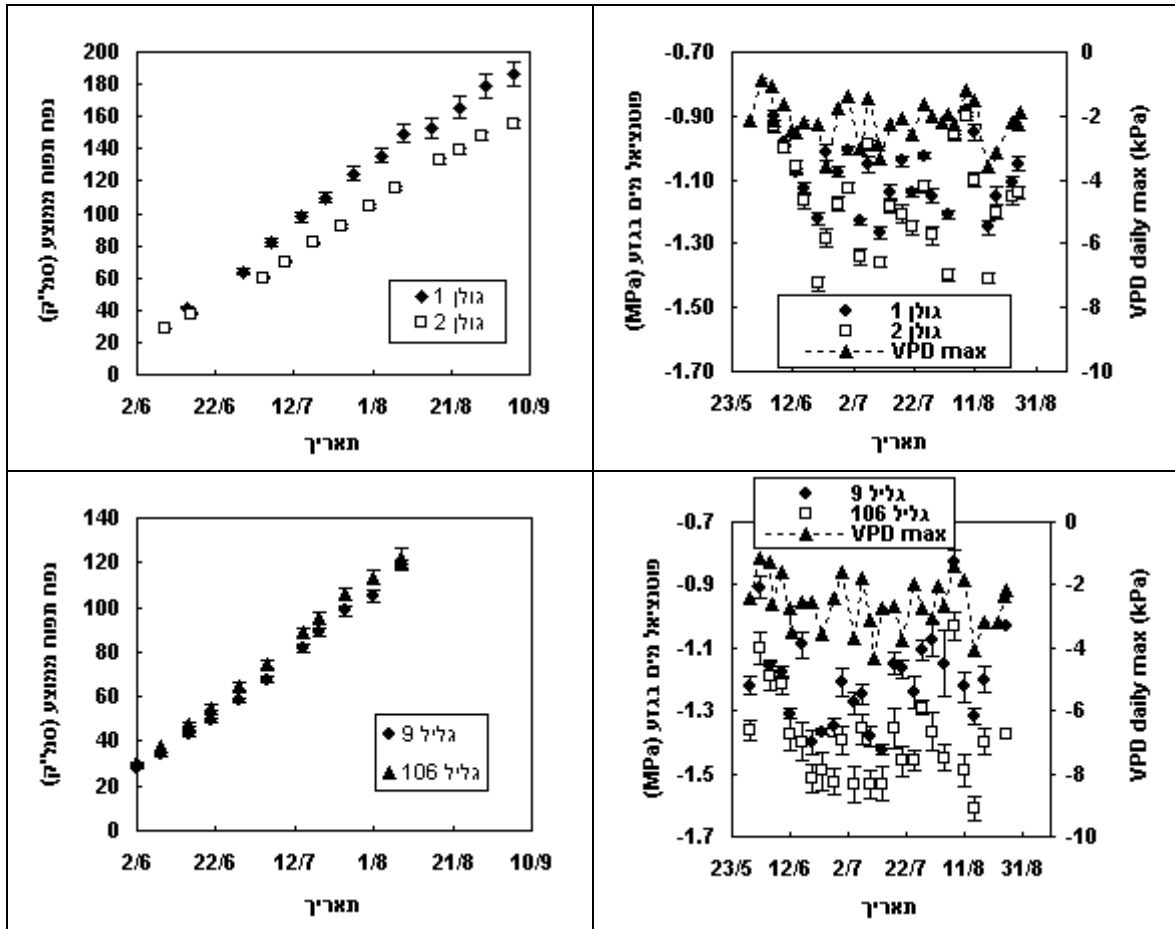


איור 8: התפלגות ספיקות במשך העונה בגליל ובגולן ב-2004 וב-2005.



