

# זיהוי מוקדם של פטריה *Macrophomina phaseolina* בצמחי כותנה מזן פימה באמצעות מדידות ספקטרליות וצילומי רחפן

---

אנה ברוק<sup>1</sup>, רון סגל<sup>2</sup>, מנחם אליה<sup>3</sup>, עוז צעירי<sup>3</sup>, נעם עמיר<sup>3</sup>, אריה בוסק<sup>3</sup>

<sup>1</sup>מעבדה לספקטרוסקופיה וחישה מרחוק, אוני' חיפה

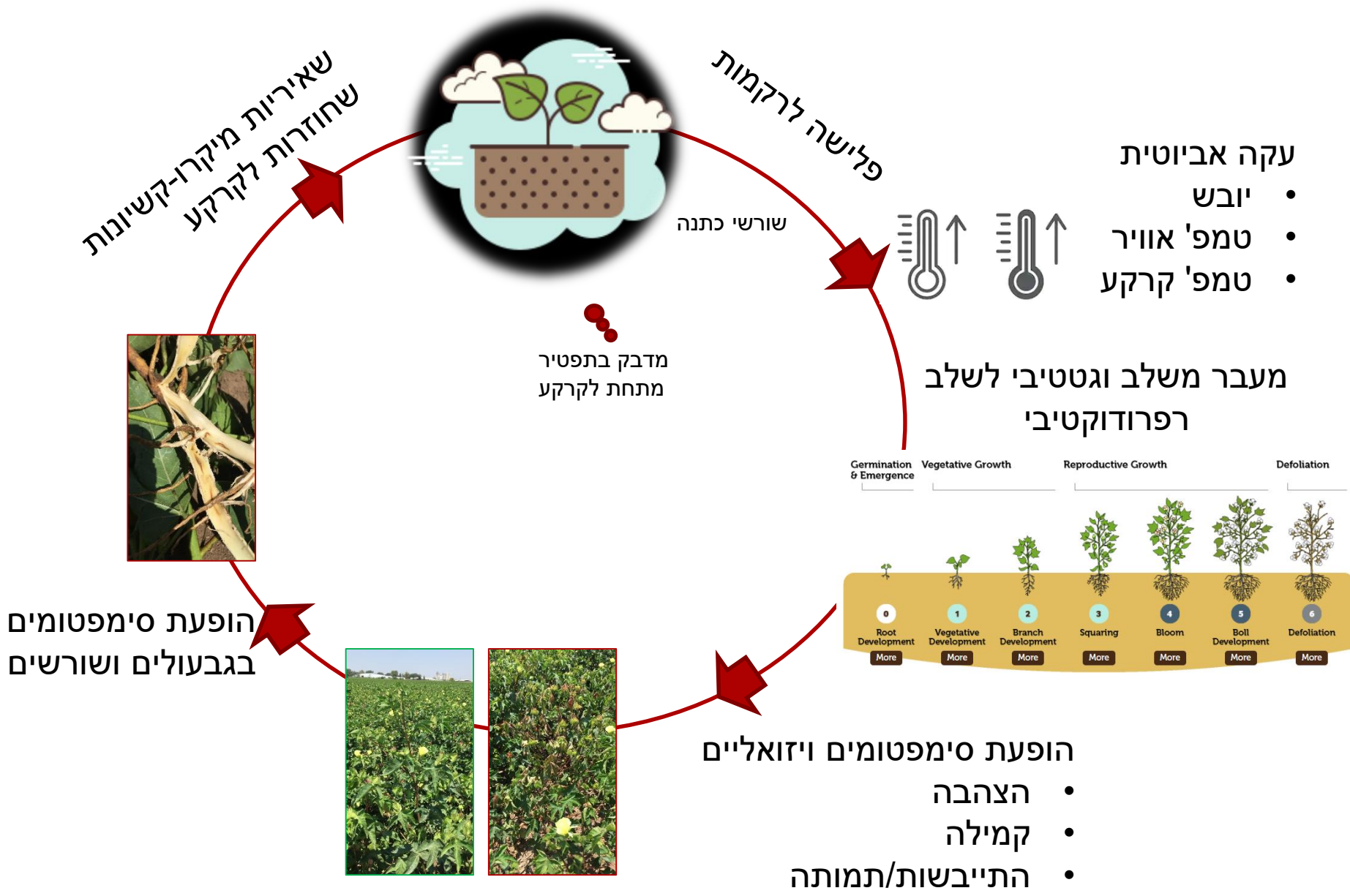
<sup>2</sup>חברת "אגרידע"

<sup>3</sup>מגדלי הדרום

# הקדמה

- מחלת ריקבון שורש יבש נגרמת על ידי פתוגן פטרייתי הנישא בקרקע  
*Macrophomina phaseolina*
- המחלה קיימת בגידולים רבים כולל כותנה ברחבי העולם המהווה לחץ ביוטי על הגידול
- M. Phaseolina הוא פתוגן מונוטיפי מזרע וקרקע בעל תפוצה פתוגנית רחבה (Dhingra and Sinclair, 1978) המסוגל להדביק את הצמחים בשלבי גידול שונים במהלך עונת הגידול





