

שיפור ביצועי קוונע בכלים של השקיה מדויקת ומיפוי אווירי
משה מירון, אסף חן, ואלרי אורלוב און רבינוביץ' ועמוס נאור
דו"ח מקדים מוגש למיזם גד"ש עמק החולה 2018

תקציר

מיפוי אווירי של גידולי שדה בהשקיה בקוונע בוצע בקיץ 2018 בחלקת כותנה של הגושרים – בקוונע חזיתי, ובחלקת אספסת של שניר בשטחי הכבול – בקוונע מחוגי. הצילומים בוצעו ברחפנים Phantom 4 ו Phantom 4 advanced בצילומי צבע, וצילומים תרמיים ברחפן Inspire 1 מצויד במצלמה Zenmuse XT-R. צילומי הצבע עובדו במחשב למדד GRVI לצורך מיפוי עוצמות הצימות. במפות הצימות של הקוונע החזיתי בהגושרים נתגלו החל מהצולם הראשון שונות קיצוניות בעצמות צימות לרוחב הקוונע, שהעידו על בעיות ספיקה של הממטירים. נסיונות לשפר את הבצוע בתגובה למיפוי לא שינו מהותית את השונות בעוצמות הצימות בהמשך. מדידות גובה צמח ומשקל ביומסה בסוף העונה אימתו את עוצמות הצימות כפי שהתקבלו מהמיפוי המצולם. מיפוי מצולם של הקוונע המחוגי בשניר הראה אזורים בשדה עם כסוי צמחי גרוע, שניתן היה לייחס לנגיעות בנברנים, לבעיות קרקעיות של אדמה זרה שהובאה מפנוי חפירות, ולבעיות מי תהום בגלל ניקוז לקוי. השוואת המיפוי האווירי לאימות קרקע בשניר נעשתה לידוע על אזורי הקרקע הבעייתית ולאזורי נזקי הנברנים, וכן להערכות יכול של המגדל. בתגובה למיפוי הראשון ניתן תגבור של 50 מ"מ מים לצד הצפוני, הגרוע יותר של החלקה. לא נמצאו תקלות בבצוע חריגות של הקוונע כשלעצמו. השוואת מיפוי הצימות ברחפן למיפוי בלוויינים הראתה רזולוציה סבירה של הדמאות VENUS לגילוי שונות ברזולוציה גסה (יחסית לרחפן) של צימות המעיד על שונות פיזור מים בקוונע החזיתי, מה שפותח אפשרות לסקר מהיר וחינמי של שטחים גדולים לזיהוי בעיות פיזור מים או הפרעות גידול ניכרות בקנה מידה נרחב. בעקבות סקר כזה ניתן בעזרת הלוויין למצוא את המקומות הבעייתיים ולבצע מיפוי ברזולוציה גבוהה ברחפנים לכיוון מדויק יותר של פיזור המים בקוונע.

מיפוי אווירי של עוצמות הצימות בצילום צבע ועיבוד למדד GRVI נמצא כאמצעי יעיל וזמין לאיתור בעיות בפיזור המים של קוונעים.

רקע: להשקיה בקוונע יש יתרונות בצוע ועלויות תפעול על השקיה בטפטוף, אך בעיות אחידות פיזור המים והתאמת הספיקות לשונות המרחבית בגידול מביאות להפסדי יכול לעומת הטפטוף. כל עוד הפסדים אלה זניחים לעומת הנוחות, הם נסבלים. הבעיה היא שלמגדל אין מידע בזמן אמת עד כמה פיזור המים משיע רצון ומותאם לשונות המרחבית בשדה, מידע שיאפשר לנקוט פעולה לפני שנגרם נזק. מערכות פקוד קוונע חדישות שאינן נמצאות כרגע בגליל מאפשרות שליטה מתוכנתת הן על התנועה והן על ספיקת המפזרים, אם במקטעים נפרדים ואם במפזרים בודדים. בהתקנות הנוכחיות שנוי פיזור המים של הקוונע תוך כדי העונה מוגבל, אך עדיין ניתן להניע את המתקן \ לתגבר השקיה באופן ידני לקטעי חסר או לדלג \ להקטין ספיקה בקטעים של השקית יתר. ברמה הבסיסית ביותר, ניתן לתקן תקלות מכאניות וספיקות מפזרים בודדים לשיפור אחידות פיזור המים במאמץ קטן.

מפוי אווירי של החלקה באור נראה או במצלמה תרמית, והגברת התמונה בעבוד ממוחשב יכול לספק מידע מרחבי מדויק על פיזור המים של הקוונע תוך כדי העונה, ולאפשר לתקן את הטעון תיקון בזמן אמת או קרוב לכך.

מטרת התכנית: בצוע סריקה ומפוי באור נראה ותרמי של קוונעים בסיום חוגה (במחוגי) וסיום מהלך (בקווי), ומסירת מפת עקה של הגידול עם הצעות לתיקון.

