

דוח על תוכנית מדען 261-0918-11

מחקרי היתכנות לבחינת רעיונות חדשים

השפעתו של שדה מגנטי סטטי חלש על נביטה והשרשה של צמחי תועלת

**Effects of stationary magnetic field treatment on germination and
rooting of cash crops**

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות

על ידי:

ידידיה גפני - גנטיקה, המכון למדעי הצמח, מרכז וולקני, בית דגן

יורם דגן – בית הספר לפיסיקה, אוניברסיטת תל אביב

Yedidya Gafni, A.R.O., The Volcani Center, Bet Dagan 50250,
ygafni@volcani.agri.gov.il

Yoram Dagan, School of Physics, Tel Aviv University
yodagan@post.tau.ac.il

נובמבר 2013

כסליו תשע"ד

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא



חתימת החוקר:

רשימת פרסומים: אין

תקציר מדעי

הצגת הבעיה: רעיון ההשפעה של שדות מגנטיים על יצורים ביולוגיים איננו חדש אך טרם נבדקה השפעתו על צמחי תועלת בצורה אמינה הבודקת שינוי לא רק בפנוטיפ אלא גם בביטויי גנים. אין בנמצא עד כה גם סקר מסודר של הידוע בתחום ולשם מטרות אלו כונן פרויקט זה.

מהלך ושיטות: בשנת המחקר (הוקצבה שנה אחת בלבד) יצרנו בסיס נתונים מסודר המהווה את עיקר הדוח. כמו כן, החילונו בהכנת מכשור לבדיקת חומרים הנמצאים בצמח המושפעים משדה מגנטי (susceptibility assay) מחד, ובהמשך נתחיל תהליך של איתור גנים שפעולתם מושפעת משדות אלו מאידך. חלק מניסויים אלו יבוצעו כבר מן הסתם מחוץ למסגרת הזמן והתקציב של תוכנית בדיקת היתכנות זו. במידה והניסויים לא יאששו מימצאים המדווחים בספרות ולא תמצא השפעה, תופסק התוכנית לאלתר.

תוצאות עיקריות: התוצאה העיקרית המוצגת בדוח זה הוא הסקר הרחב מאד שבוצע ויצירת בסיס הנתונים לבדיקת היתכנות ההשפעות של שדה מגנטי על גידולי תועלת.

מבוא

למוד ההשפעות של שדה מגנטי על ייצורים חיים החלו כבר בסוף המאה התשע עשרה וביתר מרץ במהלך המאה העשרים. במהלך השנים דווח בעיקר על תצפיות של השפעות שדות מגנטיים בתנאים שונים על מערכות ביולוגיות ללא הסבר מכניסטי ממוקד ובר הוכחה. אולם, בשנים האחרונות החלו מדענים ליישר את ההדורים תוך התמקדות במספר מנגנונים אפשריים להסבר ההשפעה של השדה המגנטי ובתוך כך ליישם ידע זה לטובת הרפואה והחקלאות.

בעולם החקלאי טפולים מוקדמים בזרעים על ידי כימיקלים מוכרים ומיושמים כבר זמן רב ומגבירים את איכות הנביטה ואיכות הצמח המתפתח ובהמשך הגברה ביבולים ואיכותם. בספרות יש כבר עתה עדויות לכך שטיפול בזרעים טרם הנבטה בשדות מגנטיים בעוצמות שונות (בתלות בגידול) השפיעו חיובית על פרמטרים חקלאיים שנמדדו בהמשך כגון אחוזי נביטה, אורכם של שורשים, גובה הצמחים המתפתחים ובהמשך כמות וטיב היבול המתקבל.

החל משנות הששים נצפו השפעות של שדה מגנטי סטטי על הגברת נביטה של זרעי תירס (Pittman 1965; Florez, Carbonell et al. 2007; Aladjajiyan and Ylieva 2003;); אחרים מצאו השפעות כאלו ודומות על זרעי פשתן, חמניות ועוד (Gubbels 1982).

בעגבניות נעשתה עבודה מעניינת שפורסמה ב *Nature* המצביעה על השפעת שדה מגנטי על הבשלת הפרי (Boe and Salunkhe 1963) וכן פורסמה עבודה על האצת הנביטה בהשפעת שדה מגנטי (Moon and Chung 2000).

