

דוח שנתי לתכנית מחקר מספר 277-0318-09

השפעת שינוי אקלים על כושר הנשיאה של השטחים הפתוחים בישראל

The expected effect of climate change on the carrying capacity of rangeland ecosystems in Israel

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני	דוד אונגר
המחלקה לביולוגיה מולקולרית ואקולוגיה של צמחים, הפקולטה למדעי החיים ע"ש ג'ורג' ס. וייז, אוניברסיטת תל-אביב	מרסלו שטרנברג
המכון למדעי הצמח, וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים	חיים קיגל
המכון לחקלאות וביוטכנולוגיה של אזורים צחיחים ע"ש שוחרי צרפת, המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב	ברט בוקן
מו"פ צפון	עמית דולב
פארק רמת הנדיב	ליאת הדר
מרכז מחקר אזורי נה-יער, מינהל המחקר החקלאי	זלמן הנקין
המחלקה לחקלאות חרבה ושטחים פתוחים, מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי	אלי צעדי
היחידה לשימור קרקע וניקוז, מחוז המרכז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר	יצחק בצלאל

Eugene David Ungar, Department of Field Crops of Natural Resources, Institute of Plant Sciences, ARO - the Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan 50250. E-mail: eugene@volcani.agri.gov.il

Marcelo Sternberg, Department of Molecular Biology and Ecology of Plants, The George S. Wise Faculty of Life Sciences, Tel-Aviv University, P.O.B. 39040, Tel-Aviv 69978. E-mail: MarceloS@tauex.tau.ac.il

Jaime Kigel, Robert H. Smith Institute of Plant Sciences and Genetics in Agriculture, Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, P.O.B. 12, Rehovot 76100. E-mail: kigel@agri.huji.ac.il

Bertrand Boeken, French Associates Institute for Agriculture & Biotechnology of Drylands, The Wyler Department of Dryland Agriculture, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede-Boqer Campus 84990. E-mail: bboeken@bgu.ac.il

Amit Dolev, Northern R&D, Agro Innovation Migal, Southern Industrial Area, P.O.B. 831, Kiryat Shmona 11016. E-mail: amit.dolev12@gmail.com

Liat Hadar, Research Department, Ramat Hanadiv Nature Park, P.O.B. 325, Zikhron Ya'akov 30900. E-Mail: liat@ramathanadiv.org.il

Zalmen Henkin, Neve Ya'ar Regional Center, ARO, P.O.B. 1021, Ramat Yishai 30095. E-mail: henkinz@volcani.agri.gov.il

Eli Zaady, Department of Dry Land Farming, Gilat Regional Research Center, ARO, Mobile Post Negev 85280. E-mail: zaadye@volcani.agri.gov.il

Itzhak Bezalel, Soil Conservation Unit, Central District Offices, David Shimoni 35, Hadera 38364. E-mail: ltzhakb@moag.gov.il

נובמבר 2010

כסלו תשע"א

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר:

רשימת פרסומים: אין

תוכן עניינים

3	.....	תקציר
4	.....	מבוא
4	.....	פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו
7	.....	דיון
7	.....	פרסומים מדעיים
7	.....	תודות למממנים
8	.....	סיכום עם שאלות מנחות