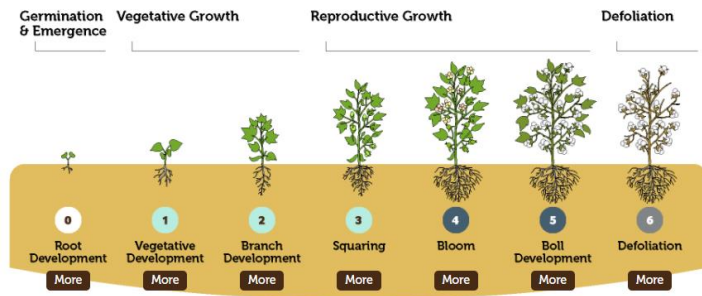
הופעת סימפטומים ויזואליים

- הצהבה
- קמילה
- התייבשות/תמותה

עקה אביוטית

- יובש
- טמפ' אוויר
- טמפ' קרקע

מעבר משלב וגטיבי לשלב רפרודוקטיבי



שחזורת לקרקע מיקרו-קשיונות שאירות

מדבק בתפטיר מתחת לקרקע

הופעת סימפטומים בגבעולים ושורשים

# מטרת המחקר



- אנו מניחים כי זיהוי מוקדם של המחלה ומעקב אחר התפתחותה יעזור למגדל בניהול החלקה.
- לעומת המחקר הביולוגי הרחב, למיטב ידיעתנו מעט מאוד מחקרים עוסקים בפיתוח כלים לזיהוי ומעקב אחר המחלה בשדה.
- המחקר הנוכחי מציע לרתום את אמצעי חישה מרחוק לזיהוי מוקדם של פטריה *M. phaseolina* בצמחי כותנה מזן פימה.

# מהלך המחקר

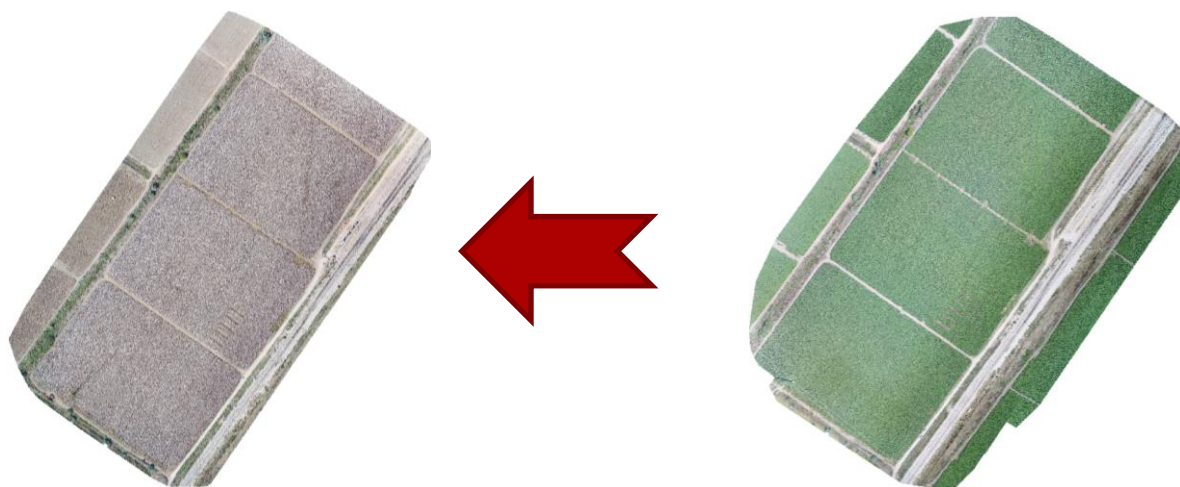
- לצורך המחקר חיפשנו חלקות של כותנת "פימה" בהן יופיעו סימני המחלה מוקדם ככל האפשר.
- האיתור הראשון היה בחלקה ב"בני דרום", ולאחריה חלקה ב"קבוצת יבנה".
- נאספו דגימות צמחים מהשדה, נדגם החלק העליון של מערכת השורשים (הסמוך לפני הקרקע) וחלקו התחתון של הגבעול הצמוד לשורש.
- חשוב לציין כי המעקב נמשך עד לייבוש מוחלט של השדות, פענוח בוצע ב-2 תקופות: 20 ליולי ו-11 לאוגוסט.
- חלקת בני דרום שימשה לאימון הרשת וחלקת "קבוצת יבנה" לאימות.