מטרות המחקר

1. הכנת בסיס נתונים מתוך סקר נרחב על הידוע כיום על השפעות שדות מגנטיים על צמחים.
2. בניית מתקן מתאים ליצירת שדות מגנטיים איליו יוכלו להכניס מגשי צמחים.
3. ניסויים להשפעת שדה מגנטי על נביטה של זרעים שונים.
4. בדיקת החומרים המצויים בצמח שעשויה להיות להם תגובה לשדה מגנטי.
5. מדידה של תגובת מבנים בריקמת הצמח לשדה מגנטי.
6. השפעת השדה המגנטי על ביטויים של גנים בעגבנייה לאחר נביטה.

תוצאות

נתוח השפעתו של שדה מגנטי סטטי חלש על נביטה והשרשה של צמחי תועלת

- סקר ספרות

1. מבוא

רשימה ביבליוגרפית

תחום הטיפול בשדה מגנטי לצורך שיפור הנביטה והיבול של צמחי תועלת, הולך ותופס מקום חשוב בספרות המקצועית. אם בסוף המאה הקודמת התפרסמו כמה עשרות מאמרים בנושא, היום ניתן למצוא בספרות אלפי מאמרים בנושא עצמו ובנושאים הקשורים בו. לצורך סקר ספרות יעיל, נבחרו מאמרים מייצגים מנושאי המחקר השונים בתחום וחולקו לשתי קטגוריות עיקריות: כאלה הקשורים ישירות לנושא המחקר הנוכחי וכאלה הקשורים אליו בעקיפין (במהלך סקר הספרות נוצרה "תנועה" של מאמרים מקבוצה אחת לרעותה, לפי העניין). הטקסונומיה הנקוטה בסקר זה מסמנת כל מאמר בשתי האותיות הראשונות של שם המשפחה של המחבר הראשון ובשתי האותיות האחרונות של השנה בה התפרסם, לדוגמא: AL-02 (מחברת בשם *ALADJADJIYAN* ושנת פרסום 2002). אם קיים יותר ממאמר אחד בעל אותה טקסונומיה, נוספת אות קטנה באנגלית לפי הסדר: *AL-12a*, *AL-12b*, *AL-12c*. לצורך נוחות ההתמצאות, הוגדרו סימנים וצבעים המקלים על הניווט ברשימה:

1.1.1. מאמרים הקשורים ישירות לתחום, לדוגמא:

AL-02 STUDY OF THE INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON SOME BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ZEA MAIS - *ALADJADJIYAN A.* – Journal of Central European Agriculture, 3 (2), 89-94, 2002

הפריט מורכב מארבעה חלקים: הטקסונומיה (AL-02), כותרת המאמר, שם המחברים (בפונט וצבע שונים) ומידע לאיתור המאמר (מספר הכרך בפונט מודגש). מאמרים אלה מודפסים על נייר ומתויקים בתקיית המחקר. מאמר שרק חלק ממנו מודפס (בד"כ רק התקציר), המידע לאיתורו מסומן בצהוב:

AF-12 Magnetic stimulation of marigold seed - *I. Afzal, K. Mukhtar, M. Qasim, S.M.A. Basra, M. Shahid, Z. Haq* - *International Agrophysics*, 26,4, 335–339, 2012

מאמר החסר לחלוטין (גם לא תקציר), המידע לאיתורו מסומן באפור:

GA-05 Magnetoreception in plants - *Paul Galland, Alexander Pazur* - *Journal of Plant Research* 118, 6, 371-389, 2005

1.2. היקף ומבנה הסקר

הסקר הנוכחי אינו מקיף את כל המאמרים בתחום מפאת העבודות הרבות שבוצעו ומגבלות החיפוש. המאמרים הנסקרים הם בעיקר עבודות מייצגות של קבוצות מחקר בולטות בתחום.

הסקר מתייחס בעיקר לשלב הראשון בהצעת המחקר : אימות ואיפיון ההשפעה החיובית של השדה המגנטי על הנביטה, הצמיחה והיבול של עגבניות מסוג money-maker.

כמו כן, מתמקד הסקר בפרמטרים שנבחרו בהצעת המחקר (GA-11) : שדה מגנטי סטטי של עשיריות טסלה, זרעי עגבניות ומשכי הקרנה של עד עשרות דקות.