שיטות וחומרים: הצולם באור נראה בוצע ברחפן פנטום 4, מונחה בתוכנת Pix4D Capture, התמונות הבודדות חוברו לתמונה רציפה בתוכנת Pix4D fields, המיפוי, ההפרדה לערוצי צבע ועיבוד ל GRVI נעשו ב ArcMap. עיבוד

הדמאות הלוויין נעשה בעזרת תוכנת Rstudio. הצלומים התרמיים הצליחו רק בחלקם, זאת בגלל בעיות מובנות במצלמה בתרמית המורכבת על הרחפן. המעקב בוצע בחלקת כותנה של הגושרים בקונוע חזיתי ובחלקת אספסת של שניר בצפון הכבול בקונוע מחוגי.

הגושרים:

שדה כותנה 170 דונם (850 על 200 מ').

תאריך זריעה: 11.3.2018

תחילת השקייה: 25.05.2018

תאריך קטיף: 02.10.2018

קונוע חזיתי. החלק המזרחי של השדה הושקה בהמטרה.

צילום אור נראה: בפנטום 4 ופנטום 4 advanced בגובה 100 מטרים – רזולוצייה של 4.3 ס"מ.

צילום תרמי: inspire 1b בגובה 150 מטרים – גודל פיקסל 13 ס"מ.

הדמאות וונוס: רמה L1 - תיקון רדיומטרי וגיאומטרי, ללא תיקון אטמוספרי – TOA, רזולוציה מרחבית של 5 מטרים, רזולוציה עתית – כל יומיים.

הדמאות Sentinel2: רמה L2 - עם תיקון רדיומטרי, גיאומטרי ואטמוספרי, SR – surface reflectance, רזולוציה מרחבית 10 מטרים, רזולוציה עתית – 5 ימים.

תאריכי צילום: 12.8, 29.7, 26.6, 17.6, 11.6.2018.

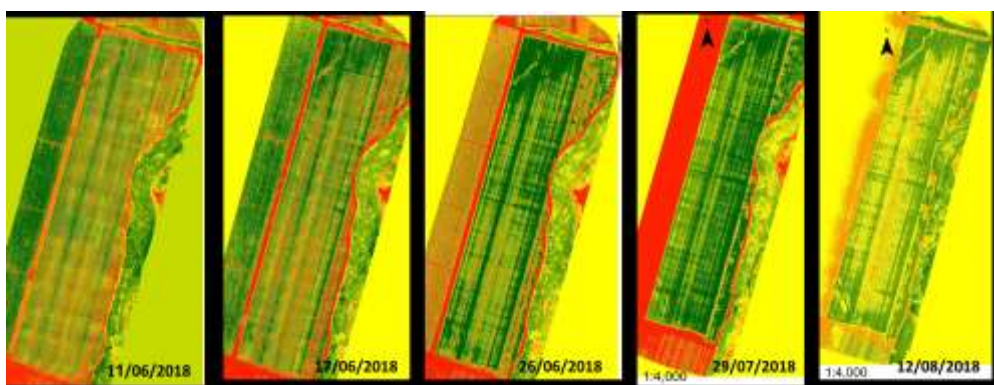
דיגום ביומסה: יום 157 לזריעה (15.8.18). סימון 12 שורות בעלות GRVI בערכים שונים – דיגום 2 מטרים מכל שורה –

חיתוך הצמח מהבסיס ושקילה של מסה ירוקה. מדידת מסה, גובה צמח, קוטר ממוצע.

דיגום יבול: ביום 204 מזריעה (2.10.18 – יום הקטיף) – יבול כותן גלמי על 2 מ' באותם מקומות של דיגום ביומסה

תוצאות:

צילום באור נראה (איור 1):

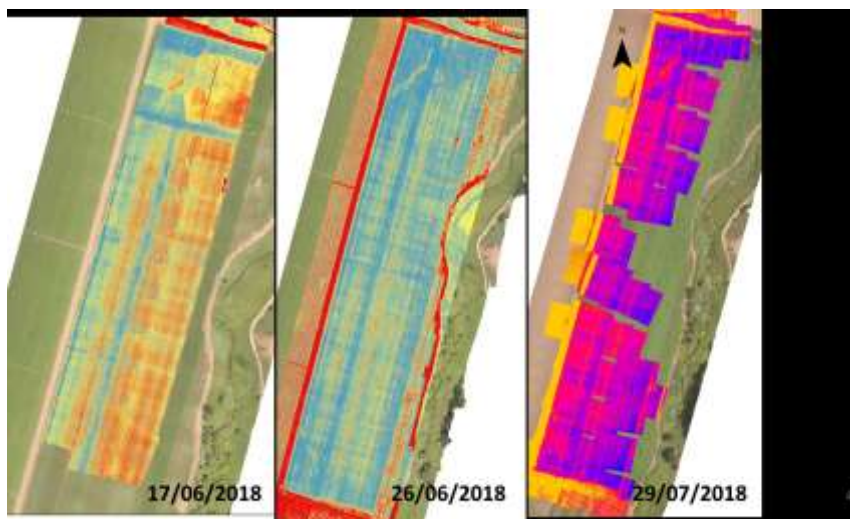


איור 1. מפות GRVI (אינדקס המבליט את כמות הביומסה) מופק מצלום באור נראה של שדה כותנה בהגושרים, 2018. מקרא: ככל שירוק יותר, יש יותר ביומסה.