# מערך מדידות

שדה בבני דרום

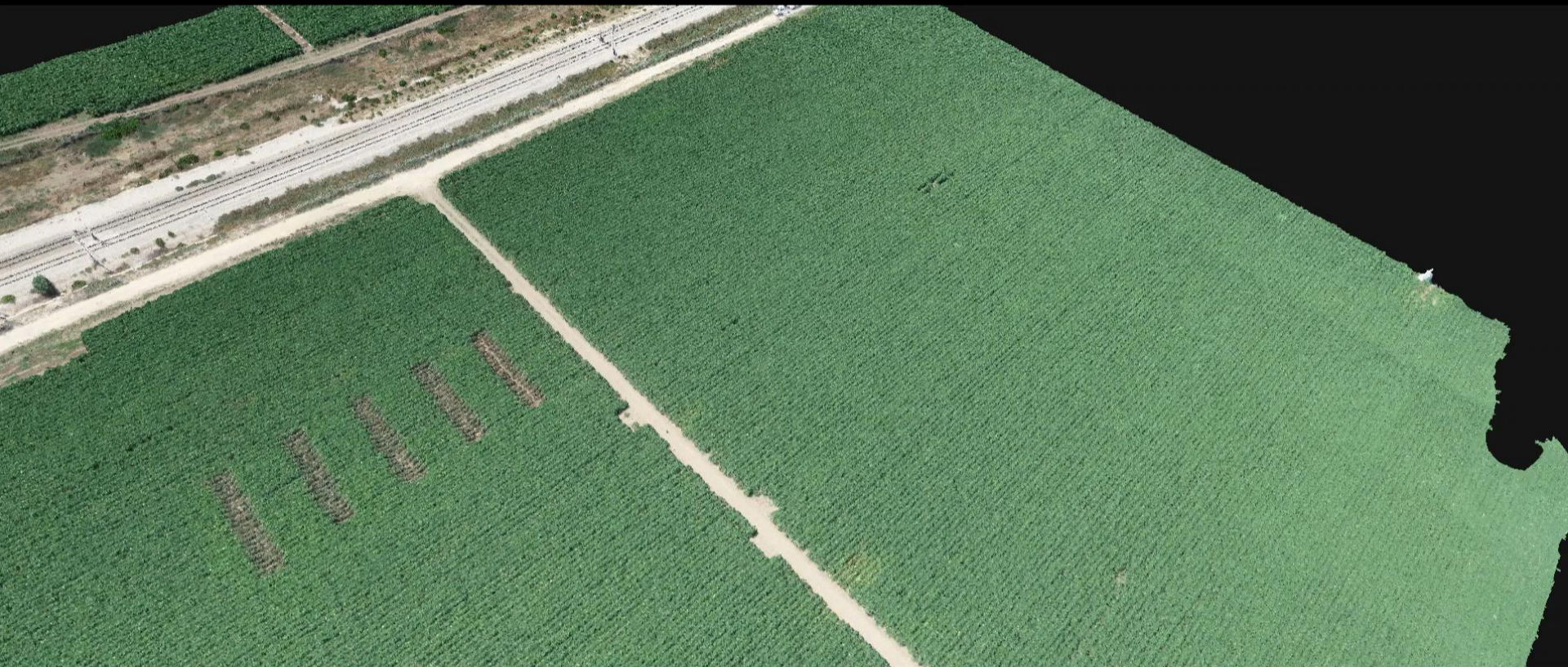
במהלך קיץ 2020 לאחר קבלת דיווח ראשון על הופעת המחלה בשדה  
כותנה בבני דרום התחלנו בעבודת שדה מרחבת שכללה:

- צילומי רחפן ומודל פוטוגרמטרי (אורתופוטו ומודל גבהים DSM),  
צילום מגובה 70 מ' ועיבוד בתכנת Pix4Dmapper. תחילת הצילום  
ביולי 2020 ומעקב עד סוף העונה אוקטובר 2020.



# מערך מדידות

## שדה בבני דרום



# מערך מדידות

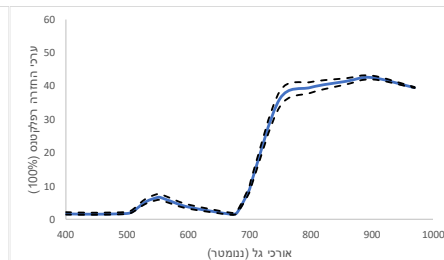
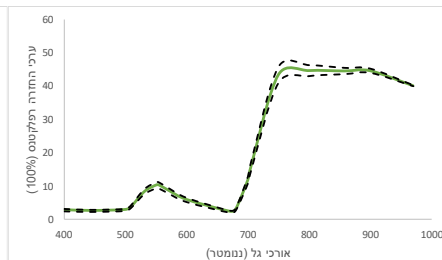
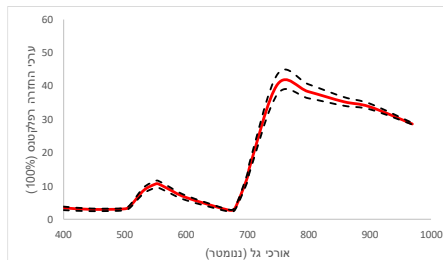
- מדידות ספקטרליות של גידול, עשב וצמחים חשודים באמצעות ספקטרומטר שדה 4000USB של OCEANOPTICS.