החלקים העיקריים בסקר :

- 1.2.1. רשימה ביבליוגרפית
- 1.2.2. סקירת המאמרים לפי 4 קבוצות שיוך
- 1.2.3. סיכום סטאטיסטי של הסקר
- 1.2.4. טבלה מסכמת של הניסויים שתוארו במאמרים
- 1.2.5. סיכום הסקר

2. עבודות מוקדמות (עד שלהי המאה העשרים)

השפעת שדה מגנטי על נביטת חיטה נחקרה כבר ב- 1930 ע"י Savostin וב- 1942 ע"י Murphy. ב- 1964, דיווח Akoyunoglou על הגברת פעילות מספר אנזימים עקב חשיפה לשדה מגנטי. נושא זה נחקר ע"י מדענים רבים. Dyal & Singh, ב- 1986 מצאו גידול בגובה ובמספר הענפים בעגבניות שזרעיהן נחשפו ל- 0.015 עד 0.155 טסלה. המאמר (DA-86) נכתב ע"י שני חוקרים מהודו.

בשנת 1962 פורסם מאמר ריווי אמריקאי בנושא :

DA-62 BIBLIOGRAPHY OF THE BIOLOGICAL EFFECTS OF MAGNETIC FIELDS -

Davis, L. D., Jacobius, A. J. Pappajohn, K. Plavnieks, I. M., Spiegler, P. E. -

Library of Congress; Science And Tech. Div.; Washington, DC, United States, 41p, 1962

בחן המאמר המלא (ריווי)

ניסויי גידול (שמרים) תחת שדה מגנטי התפרסמו עוד משנות השלושים, כגון מאמר אמריקאי על גידול שמרים תחת שדה מגנטי (KI-38).

אחד המאמרים (אמריקאי) המוקדמים בנושא השפעת שדה מגנטי על צמחים, התפרסם בצורת מכתב למגזין Nature (BO-63). המאמר מתאר השפעת שדה מגנטי על הבשלת עגבניות ירוקות בתא הבשלה. עגבניות ירוקות נחשפו ל-4 מגנטים קבועים of "considerable strength", כך שקשה לאמוד את עוצמת השדה שהופעה. נצפו הבשלות מהירות יותר עד כדי עשרות אחוזים בעזרת צבע העגבניה. המאמר טוען כי אפקט זה היה יותר חזק ליד הקוטב הצפוני של השדה (אך אינו מציין אם זה ביחס לשדה הגיאומגנטי).

הועלו שלוש השערות בנוגע לסיבת התופעה :

- א - תכונת השדה המגנטי דומה לזה של חורמון גדילה (או האצת פעולת ההורמון).
- ב - הפעלה או האצת מערכת האנזימים.
- ג - ייצור רדיקלים מאיץ את מחזור הנשימה של הצמח.

(PI-63) הוא מאמר קנדי המתאר זרעי דגנים (חיטה, שעורה, שיבולת שועל, שיפון ופשתן) שנבטו וצמחו מהר יותר כשנחשפו לשדה מגנטי במקביל לקווי השדה.

ב- 1965 נחשפו בתחנת מחקר ממשלתית, באלברטה קנדה, זרעי תירס יבשים ושתילי תירס ושעועית לשדה מגנטי "large permanent magnet" כאשר נמצא כי לאוריינטציה החשיפה (כיוון) ולטמפרטורה (PI-65) יש השפעה על אורך הנבט.

תריסר שנים אח"כ, מצא אותו מחבר (U. J. PITTMAN) כי טיפולים מגנטיים מקדימים בזרעי שעורה וחיטה הגבירו את היבול ב-65% מהמקרים, אך לא בזרעי שיבולת שועל. נראה שעתי הטיפולים, עצמות השדה וצורתו לא השפיעו משמעותית (PI-77).

ב- 1978, נבדקה בקנדה ע"י Gusta et. al., השפעת טיפול מגנטי (0-400 mT), על זרעים יבשים של חיטה, שעורה ושיבולת שועל ולא נמצאה שום השפעה על נביטה וצמיחה. חשיפת זרעי שעורה מושרים הביאה אפילו להקטנת קצב הצמיחה (GU-78).

מחקר קנדי אחר (Gubbels) בדק השפעות שדה מגנטי של מאיות טסלה, לזמן קצרצר על נביטת זרעים יבשים של פשתן, כוסמת, חמניה ושעועית עם תוצאות לא עקביות (GU-82).