תקציר

הצגת הבעיה: האקלים הישראלי צפוי להיות צחיח יותר בעקבות שינויי אקלים ולא ברור ההשלכות של שינויים אלה לגבי השטחים הפתוחים של המדינה כדי להיערך בהתאם. **מטרות המחקר:** לאמוד את ההשפעה הצפויה של שינוי אקלים על כושר הנשיאה של השטחים הפתוחים בארץ, ולבנות מסד נתונים של ייצור ראשוני ואקלים רב-שנתיים מעשרה אתרים לאורך מפל הגשם ולהמשיך במערך הדיגום בכל אתר ואתר. **שיטות העבודה:** נאספו נתוני יבול של צומח עשבוני מעשרה אתרים לאורך מפל הגשם: עין יעקב, יחיעם, כרי דשא, עופר, רמת הנדיב, מטע, אשכולות, להבים, סיירת שקד, ושדה בוקר. כמו כן נאספו נתוני אקלים עבור כל אתר בהתאם לשנים בהן נדגם הצומח. נעשו ניתוחים ראשוניים של קשר אקלים – יבול, הן בתוך אתר והן בין אתרים בהסתכלות רב-שנתית. **תוצאות עיקריות:** עלייה במשקעים לא עוקב במדויק אחרי המיקום של האתר על הגרדיאנט הגיאוגרפי. יש תנודתיות ניכרת בייצור הביומאסה בכל האתרים, אולם התנודתיות משתנה מקום למקום. יש התאמה מאוד טובה בין אשכולות ללהבים, ממצא מעודד לאור העובדה שצוותי המחקר השתמשו בשיטות שונות לקביעת ביומאסה. כאשר מחשבים את ממוצע הביומאסה בשיא העונה עבור כל שנות הניטור של כל אתר ואתר, ומציגים את זה מול כמות המשקעים הממוצעת, מתקבל קשר ברור ואפילו מפתיע מבחינת מידת הקשר. **מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:** יש קורלציה מאוד טובה בין ייצור הביומאסה למשקעים (על בסיס ממוצעים רב-שנתיים) לכל האתרים למעט יחיעם, אשר בו ייצור הביומאסה גבוה מהצפוי. יש לזכור שאלו ניתוחים ראשוניים בלבד וטרם הוכנסו לניתוח גורמים שונים בכל אתר שהשפיעו על הייצור, ביניהם רעיה ודישון. הוכן מודל דינאמי של ימי צמיחה שמתחשב בנתוני גשם יומיים, ומודל זה ייבחן בכל אתר ואתר במהלך השנה השנייה של המחקר.

דו"ח המחקר

מבוא

האקלים הישראלי צפוי להיות צחיח יותר בעקבות שינויי אקלים. צפויים אירועי מזג אוויר קיצוניים יותר, כולל עלייה במספר אירועי גשם קיצוניים. ההבדלים בכמות הגשם בין שנה לשנה צפויים להחריף, עם שנים גשומות מאוד לצד שנות בצורת. צפויה עלייה בטמפרטורה וכן בריכוז CO₂ באטמוספירה. מטרת המחקר היא לאמוד את ההשפעה הצפויה של שינוי אקלים על כושר הנשיאה של השטחים הפתוחים (מרעה, שמורות ופארקים) בארץ. המטרות הספציפיות הן: א. לבנות מודל סטטיסטי ומודל דינאמי של ייצור ראשוני על סמך נתוני צומח ואקלים רב-שנתיים מ-10 אתרים לאורך מפל הגשם, ולחזות את ההשפעה של שינוי אקלים על יבול הצומח העשבוני. ב. לחזות את ההשפעה של שינוי אקלים על תהליכי אובדן משאבים בנגר עילי. ג. לחזות את השפעת שינוי אקלים על איכות המרעה. ד. לחקור את הקשר בין גשם (כמות וחלוקה) ועוצמת הנביטה של צומח חד-שנתי, ואת הקשר בין עוצמת הנביטה ויבול המרעה, בהקשר של שינוי אקלים. ה. לבחון את הקשר בין אקלים לייצור בע"ח (בקר לבשר במרעה). ו. להשתמש במודל ביו-כלכלי של מערכות רעיה כדי לבחון תסריטים רב-שנתיים שונים של יבול ואיכות צומח עשבוני מבחינת ייצור בע"ח (בקר וצאן) ורווחיות. ז. להשתמש במודל הנ"ל כדי להעריך את השפעת שינוי אקלים על כושר הנשיאה של שטחי המרעה באזורים שונים בארץ, ולאמוד את ההשלכות הכלכליות של שינויים אלה לענף גידול בע"ח במרעה.

פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו

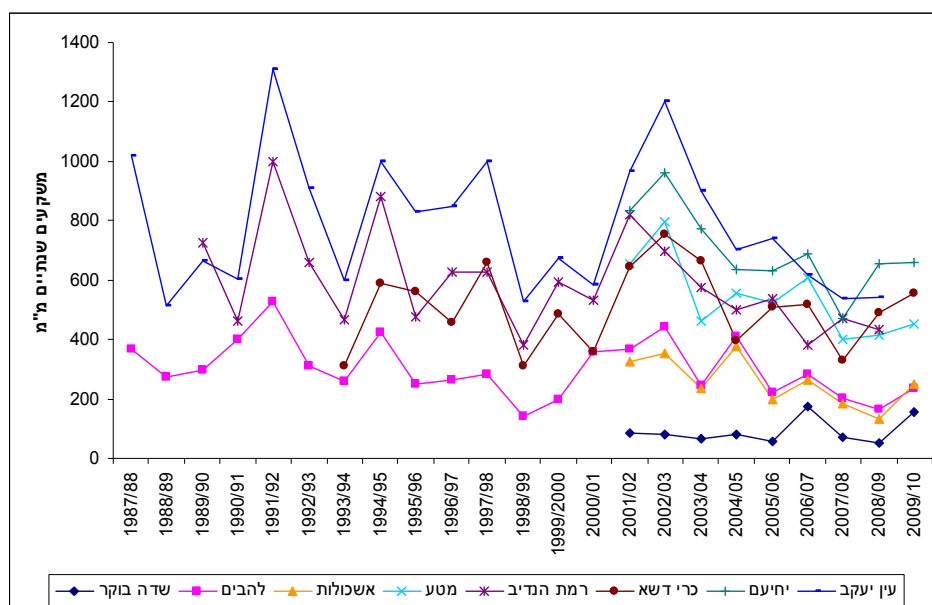
אנו מדווחים כאן על השנה הראשונה של מחדר זה. אבן הפינה של המחקר היא נתונים אמפיריים לגבי ייצור ראשוני בשטחים פתוחים באזורים שונים של הארץ, כלומר, בניית מסד נתונים של ייצור ראשוני. שלב זה של התוכנית התקדם לפי לוח הזמנים שקבענו (למעט עיכוב קל בארגון הנתונים משתי תחנות, וזה יושלם עד סוף 2010). ישנם 10 אתרים, פזורים לאורך מפל הגשם, שבהם התנהל ניטור ארוך טווח של ייצור ראשוני. אספנו את הנתונים ההיסטוריים מכל האתרים למסד נתונים אחד, וגם המשכנו בהרחבת בסיס הנתונים בתקופת המחקר. אספנו את הנתונים המטאורולוגיים שהיו זמינים בכל אתר וזיהינו חורים שנצטרך להשלים על ידי רכישת נתונים מהרשות המטאורולוגית. לגבי נתונים מטאורולוגיים של כל אתר, טבלה 1 מסכמת את המצב כעת. באופן כללי, אנחנו עומדים בלוח הזמנים המתוכנן, אך דרושות עוד המשלמות.

טבלה 1. סיכום נתונים אקלימיים לכל אתר מחקר.

אתר	שנים	טמפרטורה	משקעים
עין יעקב	1988-2010	נתונים עד 2008/09	נתונים עד 2008/09
יחיעם	2002-2009	נתונים עד 2008/09	נתונים עד 2008/09
כרי דשא	1994-2010	נתונים עד 2009/10	נתונים עד 2009/10
עופר	הנתונים טרם התקבלו	הנתונים טרם התקבלו	הנתונים טרם התקבלו
רמת הנדיב	1990-2010	נתונים עד 2009/10.	נתונים עד 2008/09
מטה	2002-2009	נתונים עד 2008/09	חסרים נתוני 2006, ו- 2008/09
אשכולות	2002-2009	חסרים נתוני 2006	חסרים נתונים לשנת 2006
להבים	1988-2009	נתונים עד 2009/10	נתונים עד 2009/10
סיירת שקד	2009-2010 (לא סופי)	הנתונים טרם התקבלו	הנתונים טרם התקבלו
שדה בוקר	2002-2009	נתונים עד 2009/10	נתונים עד 2009/10