אזורים חשודים כמחלה

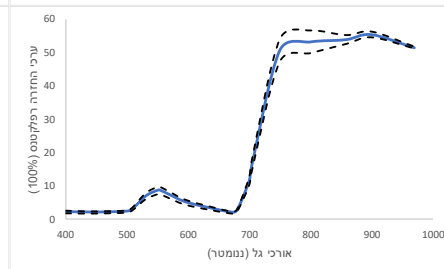
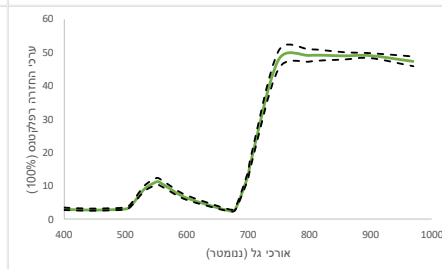
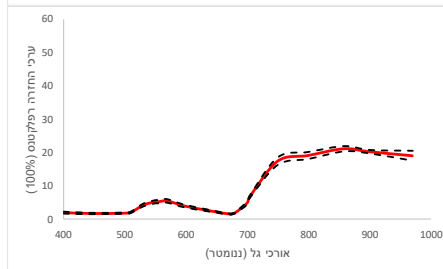
אזורים לא חשודים

כתמי עשבייה\*

יולי



אוגוסט



חתימות ספקטרליות שנמדדו בחלקה (ממוצע ל-50 מדידות לכל סוג, בקו מקווקו מסומן רווח סמך) \*כתמי עשבייה שזוהו באמצעות אלגוריתם ייעודי למיפוי עשבייה בשדות כותנה.



# מערך מדידות

## • מדידות גובה בשטח



נראה כי באזור שנפגע מהמחלה, בגלל עיכוב בהתפתחות הכותנה מתפרצת עשבייה (בולט בצילום מחודש ספטמבר).

בשלב ההתייבשות, ניתן לזהות באופן בולט כתמי עשב יבש ללא יבול.

אזור חשוד במחלה - א. צילום מ-20 ליולי, ב. צילום מ-11 לאוגוסט, ג. מפת הפרש גבהים בין יולי לאוגוסט (אדום מעיד על הפחתה של 15 ס"מ מיולי וירוק מעיד על צימוח של 15 ס"מ), ד. צילום מ-11 לספטמבר, ה. צילום מ-7 לאוקטובר.

## שלבים לפיתוח אלגוריתם לזיהוי מוקדם של מקרופומינה

(1) חישוב שלל אינדקסים ספקטרליים לבריאות הצמח בתחום אור הנראה ותת אדום הקרוב.

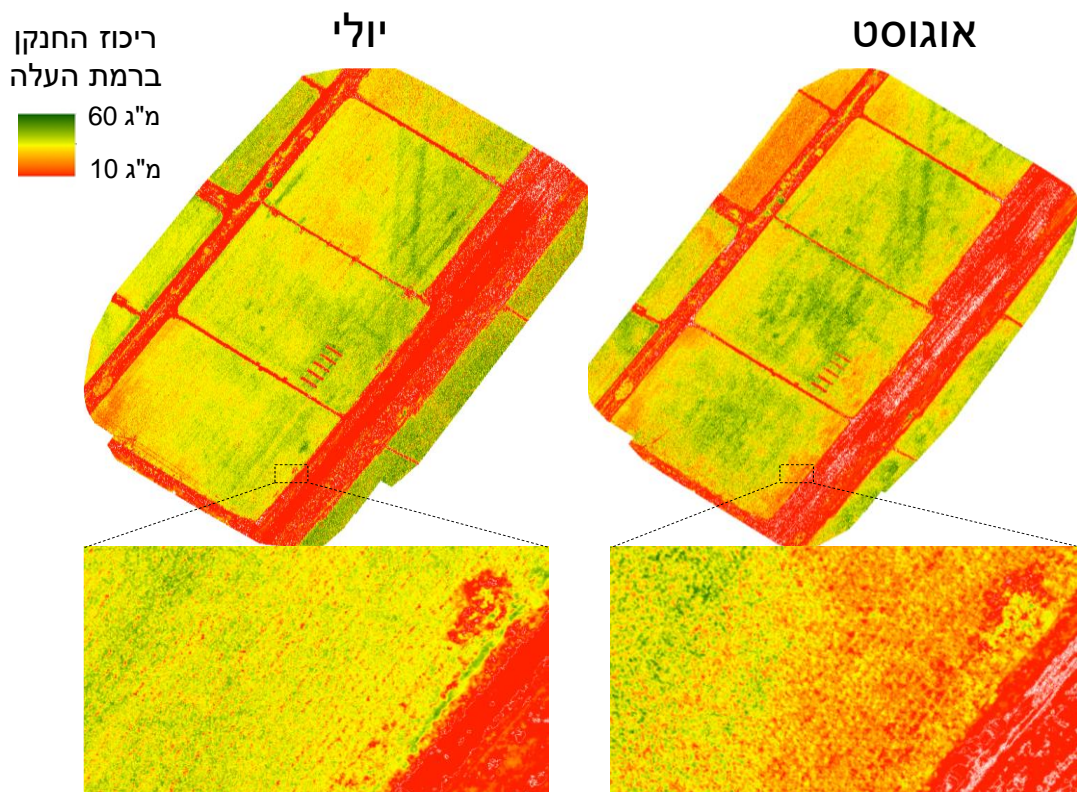
(2) מפת הפרשי גובה בין כל צמד צילומים (בעדיפות להפרש של שבוע עד שבועיים בין הצילומים).