בהמשך לעבודות קודמות (מצוטטות 17) שחקרו השפעות שדות מגנטיים וחשמליים על נביטה (מעל 10% שיפור מתירס וחיטה) ומחקרים על זרעי אורז, סויה ופלפל אדום, בהם השיפור בנביטה היה נמוך ביחס לשיפור של זרעי עגבניות - ואת המנגנונים האפשריים הגורמים לכך, בדקה עבודה קוריאנית (MO-00), השפעות שדות זרמי חילופין חשמליים (4-12 kv/cm) ומגנטיים (0.0003-0.1 טסלה) בעוצמות ומשכי זמן שונים (15-60 שניות בשלושה מחזורי חשיפה) על זרעי עגבניות לקביעת התנאים האופטימליים להאצת הנבטה. לפני החשיפות, הזרעים אוחסנו לחודש באינקובטור ב-4 מעלות צלסיוס ו-50% לחות כדי להשוות תנאי לחות. ההנבטה התבצעה ב-20 מעלות צלסיוס 75% לחות. נמצאה האצה בנביטה בפקטור 1.1 - 2.8. (עם זאת, חלה האטה בנביטה בשדה חשמלי מעל 12 kv/cm ומשך הפעלתו מעל 60 שניות). תוצאות החשיפה לכל שדה (חשמלי ומגנטי) בנפרד, מוצגות בפירוט רב, לפי עוצמות, זמני חשיפה וזמני הנבטה (incubation time). תוצאות הנביטה מצביעות על עלייה הדרגתית בנביטה (% מכל הזרעים) ב-5 ימים הראשונים, עלייה מהירה בימים השישי והשביעי והגעה לרווייה (95% מהזרעים) אחרי כן. בחשיפות הנמוכות של 0.0003 ו-0.001 טסלה, % הנביטה גבר לאט, אבל כשהחלה הנביטה % הנביטה גבר מהר עד לרווייה. בחשיפות הגבוהות של 0.03 ו-0.1 טסלה, אחוז הנביטה עלה משמעותית אבל באופן לא יציב, ללא הגעה לרווייה ביחס לעוצמה וזמן החשיפה. הגברת אחוז הנביטה בולטת ביותר ביום החמישי עד כדי פי 3.5 ועד כדי פי 1.3 ביום השישי והשביעי.

כתוצאה מהחשיפות לשדה החשמלי והמגנטי, ניתן להשיג אחוז נביטה גבוה יותר ולקצר ביותר מיום אחד את משך ההנבטה.

חשיפה לא שגרתית (10 טסלה, שני סדרי גודל מעל העצמה המקובלת) דווחה במאמר יפני (HI-99), בו נחקרו השפעות שדה מגנטי לא-אחיד על נביטת מלפפון.

הפרסום (WO-95) הוא פרק 93 (מתוך ספר על חידושים במחקרי זרעי buckwheat) שכתב חוקר פולני מאוניברסיטת לובלין. המאמר מתחיל בסקירה הסטורית של המאמצים להגברת ייצור המזון בעולם. שימוש בשדה מגנטי אינו כה נפוץ לעומת שדה חשמלי, העניין בו הולך ומתרחב.

ניתן לחלק מחקרים ניסויים בנושא לשלוש קבוצות : הנבטת זרעים תחת שדה מגנטי, חשיפת זרעים לשדה מגנטי טרם זריעה והשרייה או השקיית זרעים במים שטופלו בשדה מגנטי.

בסוף הסקירה הביבליוגרפית, מוזכרים שני מאמרים בשפה הצ'כית ואחד בשפה הרוסית, על שימוש בשדה מגנטי חזק וחלש:

Ruml M., Rumlova L., Stanek Z.: The use of strong magnetic fields for the pre – sowing treatment of seed. Zem d. Techn. 1981, 27 (10), 623 - 628 (in Czech).

Rumlova L., Ruml M., Bro F., Stanek Z.: Pre - sowing seed exposure to weak magnetic fields. Zem d. Techn. 28 (3), 155 - 166 (in Czech).

Shiyan L. T.: Effect of stationary magnetic field on germination, growth and yield of agricultural plant. Elektr. Obrob. Mat. 1979, 1, 67 - 70 (in Russian).

בניסוי עצמו, נחשפו זרעי buckwheat לשדה של 30 mT למשך של עד דקה. שלב התפתחות הצמח לא הושפע מהטיפול המגנטי. התוצאות מראות שיפור קל בצמיחה, במסת הצמח וביבול.

