

# שימוש בדימות היפר-ספקטראלי מרחפן להערכת פוטנציאל מים בעלה ביער רב מיני

נתנאל פישמן<sup>1</sup>, גבריאל מולרו<sup>1</sup>, יהודה יונגשטיין<sup>1</sup>, אסף יעקובי<sup>2</sup>, סופי אוברשטיינר<sup>2</sup>, לורה רז<sup>2</sup>, תמיר קליין<sup>2</sup>, דוד הלמן<sup>1,3</sup>\*

1. המחלקה למדעי הקרקע והמים, מכון למדעי הסביבה, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות.
  2. מחלקה ללימודי הצמח והסביבה, מכון ויצמן למדע, רחובות
  3. בית הספר ללימודים מתקדמים בסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים
- \*חוקר ראשי (אחראי מחקר)

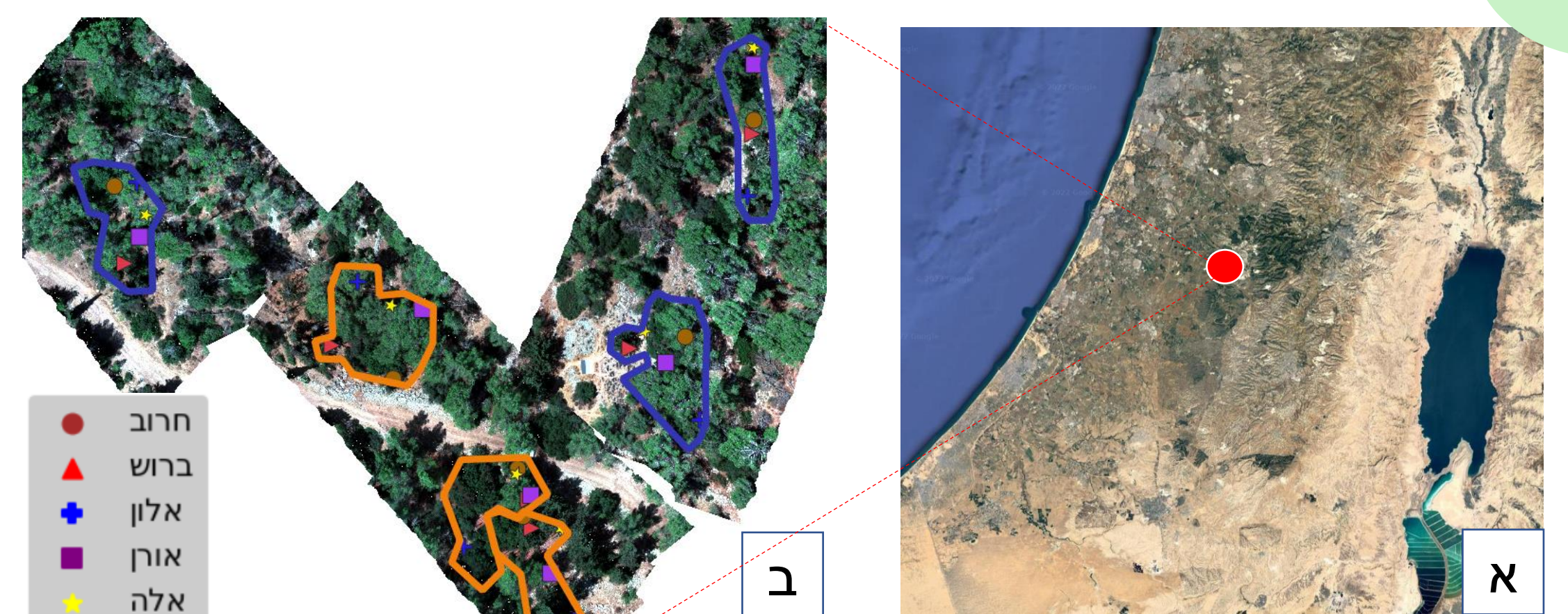
## מבוא

1

על מנת למנוע תמונת עצים, יש לנטר באופן רציף את משק המים של העץ. כיוון שאין זה מעשי למדוד את מצב המים באופן ידני ביערות רחבי ידיים, ישנה משמעות רבה ליכולת לקבל תמונת מצב של עקת המים בחלקות היער באמצעי חישה מרחוק. האתגר המרכזי הוא מציאת מדדים ספקטראליים שבהם משתקפת עקת המים של עומדי היער באופן מיטבי, כך שישנו מתאם גבוה בין המגמה הנמדדת באופן ידני לבין המגמה הנמדדת באמצעי החישה מרחוק, וכך לייצר מודל המסוגל לחזות את מצב המים בעלה. במחקר זה השתמשנו בפוטנציאל מים בעלה (LWP) כמדד המייצג את מצב המים בעץ, ובמדדים ספקטראליים (NDSI) שונים, חדשים וכאלו הידועים מהספרות, על מנת לנסות לאתר מתאם גבוה ככל האפשר. הנתונים נמדדו לאורך שנה.