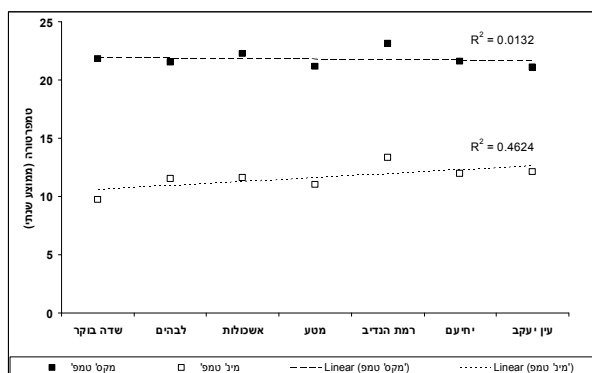
איור 1 מראה את השונות הגבוהה במשטר הגשמים לאורך השנים בתוך אתר, אבל בדרך כלל נשמר הסדר הגיאוגרפי לאורך מפל הגשם.

איור 1. משקעים שנתיים באתרי המחקר (למעט סיירת שקד ועופר)

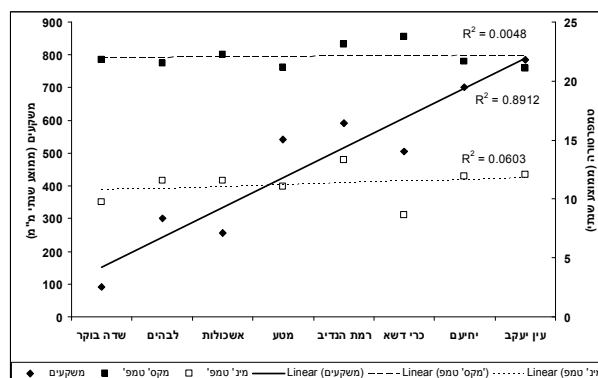


עבור איור 2, חושבו הממוצעים הרב שנתיים של משקעים ושל טמפרטורה, ואלה הוצבו על מערכת צירים לפי מיקום גיאוגרפי: האתרים מסודרים מדרום לצפון. מעניין לראות כי העלייה במשקעים לא עוקב במדויק אחרי המיקום של האתר על הגרדיאנט הגיאוגרפי. בולט במיוחד הוא האתר כרי דשא, אשר בו הטמפרטורות הקיצוניות ביותר מכל האתרים וכמות משקעים נמוכה יחסית למיקום בגרדיאנט הגיאוגרפי. נתונים אלה משקפים את המיקום המזרחי של כרי דשא, רחוק מהים התיכון והשפעותיו הן על כמות המשקעים והן על הטמפרטורה. עוד שני נתונים בולטים הם ההפרשים בכמות המשקעים מאתרים צמודים: להבים (302 מ"מ) לעומת אשכולות (240 מ"מ), ועין יעקב (786 מ"מ) לעומת יחעם (718 מ"מ).

איור 3. נתוני טמפרטורה מכל האתרים מהם הושגו נתונים עד עכשיו, למעט כרי דשא



איור 2. נתונים אקלימיים מכל האתרים שמהם הושגו נתונים עד עכשיו



כאשר מוציאים את כרי דשא, מסתמנת עלייה בטמפרטורת המינימום (של כ-2.4 מעלות צלזיוס) מדרום לצפון, לעומת טמפרטורת מקסימום יחסית אחידה בין כל האתרים (ראה איור 3).

לגבי המאפיינים של מבנה הניסוי ודיגום הביומאסה בכל אתר, טבלה 2 מסכמת את עיקרי המאפיינים. כפי שצוין לעיל, יש צורך להשלים נתונים לגבי שתי תחנות (עופר וסיירת שקד) ואנחנו עוסקים בכך כעת. בניית מסד הנתונים המאוחד צפוי להסתיים בסוף 2010. המבנה יאפשר קליטת נתונים נוספים מכל אתר ואתר עבור השנה השנייה והשלישית של המחקר.