במחקר של (PI-96), שנערך באוניברסיטת לובלין, פולין, נבדקה השפעת זמני ההשהיה בין החשיפה לשדה המגנטי והזריעה ושל כיוון (מקביל או מאונך) הזרעים בתוך השדה המגנטי (לא נמצאה השפעה של הכיוון על היבול והחלבון) על נביטת, יבול ותכולת חלבון של חיטה. התוצאות הטובות ביותר התקבלו עבור זמן זריעה של 10 ימים (אין להמתין יותר משבועיים).

תופעת השפעת כיוון השדה המגנטי הקבוע על נביטה וצמיחה של זרעים נקראת מגנטוטרופיזם (תופעה מוכרת ביחס לכדור"א). (AU-60), (PI-63), (PI-71) ואחרים הראו כי שורשי הצמח מגיבים לעצמה וכיוון השדה המגנטי.

הופעל שדה מגנטי משתנה לפני הזריעה, בעצמה של 30 mT שהיא מנה של 720 ג'אול מטר מעוקב לשנייה. התוצאות הטובות ביותר התקבלו עבור זמני המתנה מחשיפה לזריעה של 6-10 ימים (יבול של 65% יותר).

המחקר (PO-04), נערך בפולין ע"י 3 חוקרים שבדקו יעילות טיפול מגנטי על שני סוגי שעועית ומצאו השפעה חיובית על הנביטה הצמיחה והיבול. מתחילת המאה ה-21, ניתנה תשומת לב הולכת וגדלה לגידול ייצרני של צמחי תועלת עם בטיחות סביבתית. הנוהג לטפל בזרעים האופן כימי מזיק לסביבה ולכן הוחל בטיפולים תחליפיים של גורמים פיזיקליים אשר משנים תהליכים פיזיולוגיים בזרעים, מגדילים חיות ותורמים להתפתחות הצמח. תשומת לב מיוחדת ניתנת לשדה המגנטי המסוגל להאיץ תהליכים בזרע ובצמח. חשיפות השדה המגנטי (מאלקטרומגנט) : $10,750 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s}$ (30 mT למשך 15s), ו- $8,5978 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s}$ (85mT למשך 15s).

התוצאות הושפעו חזק משינויי מזג אויר ששיבשו את השפעת השדה המגנטי, אך עם זאת ניתן להסיק שהשפעתו על הנביטה והצמיחה היתה חיובית, אם כי מתונה יותר ביחס לספרות.

נמדדה השפעה משמעותית על היבול, אם כי לא בשלב התפתחות הצמח.

המאמר הסיני (YA-01), מדווח על טיפול בשדה מגנטי (100-500 mT), למספר סוגי זרעי חיטה המשפר פעילות אנזימטית, נביטה, צמיחה, יבול, מסה, הגדלת שטח עלים ותכולת כלורופיל.

החל משנת 2000 בערך, נצפית עלייה תלולה בכמות המחקרים שהתפרסמו בנושא. בד בבד, גם הפרמטרים המופיעים במחקרים מקבלים הגדרות מדעיות יותר (כמו מידת החשיפה, זמנים, תכונות שנמדדו ועוד) ומתבלטת התופעה של מעבר ממחקרים ספוראדיים להתגבשות קבוצות מחקר המבצעות עבודה סיסטמטית בנושא.

3. קבוצת המחקר הספרדית

קבוצת המחקר הבולטת ביותר בסקר הנוכחי היא ללא ספק "הקבוצה הספרדית" מהאוניברסיטה הפוליטכנית של מדריד, אשר הניחה תשתית מחקרית מרשימה, בעיקר בהיבט האמפירי-נסיוני של הנושא.

הקבוצה התמקדה בבדיקת השפעת שדה מגנטי סטטי, במיוחד בתחום mT 125-250, למשכי זמן שונים, על פרמטרי הנביטה והצמיחה של צמחי תועלת שונים. לעתים נוספה לבדיקות גם השרייה מוקדמת במים רגילים או ממוגנטים.

הפרסום הראשון בסדרה לא תורגם מספרדית :

AM-96 Effect of Stationary Magnetic Field on Growth and Germination of Seeds –
Amaya J.M., Maria Victoria Carbonell, Elvira Martinez, Raya A. - 1996 in Spanish
(cited in MA-09)

במאמר (MA-00), נבדקה השפעת שדה מגנטי של mT 125 לזמנים של דקה עד 24 שעות ורצף, על תחילת התפתחות צמח השעורה. נמצאה הגדלה באורך ובמסה בכל משכי החשיפה ובמיוחד 24 שעות וחשיפת רצף.