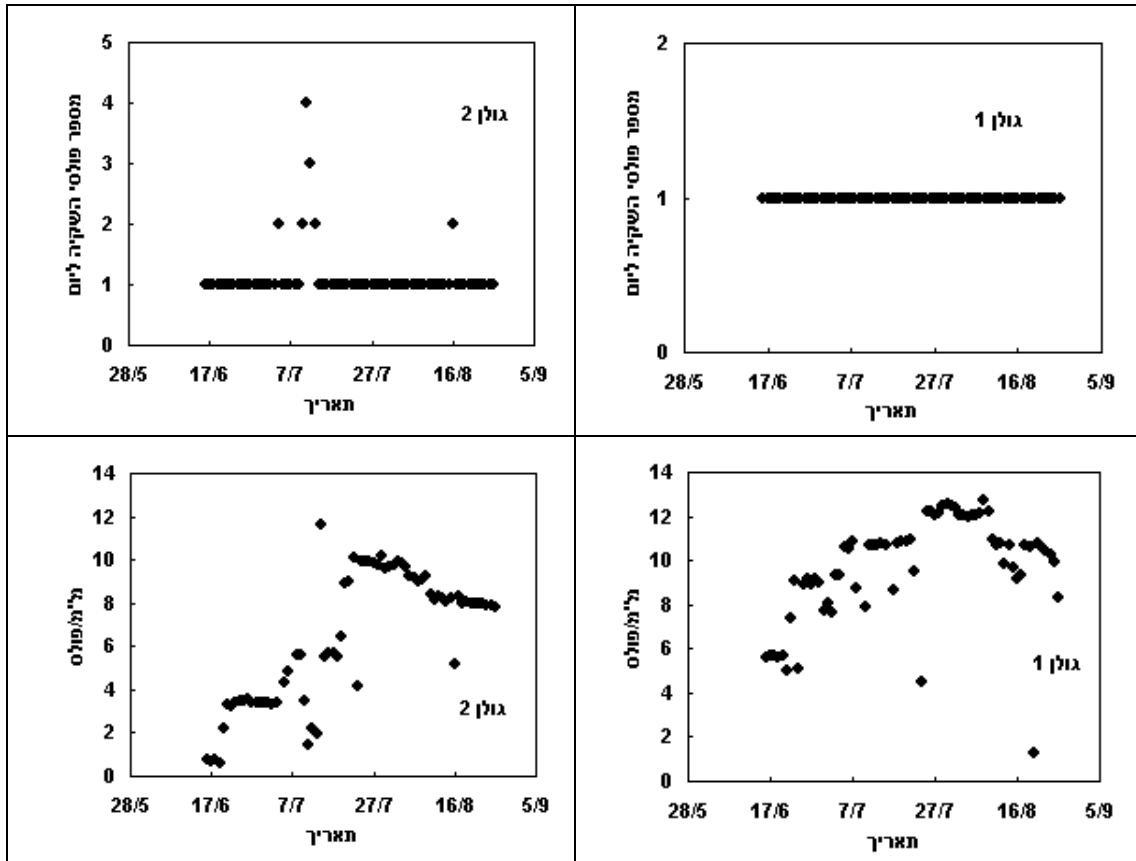
2005 – מנת המים עד הקטיף היתה כ-500 מ"מ בגליל ובגולן למעט חלקת גולן 1 שקיבלה כ-700 מ"מ; הקטיף בגולן נעשה כעשרה ימים מאוחר מהגליל. מקדמי ההשקיה בגליל ובגולן עלו בהדרגה עד הקטיף והיגיעו לערכים של 1.2-1.1 למעט חלקת גולן 1 שהגיעו לערכים של 1.7. פוטנציאל המים בגזע בצהריים היגיע בחלקת גליל-1 לכ-1.3MPa ובחלקת גליל-106 לכ-1.5MPa (איור 9). בתצפית בגליל-106 ניתנה מנת השקיה כפולה ולא שופר מצב המים בעץ. פוטנציאל המים בגולן-1 היגיע לכ-1.2MPa ובגולן-2 לכ-1.4MPa. בגולן ההבדלים קשורים להבדלים במנות ההשקיה. נפח הפרי גדל באופן ליניארי בכל החלקות. בגולן היה הבדל בין שתי החלקות ככל הנראה בהשפעת מנת המים. בגליל לא היה הבדל בגידול הפרי למרות ההבדל במצב המים בעץ.