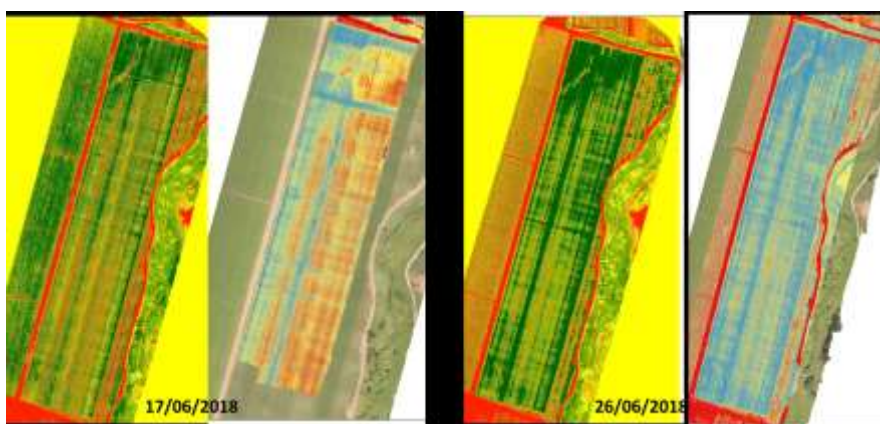
שונות מרחבית: רואים בבירור את השוני בין שורות שונות – שורות עם GRVI גבוה יותר קבלו כמות השקיה גבוהה יותר. לעומת זאת, ניתן להבחין באזורים בהם האדמה יותר חשופה, אולי סימן לבעייתיות בזריעה, סוג אדמה, השקיה בחסר.

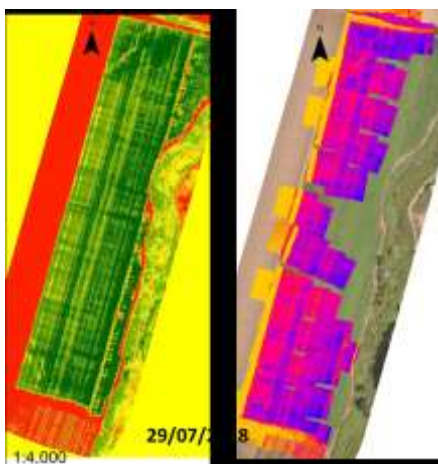
התפתחות הגידול: ניתן גם להבחין בשינויים לאורך העונה: בתחילת העונה GRVI נמוך יותר וגדל עם גידול הכותנה וכסוי השטח, ורואים פחות אדמה (צבע אדום). ואילו באוגוסט העלים מזדקנים וחיוניים פחות. כך מתחילים להתבלט אזורים עם פזור מים גרוע שקיבלו לאורך העונה פחות מים, בצמצום והתייבשות העלווה. צילומים תרמיים:

גם במפוי התרמי (איור 2) ניתן לראות את אותה תמונת פיזור המים כמו בצלומי האור נראה. רואים את הדמיון בין השורות הקרות יותר, לבין ערכי GRVI גבוהים – מה שמוכיח את מהימנות הצילום, כפי שניתן לראות באיור 3.



איור 2. מפות חום עלווה של שדה כותנה מושקה בקוונע, הגושרים 2018. מקרא: ככל שכחול יותר, קר (עלים צמאים פחות) יותר.





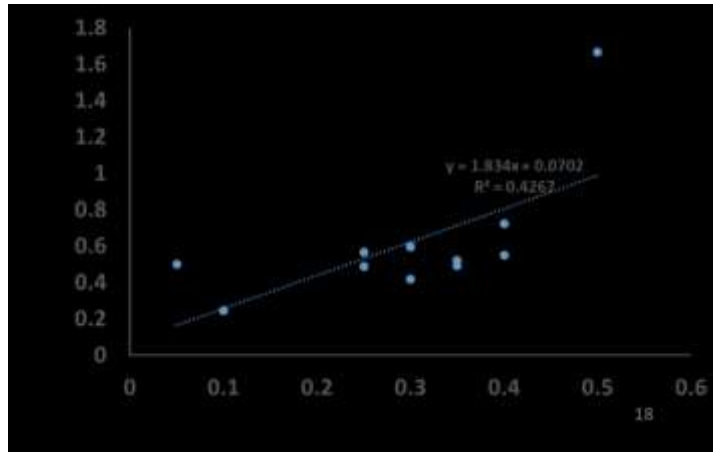
איור 3. השוואה חזותית בין מפות GRVI ומפות תרמיות של אחידות פיזור המים בקונוע, הגושרים 2018.

לצורך אמות קרקעי של השונות המרחבית במפות מול השטח, ב-12/8/2018 צולמו וסומנו 12 קטעים של כותנה בגובהי קמה שונים. צלום הדגמה באיור 4. הקטעים נדגמו ב-15/8 והתוצאות מובאות באיורים 5, 6 ו-7. המדדים הוגטטיביים בסוף עונת ההשקיה (איורים 5, 6). נמצאים בקורלציה טובה עם ערכי הוגטציה המבוטאים באינדקס GRVI, מה שמעיד על האפשרות לסמוך על המפוי האווירי לתאור השונות המרחבית של פיזור המים בקונוע.