עצמת השדה המגנטי היא רק אינדיקציה כללית לאנרגייה הזמינה לצמח לקלוט מהמערכת. רוב העבודות בקבוצה זו (וגם בכלל), מדווחות על עצמת השדה של המגנט הקבוע, אך זה עדיין לא מגדיר את מנת החשיפה שהוקרנה, כיוון שאפשר להציב את החומר המוקרן במיקומים וזוויות שונות ביחס לקווי השדה.

המאמר (MA-02), מדווח מנות החשיפה במונחי אנרגיה מגנטית, שהועמדו לרשות הצמח. בעבודה זו נבדקה השפעת שדה מגנטי בצפיפות אנרגיה של j/m^3 25,000 (אנרגיה אופיינית המתקבלת משדות מגנטיים של עשיריות טסלה) על חיטה בזמני חשיפה מדקה עד 24 שעות ורצף. ניכרת הגדלת גובה עם הגדלת השדה ב- 30%.

המאמר (CA-00), עוסק בהערכת % קצב הנביטה של אורז, בעת חשיפה (למשך 20 ד' אחרי הזריעה וברצף) ל- 150 ו- 250 mT. קצבי הנביטה גדלו ב- 12-18% ביחס לביקורת. כמו כן, הושרו הזרעים במים ממוגנטים (בשיטה דינאמית) וקצב הנביטה עלה ב- 16%. מוצעת המסקנה כי שדה מגנטי קבוע פועל כמאיץ חיצוני בלתי-פולשני לזרעי אורז.

נבדקה ההשפעה של השרייה במים ממוגנטים (240 mT עד ל-3 שעות) על הנביטה של signalgrass (שיפור של 10-18%), (CA-04).

זרעי אורז נחשפו לשדות של 150 ו- 250 mT לדקה עד 24 שעות ורצף. קוצרו זמני הנביטה בכ- 10% וגדלו אורך ומסת הצמח בעשרות אחוזים (FL-04).

ב- (FL-07), נחקרה השפעת חשיפה לשדה מגנטי סטטי של 150 ו- 250 mT לדקה עד 24 שעות ורצף. על משכי נביטת וגדילת זרעי תירס, בתנאי מעבדה. התוצאות מצביעות על קיצור משכי הזמן ומכאן על הגברת קצב הנביטה. הצמחים גדלו יותר בגובה ובמשקל. ההגברה נמדדה בעיקר בחשיפות רצף.

הבדיקות התבצעו בהתאם להנחיות ISTA 2004 (האגודה הבנ"ל לבדיקת זרעים), עם שינויים קלים.

מתואר מנגנון חישוב קצב הנביטה ע"י seedcalculator software והניתוח הסטטיסטי ע"י SPSS 11.0 של windows.

מדווחות תוצאות מפורטות כאשר חשיפה מגנטית מקטינה את זמני הנביטה. הבדלי שיא נמצאו בנביטה מוקדמת של 10%. האפקט המירבי נצפה בחשיפה של 24 שעות ובחשיפה רציפה הן לגבי קצבי הנביטה ושיעור הגדילה לאחר 7 ו- 10 ימים.

התוצאות הנ"ל מתאימות למדווח בספרות בניסויים על אורז (FL-04) (CA-00), חיטה (PI-96), (MA-02), שעורה (MA-00), תירס (AL-02), שעועית (PO-04) ועוד. (KA-77) מצא שחשיפה מגנטית מגבירה ספיגת לחות בפולי סויה. עדיין אין הסבר תיאורטי מקובל, אך יש השערות על שינויי פעילות אנזימים (PH-96), ספיגת מים מוגברת בחסה (GA-01) ועוד.

במאמר (CA-08), נחקרה השפעת חשיפה לשדה מגנטי קבוע על נביטת זרעי עשב. בוצעה אופטימיזציה למציאת עצמת השדה המגבירה את הנביטה למקסימום (קיצור זמנים של 10%).

מספר עבודות המצויינות בהקדמה של המאמרים (MA-08), (MA-09), מצאו כי שדה מגנטי סטטי משמש כממריץ חיצוני לא-פולשני לנביטה ולצמיחה וכי טיפול מגנטי מקדים זריעה הפך לשימוש נפוץ.