## כלים ושיטות

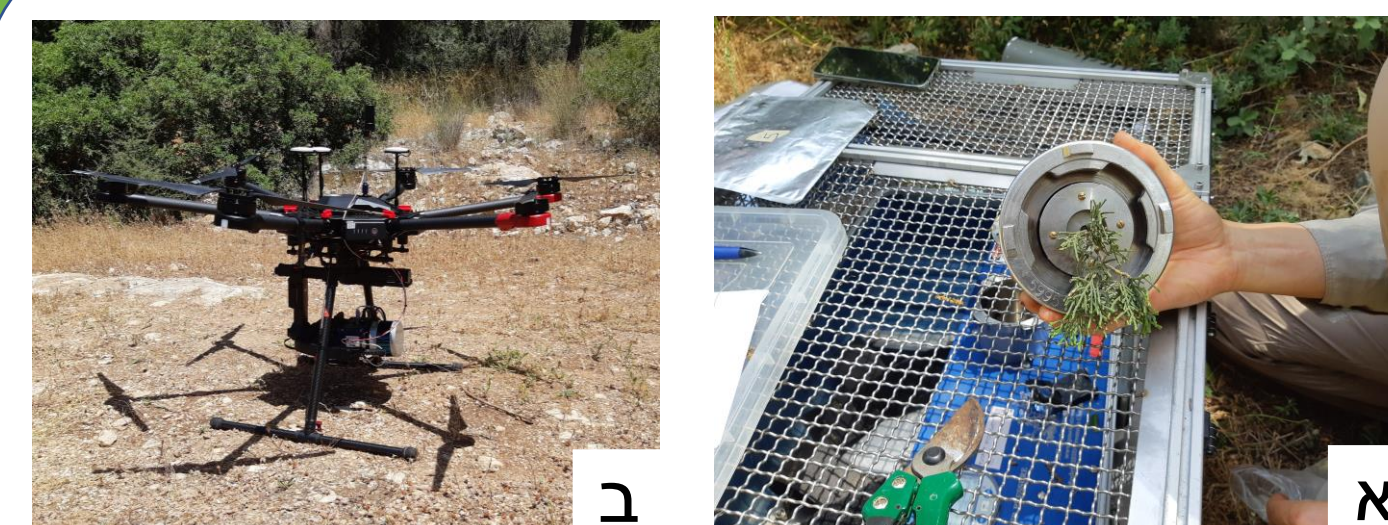
2



### איור 1.

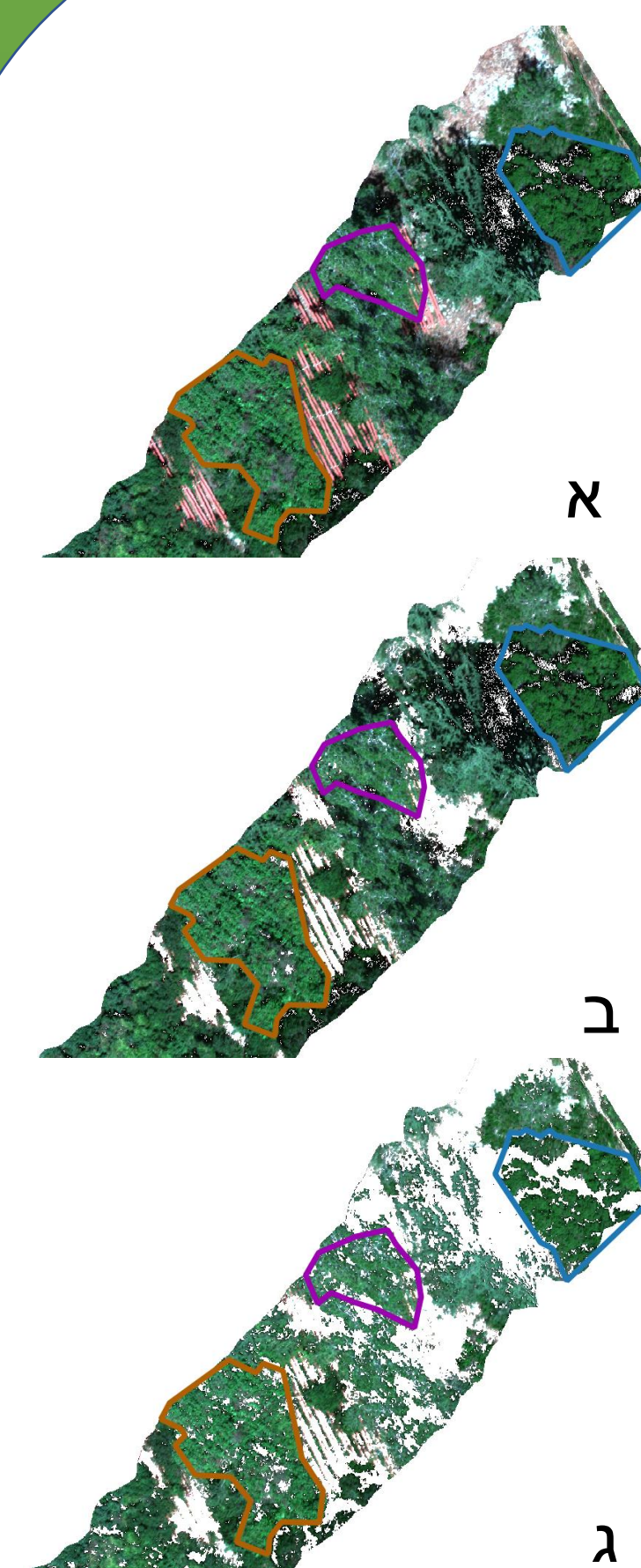
- א. מיקום הניסוי - יער ישראלי של יד בית שמש
- ב. מפת חלקות הניסוי. חלקות הפחתה מסומנות בכתום, חלקות ביקורת בכחול. 5 מינים בכל חלקה.
- ג. מערכת הפחתה גשם 30%.

### איור 2: מכשירים המשמשים למדידות



- א. תא לחץ למדידת LWP.
- ב. מצלמה היפר ספקטראלית (כולל חיישן LIDAR) על גבי רחפן. המצלמה מספקת נתוני החזרות ב-274 ערוצים בטווח שבין 400-700 ננומטר.