איור 9: פוטנציאל המים בגזע והערך המקסימלי היומי של ה-VPD בגליל ובגולן ב-2005

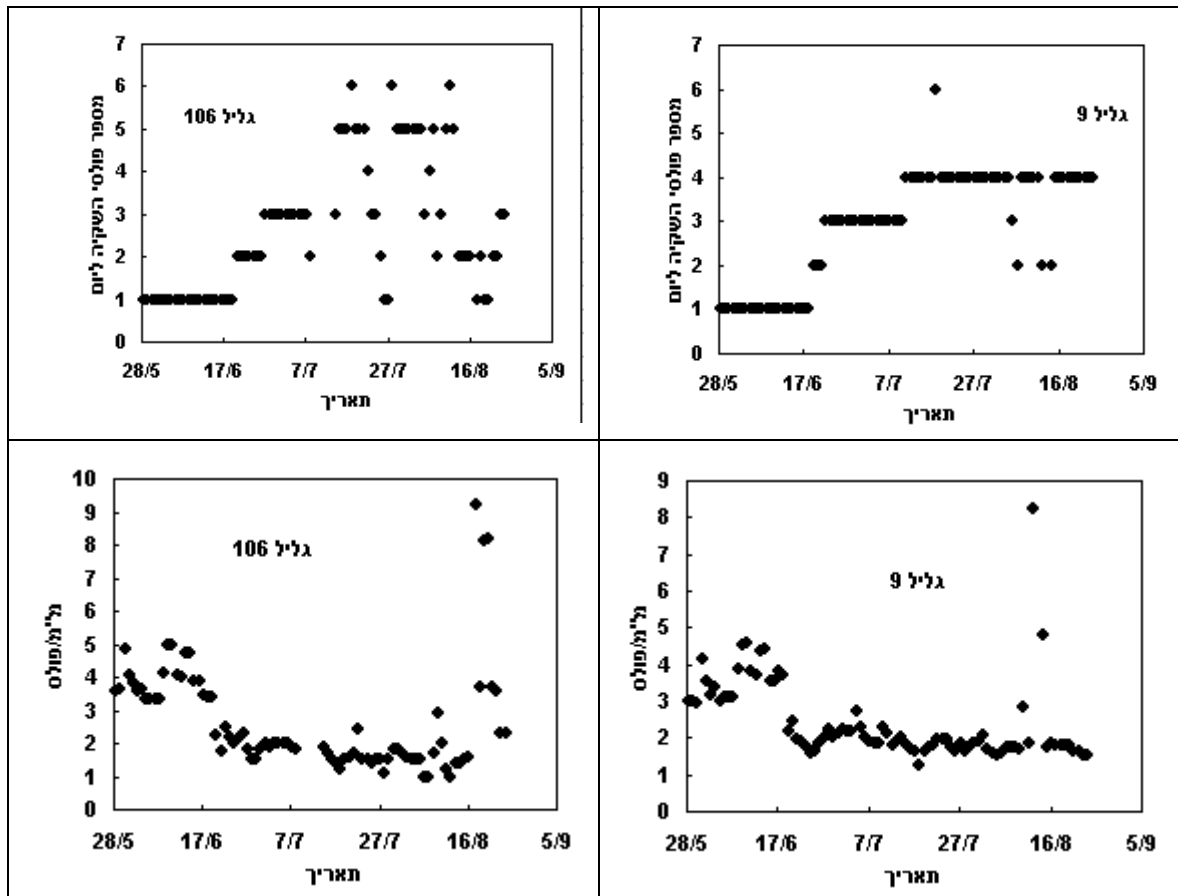


בגולן ניתנה ההשקיה בפולס אחד וגודלו עלה בהתאם למנת ההשקיה היומית (איור 10). בגליל מספר הפולסים עלה לאורך העונה; גודל הפולס היה גבוה בתחילת העונה (4-5 מ"מ) והתיצב על כ-2 מ"מ בהמשך (איור 11). בחלקת גליל-106 מספר הפולסים ירד לקראת הקטיפה וגודל הפולס עלה בהתאם. ניתוח הספיקות בחלקות השונות מראה על שונות קטנה יחסית בספיקות הרגעיות בגולן-1 ובגליל-9 ובחלקות האחרות השונות גדולה (איור 8).