(3) חישוב מקדי מרקם וחספוס לפי תוצרי DSM (תוצרי GLCM ואינדקס TRI).

(4) פיתוח מודל ספקטרלי מבוסס מכונה לומדת לפי אורכי גל של הרחפן (475,560,668,717,840 ננומטר).

# תוצאות האינדקסים הספקטליים

- השפעת המחלה נצפתה במודל הביומסה הצמחית\*



ניתן לזהות האטה בקצב  
הצימוח בתקופה הראשונה,  
באזורים שצמחי הכותנה לא  
מצליחים לגדול בצורה  
נאותה הפטרייה גורמת  
לעיכוב הצימוח.

\* שפותח במסגרת מו"פ איטליה-ישראל במימון רשות החדשנות (הובלה ומסחור ע"י חברת "אגרידע")

## תוצאות

- מפת הפרשי גובה הייתה יעילה מאוד באיתור המחלה, אבל אזורים שלא הייתה בהם מחלה גם כן הודגשו במפת ההפרשים. הרי כל שינוי בגובה (כולל סחף קרקע) מופה בעזר זה. לכן, הפרשי גובה ישמשו את שיטת הפענוח כמפת עזר בלבד.
- מפות חספוס ומרקם לא נמצאו כאינפורמטיביות לזיהוי מוקדם של המחלה בשל בחינת הצמח ברמת החופה ולא ברמת העלים. עזרים אלה היו לנתונים תומכים בלבד.

# אלגוריתם

מודל ספקטרלי התבסס על אימון רשת עמוקה.

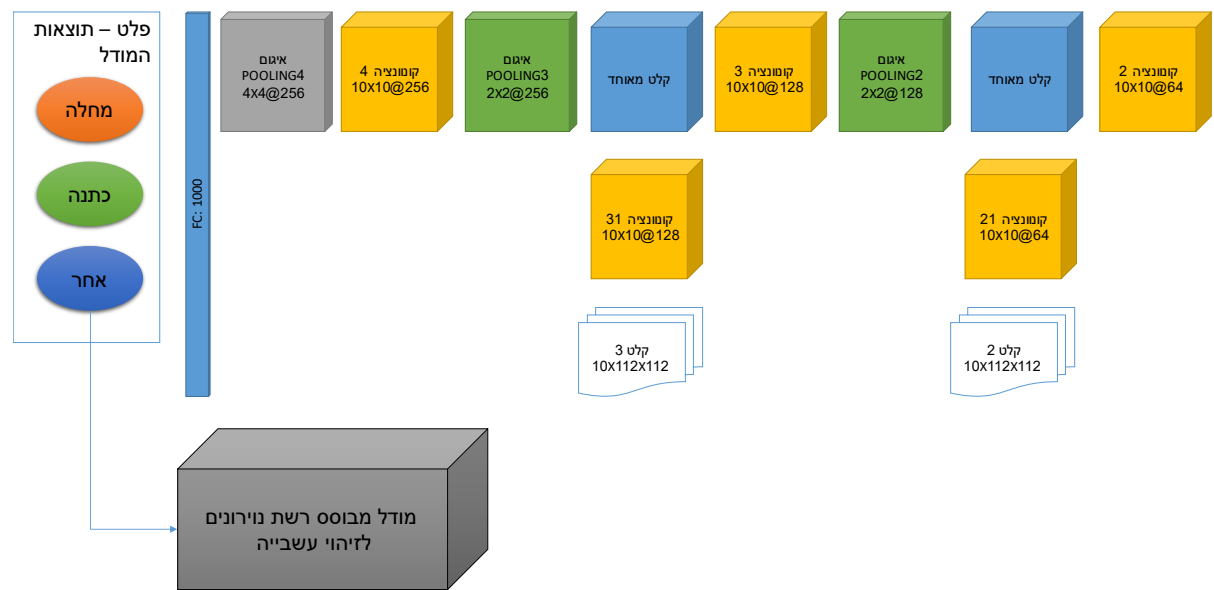
הרשת תתאמן על 813 חתימות ספקטרליות של צמחים חולים ו-900 חתימות של צמחים יבולים) ו-787 חתימות של עשבייה (מוגדרת כקבוצה "אחר")

נתוני קלט:

מיון, 15% לאימות ו-15% לבחינה.