### איור 3: הפקת נתוני החזרות מהדימות תוך מיסוך פיקסלים שאינם מייצגים



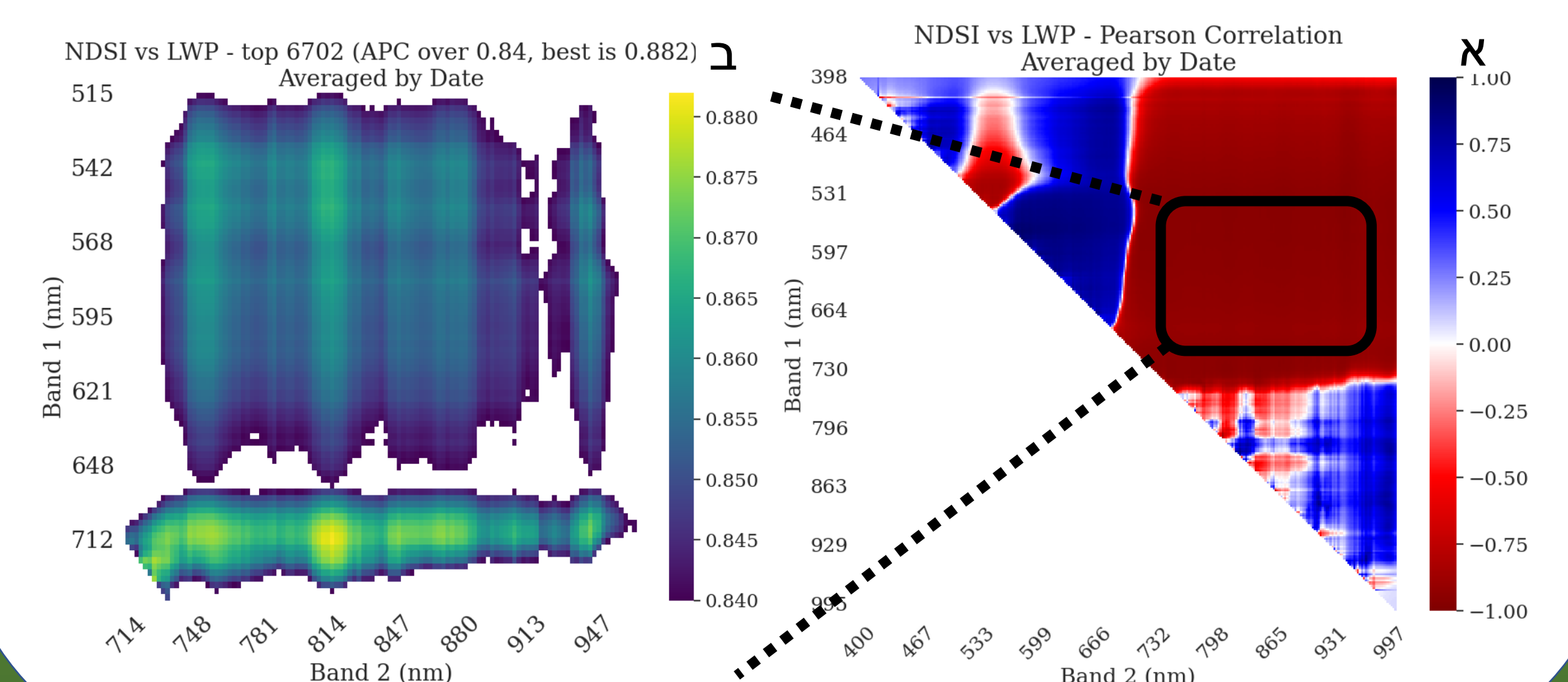
- א. הדימות כפי שמתקבל מהמצלמה.
- ב. הדימות לאחר מיסוך פיקסלים שאינם צמחיים, מתחת ערך NDVI של 0.3.
- ג. הדימות לאחר מיסוך נוסף של פיקסלים שמייצגים צל, המיסוך נעשה על ידי ערך סף של קרינה אינפרא אדומה באורך גל של 802 ננומטר.

לאחר תהליך המיסוך, נעשה מיצוע של ערכי ההחזרות בכל אחד מהפיקסלים שבפולגון, עבור כל 274 הערוצים של המצלמה. בשלב זה עוברים למציאת מדד הפרש ספקטראלי מנורמל (Normalized Difference Spectral Index (NDSI)), המשתמש בשני ערוצים שונים של המצלמה, על פי הנוסחה:

$$NDSI = \frac{Band\ 1 - Band\ 2}{Band\ 1 + Band\ 2}$$

### איור 4: מציאת NDSI בקורלציה מקסימלית ל LWP

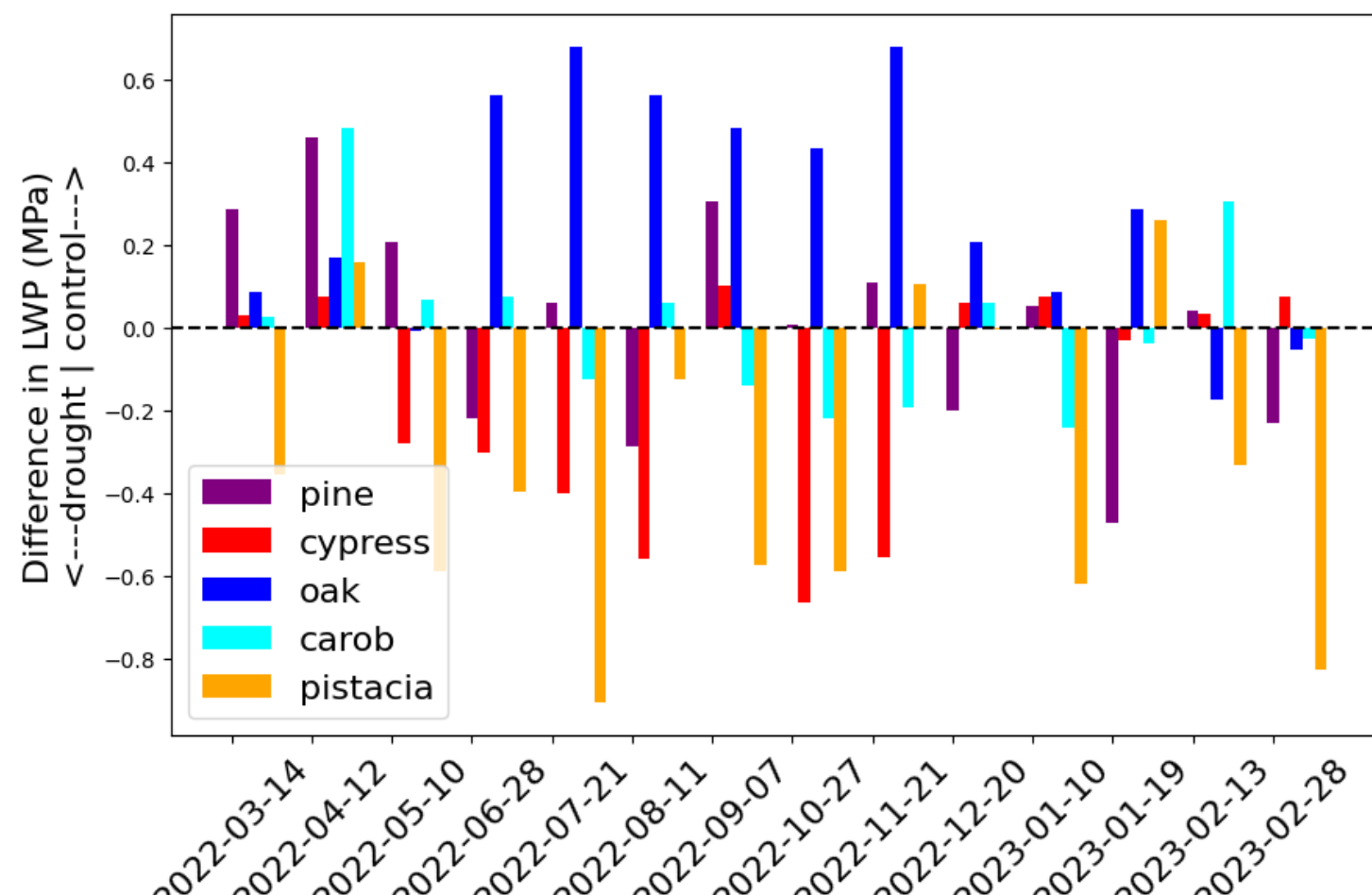
- א. מטריצה המתארת מתאם פירסון בין NDSI לבין LWP.
- ב. מיקוד בתוך אזור בקורלציה גבוהה, למציאת הקורלציה האופטימלית.



## תוצאות

3

### איור 5: הפרשים בין ערכי LWP בביקורת ובהפחתה גשם



בחלק העליון כאשר LWP בביקורת גבוה יותר, ובחלק התחתון כאשר הערך בחלקות ההפחתה גבוה יותר.

Species	P-value	t-test
Cypress	0.700	1: טבלה בין ערכי LWP
Carob	0.497	בחלקות ביקורת
Pine	0.325	והפחתה במינים השונים
oak	0.177	
pistacia	0.350	