המחקר (MA-08) בדק זרעי אפונה ועדשים שנחשפו לשדות מגנטיים של 125 ו-250 mT וזמני חשיפה בטווח 1 דקה עד 24 שעות ורצף. לאחר 7 ו-14 ימים לאחר החשיפה, נמדדו משקל כללי, משקל גבעול ואורכי הגבעול והצמח והתפתחות השורש, אשר נעשו גדולים יותר. שיפורים אלה בלטו במיוחד עבור זמני חשיפה של 24 שעות ורצף. התקבלו תוצאות מובהקות להאצת נביטה וגדילה, 17-27% באפונה ו-35% בעדשים.

בדיקה דומה נערכה במחקר (MA-09) בו אותם שדות מגנטיים, למשך זמנים שונים הופעלו על זרעי עגבניות לבדיקת אחוזי זמני נביטה. נמדדו נביטת וצמיחת עגבניות שעברו טיפול מגנטי ונמצא כי קיימת האצה בנביטה, שיפור באחוז הנביטה והאצת הצמיחה בשלבי הגדילה הראשונים, במיוחד.

במאמר (FL-11), זרעי צמחי רפואה נחשפו ל-125 mT למשך זמן שונים עד לרצף, ונמדדו פרמטרי הנביטה ששופרו משמעותית.

המאמר (AL-12c) מדווח על טיפול בזרעי חיטת שיפון (הכלאה בין חיטה לשיפון), שטופלו בשדה מגנטי של 125 mT למשך דקה עד 24 שעות, למדידת ההשפעה על הנביטה והצמיחה בשלביה הראשונים, עם שיפור משמעותי בשני קריטריונים אלה. תוצאות מיטביות התקבלו עבור שדה של 160 ו-200 mT למשך דקה.

4. קבוצת המחקר הבולגרית (קבוצה של חוקרת אחת)

על פי מחברי הפרסומים קשה לקרוא למחברים "קבוצת מחקר", שכן כלולה בה בעיקר [ANNA ALADJADJIYAN](#) אשר ברוב המחקרים הנסקרים כאן מופיע שמה כמחבר יחיד ובמיעוט המקרים, מחברת נוספת: [TEODORA YLIEVA](#). עם זאת, המחקרים שהתפרסמו, חלקם מטפלים בתופעות באופן תיאורטי ומציגים את הנושא בזווית ייחודית ומביאים תועלת למחקרים עתידיים בתחום. העבודות שפורסמו התבצעו במקביל (מבחינת הזמן) לעבודות הקבוצה הספרדית.

הרכב הקבוצה:

[ANNA ALADJADJIYAN](#) (פרופ' באוניברסיטה לחקלאות, פלובדיב, בולגריה, כנראה ראש הקבוצה)
[TEODORA YLIEVA](#)

מחקריה של [ALADJADJIYAN](#) התפתחו מתוך עבודת הדוקטוראט שלה, בה עסקה בבדיקת מספר שיטות פיסיקליות (שדה מגנטי, אלקטרומגנטי, קרינת לייזר, אולטראסאונד קרינה מייננת, קרינת מיקרוגל) והיכולת של צמחים להמיר את האנרגייה המוקרנת לאנרגיה ביולוגית של צמיחה (במקום כימיקלים):

AL-02a Study on the effect of some physical factors on the biological habits of vegetable and other crops - A. Aladjadjyan - DSc Thesis, Plovdiv, 2002

ב- (AL-02), מופיע מחקר השפעת שדה מגנטי סטאטי של 150 mT למשך 10-30 דקות על זרעי תירס מושרים, ומדווח על שיפור בנביטה ובאורך ומסת הנבטים ב-20%. מסקנה : טיפול בשדה מגנטי מוביל להאצת הצמיחה, משפיע על תצורות חלבונים (protein formation) ומזרז התפתחות השורשים.

במאמר (AL-03), נחקרה השפעת שדה מגנטי סטאטי של 0.15 טסלה בחשיפות של 10, 20 ו-30 דקות, על זרעי טבק. נקבעו אנרגיית נביטה (GE) ונביטה (G), במטרה לקבוע השפעת שדה מגנטי על חיות הזרעים. נמצא כי השדה המגנטי מזרז התפתחות הנבט ומוביל להגדלת אנרגיית הנביטה והנביטה. הוצגה השערה על הסבר התוצאות, במיוחד אודות אפקט הזרז של הטיפול בשדה מגנטי. הבדיקה התבצעה עם וללא השרייה במים מזוקקים למשך 24 שעות (ההשרייה הביאה להגברת הנביטה בכ-10%). נקבעו הנביטה ואנרגיית הנביטה בארבע חזרות ונמצאה מובהקות (ברמות סמך של 0.1%, 1%, 5%) עם אפקט לינארי עולה. הסבר אפשרי : תכונות פארא-מגנטיות בתאים כפי שנמצאו ב-chloroplasts ע"י commoner et. Al. 1956. רקמות פעילות מטבולית מכילות רדיקלים חופשיים הממלאים תפקיד חשוב ב-electron transfer וקינטיקה של תגובות כימיות. השפעת השדה המגנטי החיצוני על המומנט המגנטי של unpaired electrons עשויה להתקיים בתאים כמו מיטוכונדריה בספיגת אנרגיית מיקרוגל (Commoner B et. al. 1954). אנרגיה זו עוברת אח"כ המרה כימית ומאיצה תהליכים בזרע. ייתכן כי הסיבה לשיפור הנביטה עקב השרייה במים נובעת מתכונות פארא-מגנטיות של המים.