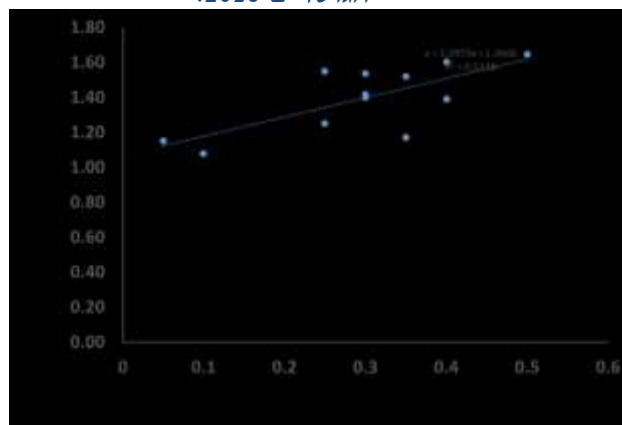
מדד היבול לעומת זאת אינו מובהק מול ה-GRVI. מכיוון שבדרך כלל אין קורלציה ישירה בין היבול הוגטטיבי ליבול הכותן גלמי, ויש מצבים בהם היחס אפילו הפוך, אין בכל להוסיף או לגרוע על יעילות המפוי של פיזור המים.



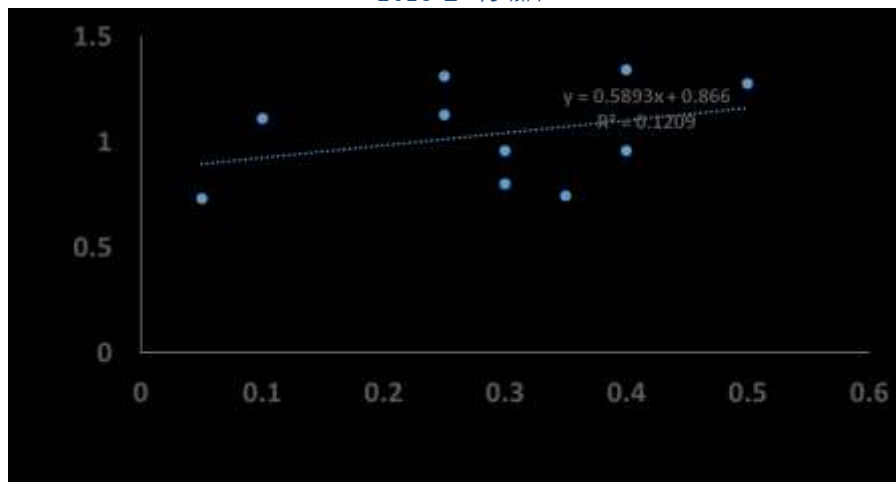
איור 4. צלום הדגמה של שונות הנגרמת ע"י כוון לא נכון של מתזים בקונוע חזיתי, הגושרים 2018



איור 5. משקל צמח רטוב מול עצמת צמוח בחישה מרחוק, כאינדקס GRVI בסיום ההשקיה בקונוע חזיתי, הגושרים 2018.



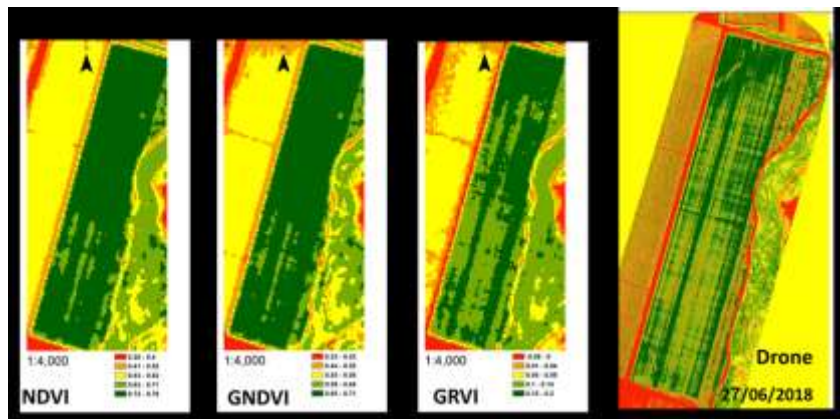
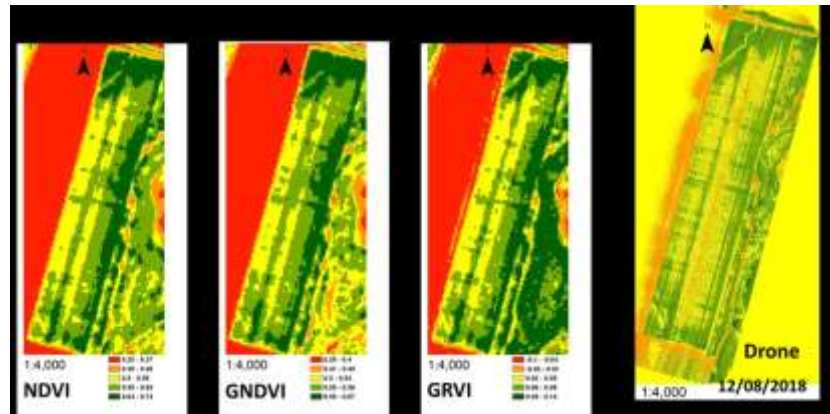
איור 6. גובה צמח מול עצמת צמוח בחישה מרחוק, כאינדקס GRVI בסיום ההשקיה בקונוע חזיתי, הגושרים 2018