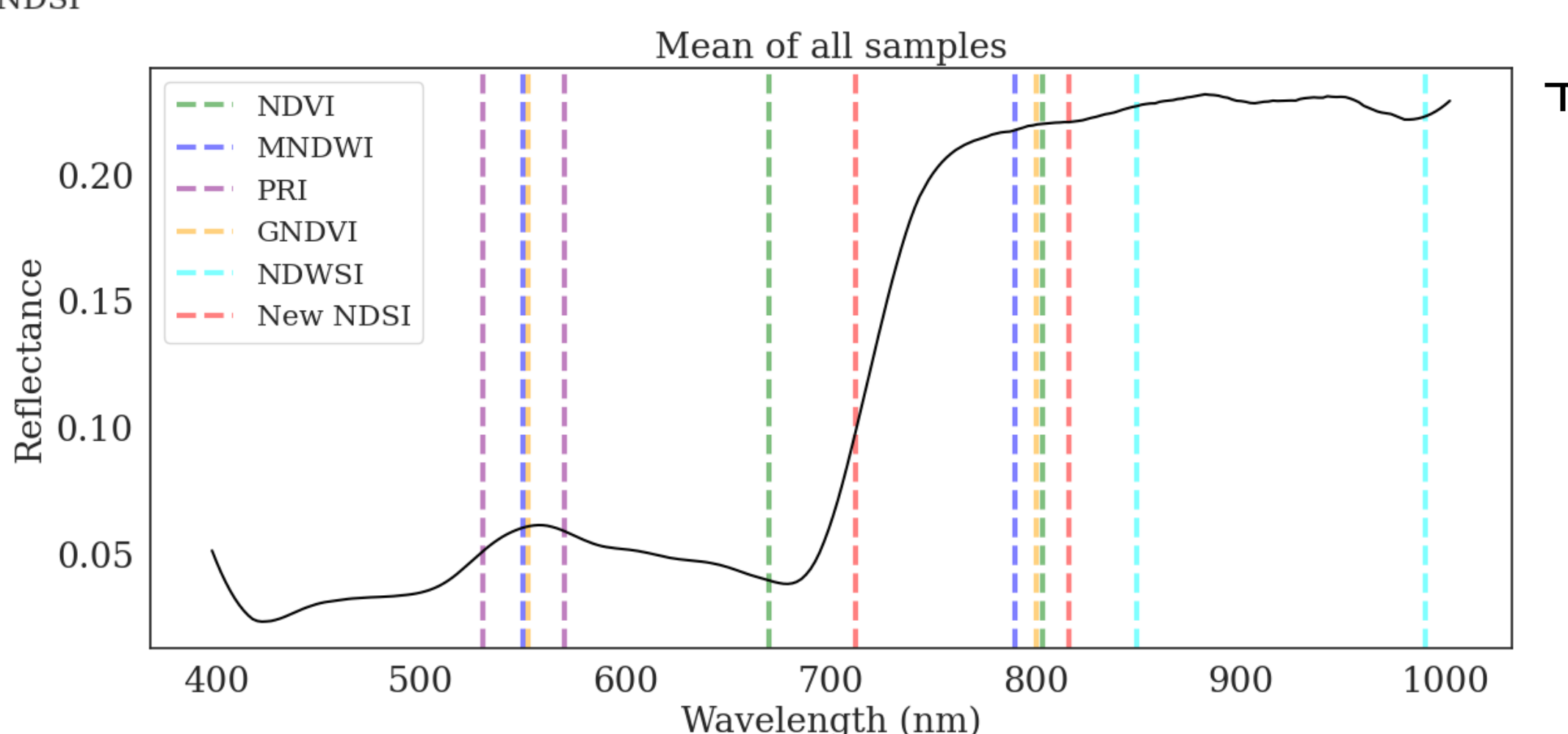