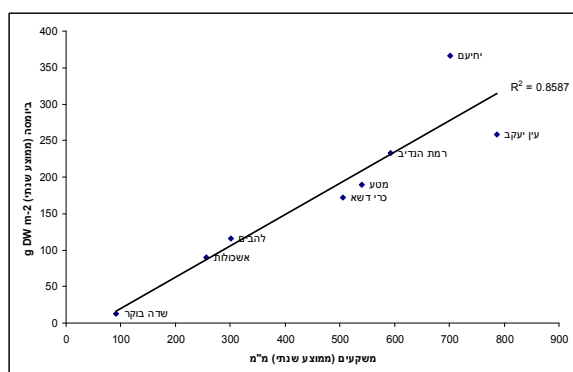
טבלה 2. סיכום מאפיינים של מבנה הניסוי ודיגום הביומאסה בכל אתר

אתר	ביומסה – שנים	טיפולים	גודל חלקות	שיטת דיגום	מספר חלקות	גודל ומספר ריבועים
עין יעקב	1988-2002, 2004-2006, 2009 (רק ביקורת הרביציד), 2010	הרביציד וזרחן עם אינטרקציות; 7 טיפולים	10 X 10 מ"ר	שיא העונה	5 חלקות בכל טיפול = 35 חלקות	25 X 25 ס"מ; 5 בכל חלקה
יחיעם	2002-2004, 2006-2009	אין	5 דונם	שיא העונה	5 חלקות בכל טיפול	20 X 20 ס"מ; 10 בכל חלקה
כרי דשא	1994-2010	רעייה – 3 לחצי רעייה ו-2 עונות רעייה; 6 טיפולים וביקורת	רעייה – 100-300 דונם; ביקורת – 3-21 דונם	שיא העונה	12 עם רעייה, 2 ביקורות. 1994-2010: 15 חז' ברעייה. 1994-2002: 20 חז' בביקורת. 2003-2004: 25-26 חז' בביקורת. 2005-2010: 20 חז' בביקורת	25 X 25 ס"מ; 20 בכל חזרה
עופר	טרם התקבלו	אין רעייה לפני מועד הדיגום				
רמת הנדיב	1990-2009	רעייה – 9 בתי גידול; לא כולם עשבונים. עבור 3 בתי גידול קיימת גם חלקת ביקורת	אין מדידות מדויקות. הגודל משתנה בין עשרות למאות דונמים לחלקה.	מספר פעמים במשך העונה	חלקה אחת לכל בית גידול; מספר מועדי הדיגום נע בין 4-7	25 X 25 ס"מ; 10 בכל בית גידול בכל מועד דיגום
מטה	2002-2004, 2006-2009	גשם – השקיה, בצורת וביקורת	15 דונם	שיא העונה	5 חלקות בכל טיפול	20 X 20 ס"מ; 10 בכל חלקה
אשכולות	2002-2004, 2006-2009	גשם – השקיה, בצורת וביקורת	15 דונם	שיא העונה	5 חלקות בכל טיפול	20 X 20 ס"מ; 10 בכל חלקה
להבים	1988-2009	רעייה – 4 בתי גידול ו-3 מרחקים מהמכלאה. גדורות ללא רעייה מעונת 1993/94	רעייה חפשית בכל השטח; גדורות ללא רעייה	מספר פעמים במשך העונה	אין חלקות. מספר מועדי הדיגום אינו קבוע ונע בין 5 ל-15. גדורות ללא רעייה בגודל 10 X 10 מ' (מ-1993/94) וגם 5 X 10 מ' (מ-1994/95, ומ-1995/96).	25 X 25 ס"מ; 8-30 בכל חזרה (קציר), ~100 בכל חזרה (אומדן עין)
סיירת שקד	2009-2010 – לא סופי	אין	אין חלקות: יש מרובעים מוגדרים של 6 X 6 מ'	שיא העונה	27 מרובעים בכל השטח	10 X 10 ס"מ; 3 בכל מרובע (2009) או 2 בכל מרובע (2010)
שדה בוקר	2002-2004, 2006-2009	אין	5 דונם	שיא העונה בלבד	5 חלקות בכל טיפול	20 X 20 ס"מ; 20 בכל חלקה