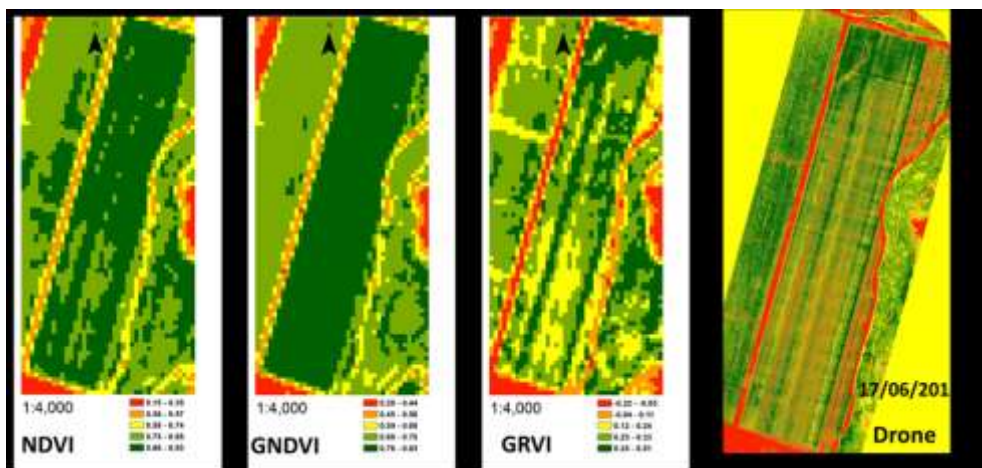
איור 7. יבול בכותן גולמי מול עצמת צמוח בחישה מרחוק, כאינדקס GRVI בסיום ההשקיה בקונוע חזיתי; הגושרים 2018

על מנת לבחון את האפשרות להשתמש בהדמאות לוויין שזולות וזמינות יותר ממפוי רחפנים, נבחנו הדמאות של הלוויין הישראלי-צרפתי VENUS בעל רזולוציה וסבב חזרה משופרים מול הלוויין האירופי Sentinel 2, שניהם שירותי חינם (אם כי הדמאות וונוס זמינות אך ורק לצרכי מחקר). נבחנו כמה אינדקסים מקובלים, וביניהם אינדקס ה GRVI בן נעשה שימוש בעיבוד צילומי הרחפן בתחום הנראה. ההבחנות בתחילת ואמצע העונה סבירות רק ב VENUS, אם כי גסות יותר

אבל ניתן להבחין בשגיאות פיזור מים בולטות. בסוף העונה לקראת סיום ההשקיה וניצול מרבית המים בקרקע, הדמאות ה VENUS די קרובות למיפוי הרחפן.



איור 8 מפות GRVI רחפן (מימין) מול הדמאות לוויין VENUS באמצע העונה (למעלה) ובסוף עונת ההשקיה (למטה) של קוונע קווי, הגושרים 2018.



איור 9. מפת GRVI רחפן (מימין) מול הדמאות לוויין Sentinel 2 בתחילת עונת ההשקיה של קוונע קווי, הגושרים 2018.

הסבר קצר על האינדקסים השונים: תמונת אור נראה מורכבת משלושה ערוצים: אדום (R) ירוק (G) וכחול (B), ניתנים להפרדה ובצוע חישובים בעבוד ממוחשב. ניתן גם לצלם בערוץ אינפרה-אדום (NIR). ערוצי הירוק והאדום רחוק מוחזר מהצמחיה ומבליטים את תכולת הכלורופיל בתמונה, הערוץ האדום נבלע ולא מוחזר מהצמחים. על מנת להבליט את הצמחיה השתמשו בערוץ ה NIR בלויינים בהם המשבצת הנראית על הקרקע גדולה וקשה להפריד את הקרקע מהצמחים (אינדקסים NDVI, GNDVI). בצלום ברחפן מקרוב ניתן בקלות להפריד את הקרקע מהצמחייה, ולכן אין צורך במצלמות אינפרה-אדום יקרות, ואז ניתן להשתמש באינדקס GRVI בצלום אור נראה רגיל. לפרוט נוסף חפשו בגוגל.

שניר:

קוונט ממוחגי, שדה אספסת מעגלי 285 דונם (רדיוס 300 מ').

תאריך זריעה: ינואר 2017

תאריך סיום הגידול: אוקטובר 2018

מחזורי קציר חודשיים.