איור 10: מספר הפולסים ליום וגודל הפולס בגולן ב-2005.



איור 11: מספר הפולסים ליום וגודל הפולס בגליל ב-2005.



מטרת המחקר הייתה לפתח כלים שיאפשרו מיצוי הנתונים לבקרת השקיה במטע, כאשר הכוונה הייתה בעיקר לחפש גורמי שונות במדידות פוטנציאל המים בגזע שניתן להפחיתן. כמו כן נבחן השימוש המשולב בערכי פוטנציאל המים בגזע וקצב גידול הפרי כמדד משלים לבקרת השקיה. במהלך המחקר נאספו נתוני השקיה בפועל כולל ספיקות רגעיות וניתן היה ללמוד מנתונים אלו על בעיות במימשק ההשקיה. נתוני ההשקיה כפי שמוצגים כאן אינם מופיעים בפני החקלאי והמחקר מעלה את הצורך בהצגת הנתונים בפני החקלאי בדרך בה הם מוצגים במחקר הנוכחי (יידון לפרטים).

תיקון קריאות בהשפעת VPD מקסימלי יומי – במחקר הנוכחי מצאנו השפעה של VPD מקסימלי יומי על ערכי פוטנציאל המים בגזע בצהרים. נתונים דומים מצאנו בעבר בתפוח ובעולם נמצאה השפעה דומה במינים אחרים. הירידה בפוטנציאל המים בגזע עם עליית ה-VPD המקסימלי קשורה בהתנגדויות לתנועת מים מהקרקע דרך השורש אל צינורות העצה. תוצאות המחקר הנוכחי ואחרים מצביעות על צורך בהורדת סף פוטנציאל המים להשקיה בכ-0.1MPa עם עליה של kPa אחד ב-VPD המקסימלי. כיוון שקימות תנודות רחבות ב-VPD המקסימלי לאורך העונה (1-5kPa) התיקון יכול להקטין את השונות בקריאות תא הלחץ לאורך העונה, דבר שיקל על המגדל בקבלת החלטות.

גודל המידגם למדידת פוטנציאל המים בגזע – נמצאו סטיות בין פוטנציאל המים בגזע במידגם של 5 עלים שנעשה ע"י החקלאי לבין מדידה של 25 עלים באקראי. הנטייה של החקלאי לרכז את המדידות באזור מסוים משיקולים לוגיסטיים יכולה להביא לשגיאה ביצוג החלקה. בהנחה שהשונות שהתקבלה במידגם של 25 עלים היא שונות האוכלוסיה, ניתן להעריך את גודל המידגם הדרוש לקבלת אומדן עם סטייה סבירה. כך בחלקות שנבדקו גודל המידגם ינוע בין 2 ל-7 עלים לחלקה לקבלת אומדן עם סטייה של עד 0.15MPa. יש מקום לשקול מדידה חד פעמית של מספר עלים רב לאיפיון השונות בכל חלקה ולהשתמש בנתון לקביעת גודל המידגם. איפיון השונות בחלקה יכול לאפשר בחירה של אזורים מיצגים לדגימה שיהיו נוחים לחקלאי, דבר שיפשט את העבודה ויגדיל את מספר החלקות הנדגמות ליום. כמובן איפיון השונות יתיחס להבדלים בקרקע ובעצים ולא לשינויים רגעיים הנובעים מבעיות באחידות פיזור המים.