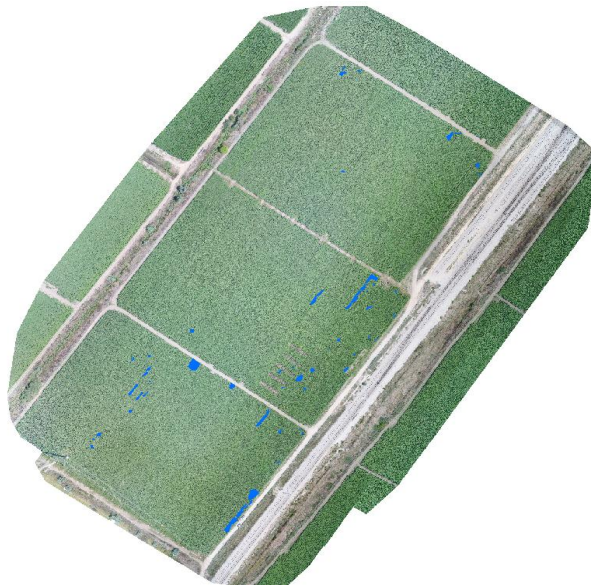
המשכנו לפענח באמצעות מודל נוסף מבוסס רשת נירונים.

- ערוצים מולטי-ספקטראליים לאחר קדם עיבוד בערכי החזרה - אורתופוטו מצילומי רחפן
- הפרש גבהים מחושב על בסיס מפת גבהים DSM מצילומי רחפן
- מודל ביומסה מחושה מאורתופוטו
- אינדקס חספוס TRI מחושב ממודל גבהים
- אינדקסי מרקם GLCM (הומוגניות, אנטרופיה, וקורלציה) מחושבים ממודל גבהים

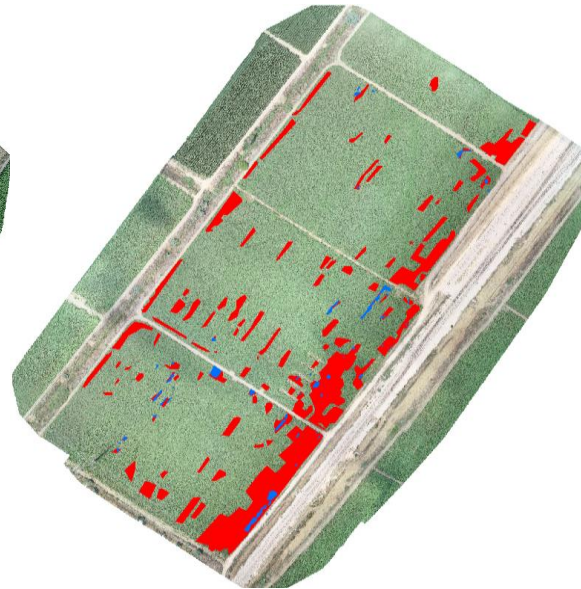


# תוצאות האלגוריתם

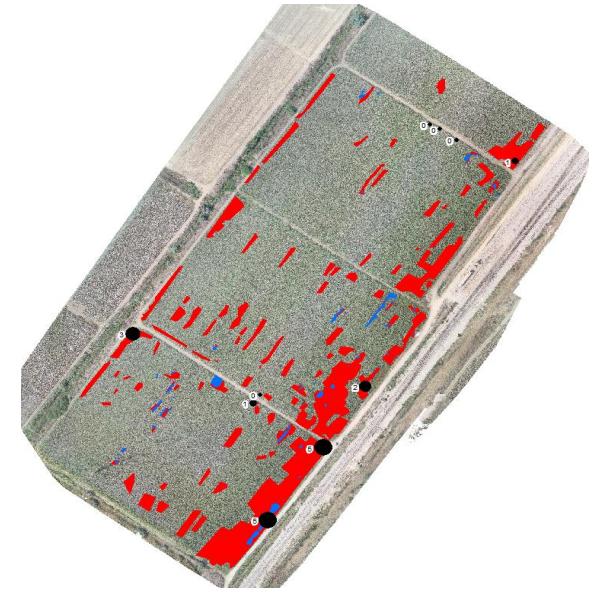
יולי



אוגוסט



ספטמבר



שטח כולל של 61 אזורים חשודים ב-20 ליולי היה 895 מ"ר, ב-11 לאוגוסט התגלו 103 אזורים חשודים ששטחם נסכם ל-16,400 מ"ר, שטח החלקה הוא 128,000 מ"ר.