תאריכי צילום, תאריכי קציר בסוגריים:

(24/5/18) 16/5/18

(20/6/18) 19/6/18

(19/7/18) 19/7/18

(19/8/18) 19/8/18

תאריכי השקיה וכמויות:

(50) +50+50 – 5/5/18

(55)+55+55 – 29/5/18

(55)+55+55 –28/6/18

(55)+55+55 –25/7/18

(55)+55+55 –21/8/18

(50)+55+55 –26/9/18

- הקציר התבצע בתדירות של 30 ימים (חודש).
- צילום התבצע לפני הקציר, ובסמיכות לקציר (חוץ מהצילום הראשון במאי 2018).
- השקיה התבצעה כשבוע לאחר קציר – ניתנו שני סבבים רצופים של השקיה (50/55 מ"מ) עבור כל השדה + 50/55 מ"מ עבור חלקים ברביע הצפון מזרחי – (המספרים בסוגריים) שהיו צריכים השקיה נוספת, בתגובה לממצאי הצלום.

צילום צבע בפנטום 4 ופנטום 4 advanced בגובה 50 מטרים – רזולוציה מרחבית של 2 ס"מ.

צילום תרמי ב1 inspire בגובה 150 מטרים – גודל פיקסל 13 ס"מ.

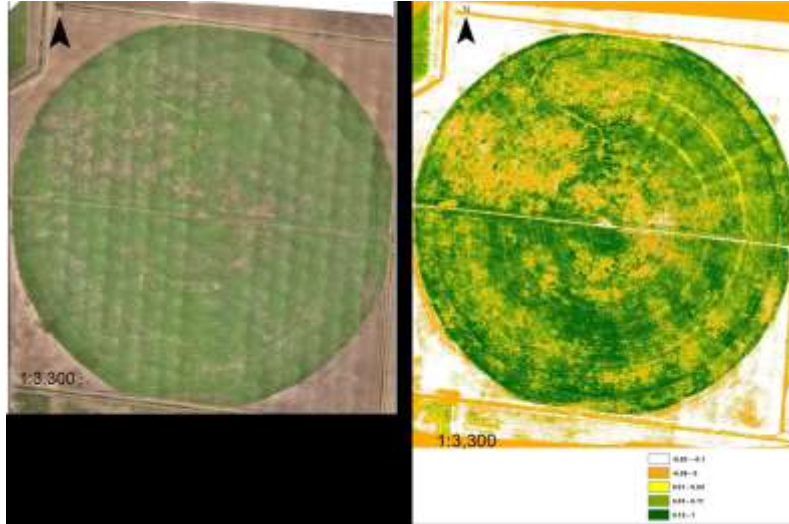
הערכת יבול ע"י המגדל – עבור החצי הצפוני והדרומי של מעגל האספסת.

השונות המרחבית בשדה נובעת:

- מבעיה של נברנים שגרמו לפגיעה בכיסוי הצמחי,
- בשדה בוצע בעבר מילוי קרקע של תעלות, עם קרקע שהובאה ממקום אחר.
- השדה אינו מפולס ויש בעיה של ניקוז ומי תהום גבוהים.

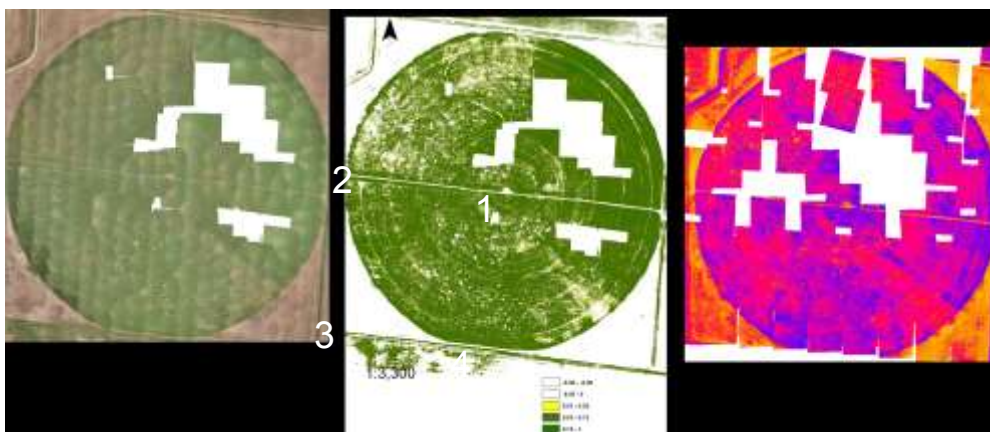
תוצאות:

צילום ראשון 16/5/2018: כפי שניתן לראות באיור 10, הרביע ה-2 (צפון מערבי) של השדה סובל מבעיות בכיסוי צמחי – לפי ממצאי הצילום באור נראה (RGB) ומדד GRVI הנמוך – ככל הנראה בגלל בעיית הנברנים. כמו כן ניתן לראות ברביע ה-1 (צפון מזרחי) של השדה "סקטורים" ירוקים הנובעים כתוצאה מתקלה בתנועת הקונוע. גם ברביע ה-4 (דרום מזרח) ניתן להבחין בסקטורים – קלושים יותר. באופן כללי השדה מתאפיין בחוסר אחידות גבוהה ברמת הכסוי והחיוניות הצמחית.