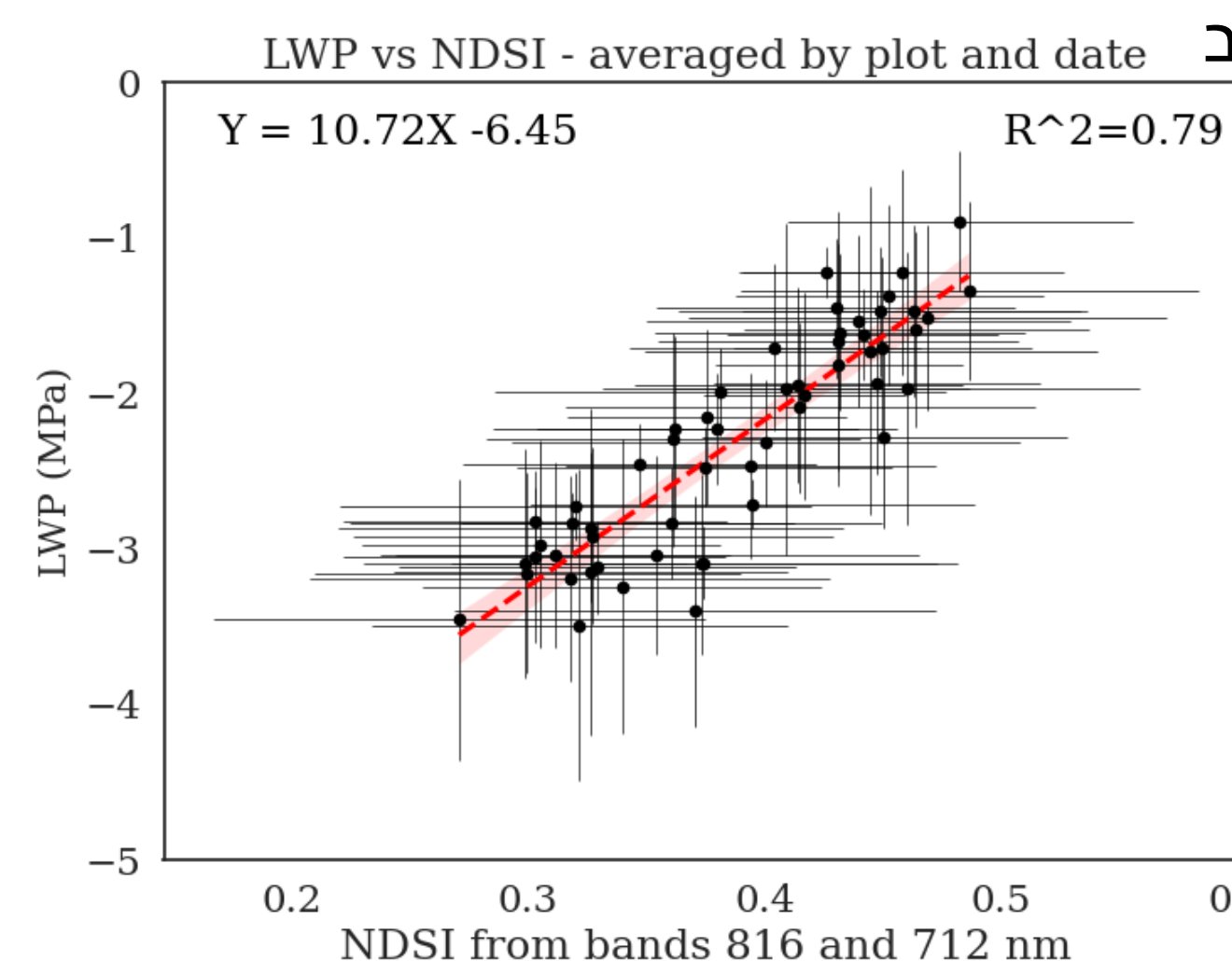
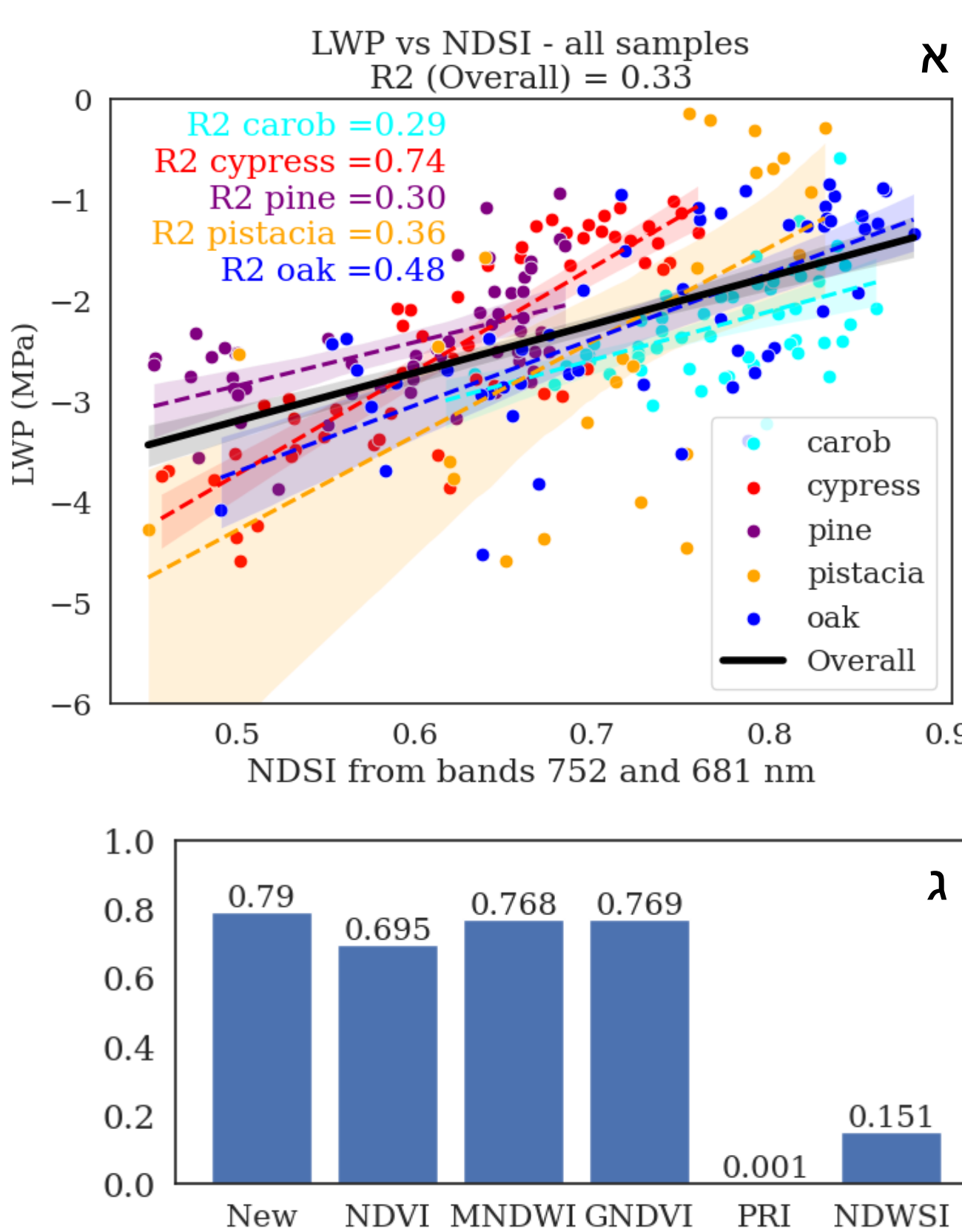
### איור 6: מתאם בין NDSI אופטימלי ל-LWP:

א. רגרסיה ליניארית ומתאם NDSI אופטימלי, בחלוקה למינים שונים ועבור כלל הנתונים, ללא מיצוע.

ב. רגרסיה ליניארית ומתאם NDSI אופטימלי עבור מיצוע של ערכי העצים בכל חלקה בכל תאריך.

ג. ערכי  $R^2$  עבור מדדי NDSI מוכרים מהספרות, לצד הערך המתקבל מהNDSI החדש שנמצא.

ד. מיקום המדדים על גבי גרף חתימה ספקטראלית ממוצע של עצי היער.



## מסקנות

4

1. על אף טיפול הפחתה הגשם, בתקופת הניסוי לא ניתן לזהות הבדל משמעותי בין חלקות הביקורת וההפחתה. ייתכן שהדבר נובע מכך שמערכת הפחתה הגשם לא הצליחה ליצור עקת מים משמעותית, או שעקת המים הזאת לא מתבטאת באופן בולט בLWP.
2. כאשר מתייחסים לכל מין בנפרד, המתאם בין מדדים ספקטראליים לבין LWP נמוך יחסית, ובעל שונות גבוהה בין המינים.
3. לעומת זאת, כאשר מבצעים מיצוע של הערכים עבור כלל המינים בחלקה, מתקבל מתאם גבוה הרבה יותר, המאפשר חיזוי של LWP באמצעות המדד שהתקבל.
4. בשלב הבא של המחקר ייעשה שימוש במודל של למידת מכונה על מנת למקסם את יכולת המודל לחזות LWP באמצעות מדדים ספקטראליים, ולהתאים אותו לחישה באמצעות לויינים.

## References

1. Wang, Z., Sun, Z., & Lu, S. (2020). Optimal vegetation index for assessing leaf water potential using reflectance factors from the adaxial and abaxial surfaces. Computers and Electronics in Agriculture, 172, 105337.
2. Barnes, E.M.; Clarke, T.R.; Richards, S.E. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data. In Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, Bloomington, MN, USA, 16–19 July 2000; Robert, P.C., Rust, R.H., Larson, W.E., Eds.; American Society of Agronomy: Madison, WI, USA, 2000.