מיגבלת קליטת מים – בחלקת גליל-106 בשנת 2005 לא הצלחנו לשפר את מצב המים גם בתצפית שהושקתה במנת מים גבוהה במיוחד. גם חלוקת ההשקיה למיספר פולסים רב יותר לא שיפרה את מצב המים. מימצאים אלו מצביעים על מיגבלת קליטת מים ע"י העץ. במידה ולא נמצא גורם לבעיה זו אין מנוס משינוי סף פוטנציאל המים להשקיה על מנת למנוע מנות השקיה מיותרות.

מידת ייצוגיות מידגם גודל הפרי – קצב גידול הפרי משמש את החקלאי לבקרת השקיה בנוסף למדידת פוטנציאל המים. כיוון שנפח הפרי גדל לינארית ממחצית יוני ניתן לבצע אקסטרפולציה של הנפח למועד הקטיף ולהעריך את קוטר הפרי הממוצע. כך ניתן להעריך האם במימשק הקיים ניתן להגיע לגודל הרצוי. במידה ולא ניתן להגיע לגודל הרצוי ניתן לשפר את מצב המים ובמידה והדבר לא מסתייע יש צורך בדילול הפרי (קצב גידול הפרי יורד עם עליית עומס היבול). במחקר הנוכחי נמצא לפחות במקרה אחד שמידגם הפירות שנבחר למדידות גידול פרי לא היה מיצג. לפיכך, במידה וקצב גידול הפרי מוביל להעלאה לא סבירה במצב במנת ההשקיה או לחילופין הוא מצביע על צורך בדילול פרי, יש מקום לבחינה של מידת הייצוגיות של מידגם הפירות.

ניתוח ביצועי השקיה – המעקב המפורט אחר הספיקות הרגעיות ומספר הפולסים ליום מציג מידע שיכול לסייע לחקלאי בבחינת איכות ביצועי ההשקיה לאורך זמן. שימוש במידע זה יכול לשמש לשיפור ביצועי ההשקיה, אך כיום לא מוצגים נתוני ביצוע ההשקיה בצורה זו. שינויים במספר הפולסים וגודלם שלא על פי התכנית יכול לנבוע מתקלות השקיה ומירידת לחצים המכניסה את מערכת ההשקיה להמתנה. במטע בו יש חלקות בהן יש נטיה לחריגות אלו יש מקום לנתח את הגורם – לדוגמא, מיגבלה בהולכת המים אל החלקה יכול להגדיל את מספר הפעמים בהם יש ירידת לחץ וכניסה להמתנה, ושיפור כושר ההולכה ימנע בעיה זו. נתוני הספיקה הרגעית גם הם מצביעים על בעיות באותו כיוון. לכאורה, לאחר הורדת זמן מילוי הקו (כפי שעשינו) הספיקה צריכה להיות אחידה. קבלת התפלגות רחבה של הספיקות מצביעה על ירידות לחצים אל מתחת לסף בו יש השפעה על הספיקה כאשר המשמעות היא ירידה באחידות פיזור המים. העלאת הסף לכניסה להמתנה עקב ירידת לחצים תפתור את הבעיה. בחלק מהמקרים החקלאי בוחר במצב הקיים בעקבות מיגבלת הולכת מים כאשר הוא מתפשר בירידת אחידות הפיזור לטובת מתן מנת ההשקיה.

מסקנות – מימצאי המחקר מאפשרים לנו להתקדם ולבחון את תרשים הזרימה לקבלת החלטות בנושא השקיה (פותח במחקר אחר במקביל) תוך שימוש במדידות תא לחץ ככלי מרכזי לבקרת השקיה. התאמת קריאות תא הלחץ לערכי VPD ושיפור הדגימה של עלים למדידות תא לחץ תקטין את אי הודאות בקבלת החלטות על בסיס מדידות פוטנציאל מים בגזע. מעקב אחר ביצועי מערכת ההשקיה והצגת מספר הפולסים וגודלם לאורך העונה ופילוג הספיקות הרגעיות מהווה כלי לחקר ביצועי מערכת ההשקיה היכול לשפר את יעילות ההשקיה.