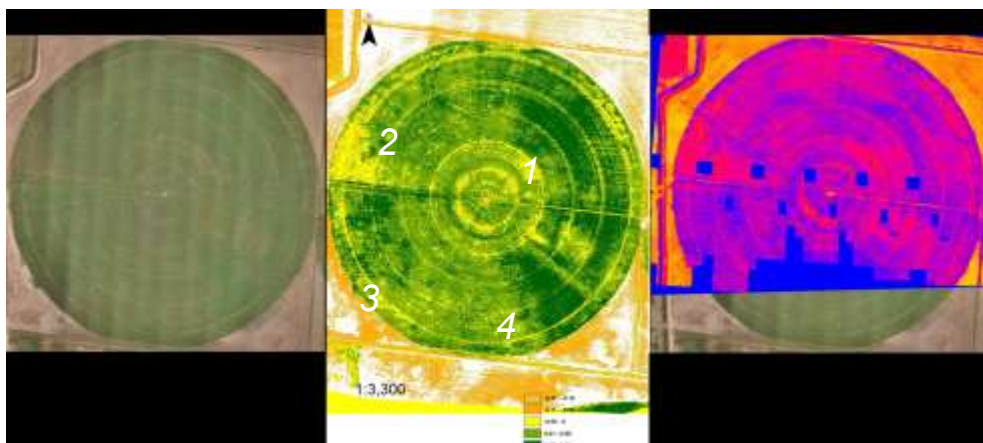
איור 01. צילום RGB ו מדד GRVI של שדה האספסת בחלקת שניר 16/5/2018.

צילום שני 19/6/18 (איור 11): נראה שברביע הצפון מערבי עדיין ישנה אדמה חשופה – אם כי פחות. מהצילום התרמי ניתן לראות "סקטור" ברביע הרביעי – הנובע מתעלה שמולאה – אך עדיין קיימת שם כנראה זרימה של מי תהום רדודים המהווים מקור מים לצומח בשדה. אותה תעלה חוצה את השדה מכיוון צפון מערב לכיוון דרום מזרח. החלק הדרומי מאופיין בטמפי שונות. מכיוון שהיתה בעיה במוזאיקה של צילום RGB – לא ניתן לומר הרבה על הרביע הראשון של השדה. בכללי ניתן לומר כי ישנה אחידות רבה יותר כסוי הצמחי בהשוואה לצילום ממאי. המגדל התחיל להוסיף להשקיה של החצי הצפוני של השדה כ-50 מ"מ, ביחס לחצי הדרומי ובהשוואה להשקיות קודמות.



איור 11. צילום RGB, מדד GRVI וצילום תרמי של שדה האספסת בחלקת שניר 19/6/18. מקרא: בצלום התרמי כחול-קר אדום-חם, GRVI ככול שירוק יותר, ביומסה גדולה יותר.

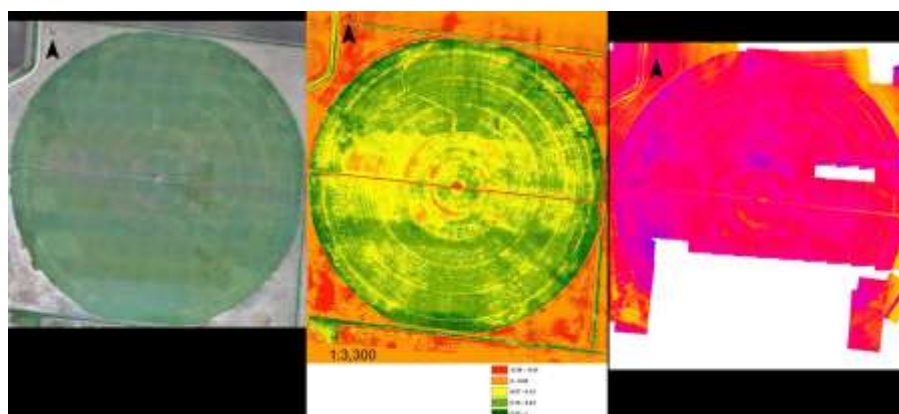
צילום שלישי 19/7/18 (איור 13) נראה שרביע ראשון ורביעי – מצב חיוניות צמח גבוהה יותר ביחס לרביעים 2,3. אדמה חשופה קרוב למרכז השדה. סקטור "יבש" ברביע הרביעי, לעומת אזור "ירוק" יותר. אדמה חשופה ברביע השני, שינוי מיקום לכיוון פריפריה של השדה.