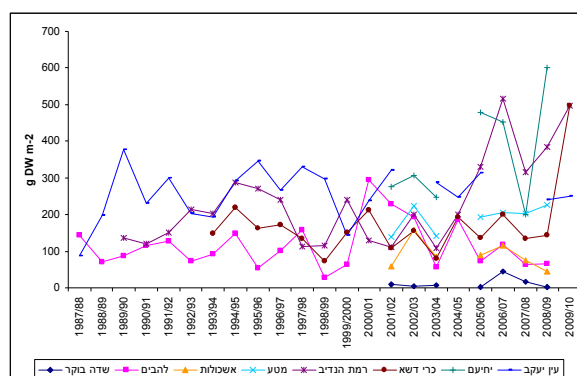
בין האתרים מהם קיבלנו נתוני ביומאסה, ישנם 6 אתרים עם ביומאסה משיא העונה ו-2 אתרים עם מספר דיגומים של ביומאסה במשך העונה (רמת הנדיב, להבים). בשני אתרים אלה, לפעמים קשה לבחור את מועד הדיגום שמשקף נכון את שיא העונה, במיוחד כאשר אין התאמה ביצרנות בין חלקות תחת רעייה וחלקות סגורות (ביקורת). טרם קבענו מדיניות בנושא זה, ונצטרך עוד להתמודד איתו בהמשך המחקר. איור 4 מראה סיכום של ייצור ביומאסה מכל האתרים נכון לעכשיו. יש תנודתיות ניכרת בייצור הביומאסה בכל האתרים, אולם התנודתיות משתנה מקום למקום. יש התאמה מאוד

טובה בין אשכולות ללהבים, ממצא מעודד לאור העובדה שצוותי המחקר השתמשו בשיטות שונות מאוד בשטח לקביעת ביומאסה. כאשר מחשבים את ממוצע הביומאסה בשיא העונה עבור כל שנות הניטור של כל אתר ואתר, ומציגים את זה מול כמות המשקעים הממוצעת, מתקבל קשר ברור ואפילו מפתיע מבחינת מידת הקשר. יש קורלציה מאוד טובה בין ייצור הביומאסה למשקעים (על בסיס ממוצעים רב-שנתיים) לכל האתרים למעט יחיעים, אשר בו ייצור הביומאסה גבוה מהצפוי.

איור 5. ביומאסה ממוצעת כפונקציה של כמות המשקעים ממוצעת



איור 4. ייצור ביומאסה בשמונה אתרי מחקר לאורך השנים (שיא עונה)



דין

בהתאם לתוכנית המחקר, השנה הראשונה של מחקר זה הוקדש בעיקר להקמת בסיס נתונים של נתוני אקלים וייצור ראשוני מעשרה אתרים לאורך מפל הגשם בישראל. מטרה זו הושגה כמעט לגמרי, ואנחנו צפויים לקבל את החומר החסר, ולשלב אותו ביתר הנתונים, עד סוף 2010. התחלנו את השלב של בניית מודל סטטיסטי ומודל דינאמי של ייצור ראשוני על סמך נתוני צומח ואקלים רב-שנתיים. בינתיים המודל הדינאמי הופעל על נתוני ייצור ראשוני של להבים, והתוצאות הראשוניות לא הראו יתרון בהסבר שונות בייצור ראשוני לעומת רגרסיה פשוטה עם גשם שנתי. אבל יש עדיין עבודת טיוב נתונים לפנינו, ומשוואת הכיול של קביעת ביומאסה גם עברו שדרוג מאז. הניסוי של השפעת שינוי אקלים על איכות המרעה מתקדם כמתוכנן, ובשנה ב' של המחקר נתחיל בעבודת הניתוח. הניסוי בנושא הקשר בין גשם (כמות וחלוקה) ועוצמת הנביטה של צומח חד-שנתי, ואת הקשר בין עוצמת הנביטה ויבול המרעה, מתקדם כמתוכנן באתר להבים. יש תוצאות ראשוניות טובות מאוד שמראות קשר חזק בין עוצמת הנביטה לבין כמות הגשם המצטברת עד למועד הדיגום. נדווח על זה בדו"ח השנתי הבא. במקביל התחלנו לבנות מודל ביו-כלכלי של מערכות רעיה כדי לבחון תסריטים רב-שנתיים שונים של יבול ואיכות צומח עשבוני מבחינת ייצור בע"ח (בקר וצאן) ורווחיות. בהמשך נשתמש במודל הנ"ל כדי להעריך את השפעת שינוי אקלים על כושר הנשיאה של שטחי המרעה באזורים שונים בארץ, ולאמוד את ההשלכות הכלכליות של שינויים אלה לענף גידול בע"ח במרעה.