מכאן עולה כי שטחי האזורים הנגועים עלה בין 20 ליולי ל-11 לאוגוסט ב-12% מכלל השטח המצולם



# תוצאות האלגוריתם



# תוצאות האלגוריתם

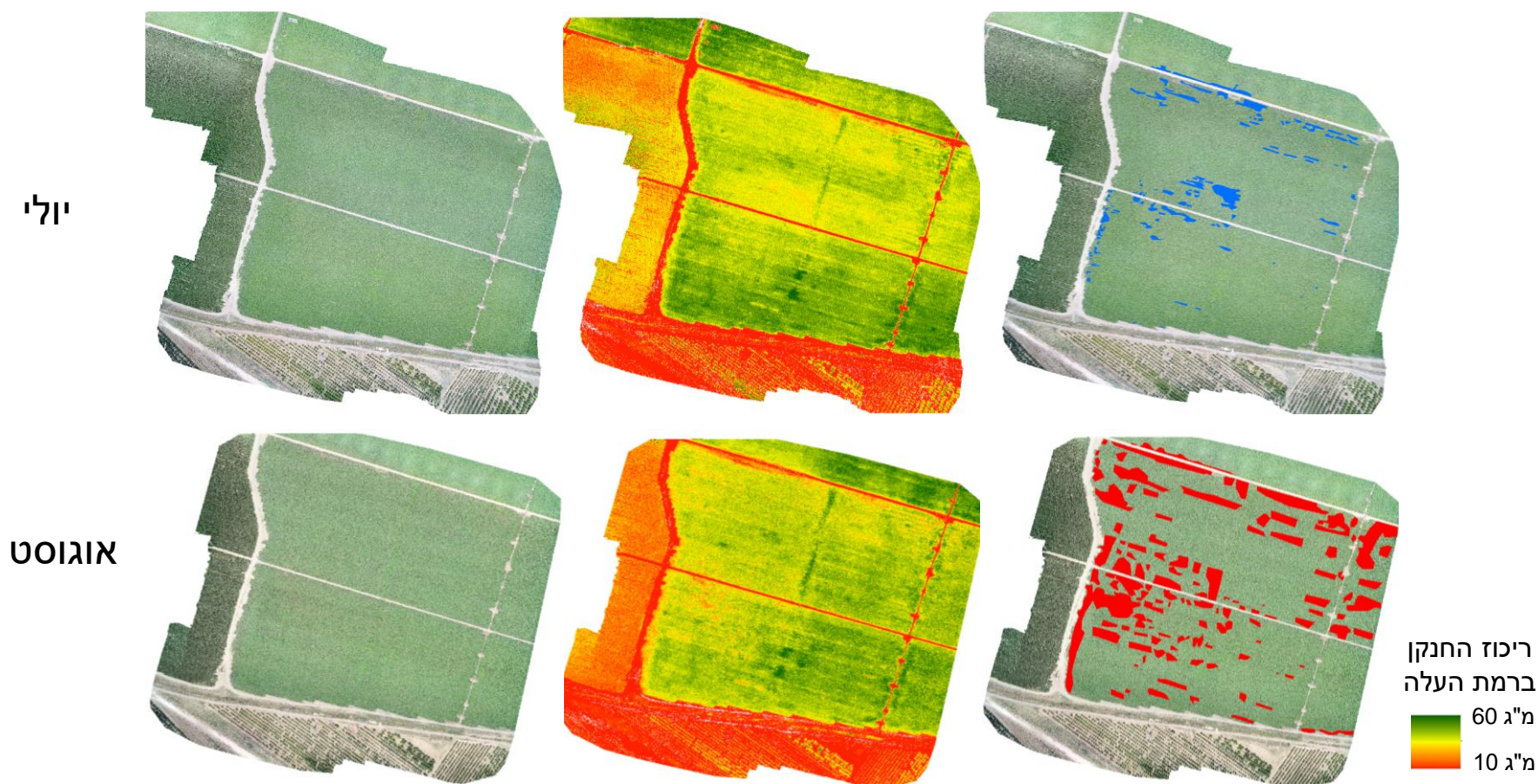
ביומסה צמחית מ"ל לגרם ב11 לאוגוסט	ביומסה צמחית מ"ל לגרם ב20 ליולי	סה"כ צמחים שנדגמו באזור הנבחר	צמחים עם תסמינים	
35	29	8	0	אזורים תקינים, לא חשודים
45	40	8	0	
37	36	5	0	
39	34	7	0	
20	27	9	5	אזורים לא תקינים, חשודים במחלה
19	31	6	5	
22	29	7	3	
24	32	8	2	
31	44	7	1	
22	37	6	1	
49	45			בתמי עשבייה
51	36			
55	41			