איור 13. צילום RGB, מדד GRVI וצילום תרמי של שדה האספסת בחלקת שניר 19/7/2018

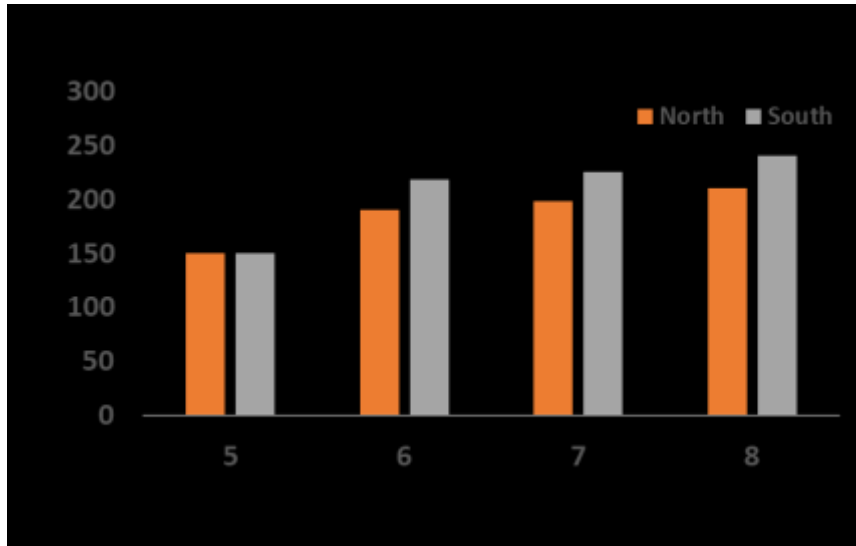
מקרא: בצילום התרמי כחול-קר אדום-חם, GRVI ככול שירוקיות, ביומסה גדולה יותר..

צילום רביעי 19/7/18 (איור 14): הבדל בין מרכז השדה לבין הקצוות הצפוניים והדרומיים מבחינת חיוניות צמח – במרכז חיוניות נמוכה יותר. לא ניתן להבחין במגמה הזאת בצילום התרמי. ככל הנראה אין לכך קשר לבצועי הקוונטום.



איור 14. צילום RGB, מדד GRVI וצילום תרמי של שדה האספסת בחלקת שניר 19/7/2018

מקרא: בצילום התרמי כחול-קר אדום-חם, GRVI ככול שירוק יותר, ביומסה גדולה יותר.



איור 15. יבול אספסת בקצירים חדשיים מאי עד אוגוסט 2018 בחלקת שניר.

באיור 15 ניתן לראות שיפור בכמות היבול עם התקדמות העונה. החצי הדרומי מניב יותר יבול ביחס לחצי הצפוני – בעיקר בשל בעיות נברנים והרכב הקרקע ברביע ה-2 של השדה. בקציר של חודש אוגוסט בוצעה הערכת יבול של שני הרביעים הצפוניים של השדה. הרביע הצפון-מזרחי הניב 225 ק"ג לדונם בעוד שהצפון מערבי הניב רק 195.4 ק"ג לדונם – הוכחה לאמיתות ממצאי החישה מרחוק המראים בעיה קונסיסטנטית לאורך כל העונה של כיסוי צמחי ברביע זה.

סיכום ומסקנות:

מיפוי אווירי של גידולי שדה בהשקיה בקוונטום בוצע בקיץ 2018 בחלקת כותנה של הגושרים – בקוונטום חזיתי, ובחלקת אספסת של שניר בשטחי הכבול – בקוונטום מחוגי. הצילומים בוצעו ברחפנים Phantom 4 advanced ו Phantom 4 בצילומי צבע, וצילומים תרמיים ברחפן Inspire 1 מצויד במצלמה Zenmuse XT-R. צילומי הצבע עובדו במחשב למדד GRVI לצורך מיפוי עוצמות הצימוח. במפות הצימוח של הקוונטום החזיתי בהגושרים נתגלו החל מהצילום הראשון שונות קיצוניות בעצמות צימוח לרוחב הקוונטום, שהעידו על בעיות ספיקה של הממטירים. נסיונות לשפר את הבצוע בתגובה למיפוי לא שינו מהותית את השונות בעוצמות הצימוח בהמשך. מדידות גובה צמח ומשקל ביומסה בסוף העונה אימתו את עוצמות הצימוח כפי שהתקבלו מהמיפוי המצולם. מיפוי מצולם של הקוונטום המחוגי בשניר הראה אזורים בשדה עם כסוי צמחי גרוע, שניתן היה לייחס לנגיעות בנברנים, לבעיות קרקעיות של אדמה זרה שהובאה מפנוי חפירות, ולבעיות מי תהום בגלל ניקוז לקוי. השוואת המיפוי האווירי לאימות קרקע בשניר נעשתה לידוע על אזורי הקרקע הבעייתית ולאזורי נזקי הנברנים, וכן להערכות יבול של המגדל. בתגובה למיפוי הראשון ניתן תגבור של 50 מ"מ מים לצד הצפוני, הגרוע יותר של החלקה. לא נמצאו תקלות בבצוע חריגות של הקוונטום כשלעצמו. השוואת מיפוי הצימוח ברחפן למיפוי בלוויינים הראתה רזולוציה סבירה של הדמאות VENUS לגילוי שונות ברזולוציה גסה (יחסית לרחפן) של צימוח המעיד על שונות בפיזור מים בקוונטום החזיתי, מה שפותח אפשרות לסקר מהיר וחינמי של שטחים גדולים לזיהוי בעיות פיזור מים או הפרעות גידול ניכרות בקנה מידה נרחב. בעקבות סקר כזה ניתן בעזרת הלוויין למצוא את המקומות הבעייתיים ולבצע מיפוי ברזולוציה גבוהה ברחפנים לכיוון מדויק יותר של פיזור המים בקוונטום.

מיפוי אווירי של עוצמות הצימוח בצילום צבע ועיבוד למדד GRVI נמצא כאמצעי יעיל וזמין לאיתור בעיות בפיזור המים של קוונטום.