פרסומים מדעיים

טרם התפרסמו תוצאות המחקר.

תודתנו לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות שמימן את המחקר.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה. לאמוד את ההשפעה הצפויה של שינוי אקלים על כושר הנשיאה של השטחים הפתוחים (מרעה, שמורות ופארקים) בארץ. המטרות הספציפיות לתקופת הדו"ח הן: לבנות מסד נתונים של ייצור ראשוני ואקלים רב-שנתיים מ-10 אתרים לאורך מפל הגשם ולהמשיך במערך הדיגום בכל אתר ואתר.

עיקרי הניסויים והתוצאות. אבן הפינה של המחקר היא נתונים אמפיריים לגבי ייצור ראשוני בשטחים פתוחים באזורים שונים של הארץ, כלומר, בניית מסד נתונים של ייצור ראשוני. נאספו נתוני יבול של צומח עשבוני מ-10 אתרים לאורך מפל הגשם: עין יעקב, יחיעם, כרי דשא, עופר, רמת הנדיב, מטע, אשכולות, להבים, סיירת שקד, ושדה בוקר. כמו כן נאספו נתוני אקלים (בעיקר גשם וטמפרטורה) עבור כל אתר בהתאם לשנים בהן נדגם הצומח. נעשו ניתוחים ראשוניים של קשר אקלים – יבול, הן בתוך אתר והן בין אתרים בהסתכלות רב-שנתית. עלייה במשקעים לא עוקב במדויק אחרי המיקום של האתר על הגרדיאנט הגיאוגרפי. בולט במיוחד הוא האתר כרי דשא. נתונים אלה משקפים את המיקום המזרחי של כרי דשא, רחוק מהים התיכון והשפעותיו הן על כמות המשקעים והן על הטמפרטורה. כאשר מוציאים את כרי דשא, מסתמנת עלייה בטמפרטורת המינימום מדרום לצפון, לעומת טמפרטורת מקסימום יחסית אחידה בין כל האתרים. בין האתרים מהם קיבלנו נתוני ביומאסה, ישנם ששה אתרים עם ביומאסה משיא העונה ושני אתרים עם מספר דיגומים של ביומאסה במשך העונה (רמת הנדיב, להבים). בשני אתרים אלה, לפעמים קשה לבחור את מועד הדיגום שמשקף נכון את שיא העונה, במיוחד כאשר אין התאמה ביצרנות בין חלקות תחת רעייה וחלקות סגורות (ביקורת). יש תנודתיות ניכרת בייצור הביומאסה בכל האתרים, אולם התנודתיות משתנה מקום למקום. יש התאמה מאוד טובה בין אשכולות ללהבים, ממצא מעודד לאור העובדה שצוותי המחקר השתמשו בשיטות שונות מאוד בשטח לקביעת ביומאסה. כאשר מחשבים את ממוצע הביומאסה בשיא העונה עבור כל שנות הניטור של כל אתר ואתר, ומציגים את זה מול כמות המשקעים הממוצעת, מתקבל קשר ברור ואפילו מפתיע מבחינת מידת הקשר.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. יש קורלציה מאוד טובה בין ייצור הביומאסה למשקעים (על בסיס ממוצעים רב-שנתיים) לכל האתרים למעט יחיעם, אשר בו ייצור הביומאסה גבוה מהצפוי. יש לזכור שאלו ניתוחים ראשוניים בלבד וטרם הוכנסו לניתוח גורמים שונים בכל אתר שהשפיעו על הייצור, ביניהם רעיה ודישון. הוכן מודל דינאמי של ימי צמיחה שמתחשב בנתוני גשם יומיים, ומודל זה ייבחן בכל אתר ואתר במהלך השנה השנייה של המחקר. בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה. אין.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח. טרם החלה.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)