# תוצאות האלגוריתם

קבוצת יבנה

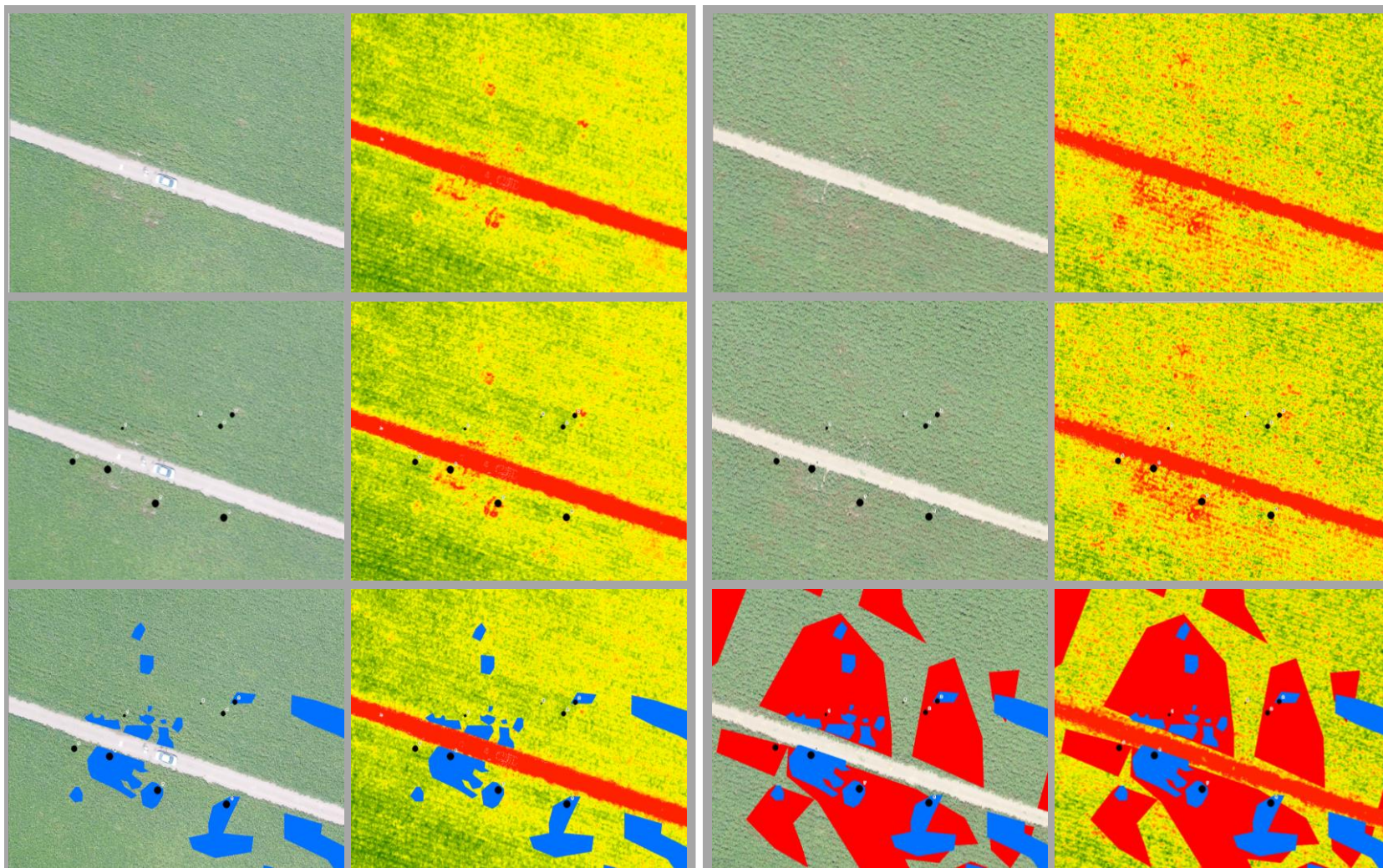
- שיטת הפענוח המוצעת הופעלה ללא אימון מחדש
- התוצאות מציגות מפות פענוח ע"י המודל כנגד בדיקה קרקעית.



# תוצאות האלגוריתם

אוגוסט

יולי



# תוצאות האלגוריתם

ביומסה צמחית מ"ל לגרם ב11 לאוגוסט	ביומסה צמחית מ"ל לגרם ב20 ליולי	סה"כ צמחים שנדגמו באזור הנבחר	צמחים עם תסמינים	
43	40	7	0	אזורים תקינים, לא חשודים
41	38			
43	41			
41	40			
32	38	7	1	אזורים לא תקינים, חשודים במחלה
29	41	7	2	
28	42	7	2	
10	38	7	6	
8	14	7	6	
9	16	7	7	
55	35			כתמי עשבייה
46	39			
58	36			

## סיכום

- במסגרת המחקר פותח כלי יישומי לזיהוי וניטור של פטריה *Macrophomina phaseolina* בצמחי כותנה מהזן פימה באמצעות מדידות ספקטרליות וצילומי רחפן.
- פותח אלגוריתם חכם למיפוי בשדה.
- הצלחנו לקשור בין עיתוי בו זיהינו את המחלה לחומרת המחלה.
- התוצאות אומתו ברמת השדה ע"י דיגום צמחים בחלקה.
- הוכח כי באזורים שסווגו כאזורים ללא מחלה, אכן לא נמצאו בהם צמחים חולים (דיגום קרקעי).

# תודה רבה!

## Anna Brook

Spectroscopy & Remote Sensing Laboratory  
Center for Spatial Analysis Research (UHCSISR)  
Department of Geography and Environmental Studies  
University of Haifa  
ISRAEL

+972 (0)4 824 96 12 (Office)

+972 (0)4 824 96 05 (Fax)

[abrook@geo.haifa.ac.il](mailto:abrook@geo.haifa.ac.il)