ב- (AL-07), נסקרות שיטות פיסיקליות (גלי מיקרו, קרינת לייזר, שדה מגנטי ואולטראסאונד) כשיטות יותר בטוחות מכימיקלים.

ב- (AL-10), נמדדו אנרגיית נביטה (אחוז הנובטים) וקצב נביטה, אורך גבעול ושורש ומסה כללית של עדשים - בימים 7 ו-14 - לצורך הערכת השפעת שדה מגנטי קבוע. בנביטה לא נצפו הבדלים משמעותיים. אורכי גבעול, שורש ומסה כללית כן הושפעו, בעיקר במדידה ביום ה-14. מוזכרים מחקרים מהספרות, בהם נעשו ניסויים עם מגוון רחב של צמחים : מזרעים עד רב-שנתיים (מוזכרים 8 מאמרים) עם תוצאות המראות הבדלים במגוון עצמות שדה של 62 מיקרוטסלה עד 0.25 טסלה. גם זמני החשיפה משתנים מאוד. השערה אפשרית להשפעה החיובית של שדה מגנטי מתבססת על התכונות הפארא-מגנטיות של אטומים בתאים ובפיגמנטים של הצמח (כגון כלורופלסט) - עקב יכולת ספיגה והמרה של אנרגיה מגנטית תוך שפעול תאי הצמח. בעבודה עצמה, זרעי עדשים נחשפו לשדה של 0.15 טסלה למשך 3-12 ד', על בסיס הדעה ששדות מגנטיים חלשים יותר משפיעים יותר על הצמיחה. הזרעים הושרו במים למשך שעה בהנחה שהנוזל הבין תאי מושפע משדה מגנטי. התוצאות מצביעות על השפעה חיובית של החשיפה למגנט, כאשר משך החשיפה האופטימלי ל-0.15 טסלה היה 6-9 דקות. מתחת ומעל ערכים אלה - ההשפעה קטנה.

(AL-12), הוא פרק 9 מפרסום יותר גדול (כנראה ספר) ובו סקירה מאלפת על גורמים פיזיקליים (להבדיל מכימיים) לצורך האצה והגברת צמיחה לשיפור איכות המזון. 77 המאמרים המצוטטים בעבודה זו יכולים להוות בסיס להרחבת סקר הספרות, על פי הצורך.

הפרק מתאר באופן שיטתי את האמצעים הפיזיקליים והשפעתם על צמיחה. עיקרי הסקירה :

שימוש בכימיקלים בחקלאות מביא לזיהום הקרקע והמוצר. לכן יש צורך לפתח אמצעים פיזיקליים (שדה אלקטרומגנטי, פליטה אופטית, אולטרהסאונד, שדות מגנטיים וקרינה מייננת) - על מנת להעביר אנרגיה לצמח ולאפשר לו המרתה לצורך שיפור בצמיחה.

השפעת גלי מיקרו, קרינת ליזר, שדות מגנטיים, ואולטרה-סאונד – מהווה חלופה לתוספי קרקע ודשנים. החלפת טיפול כימי בטיפול פיזיקלי, יכולה להקטין רעילות ולהגדיל את בטיחות המזון.

שדה מגנטי אינו זר לצמח כיוון שהוא קיים בכדור"א ונוצר מזרמים מעגליים בליבתו המותכת. כיוון השדה משתנה תדירות : קוטבי השדה התהפכו 171 פעם ב- 71 מליון השנים האחרונות.

מחקרים רבים מצביעים על כך ששדה מגנטי בשיעור של 1-2 סדרי גודל מעל שדה כדור"א (35-70 מיקרו-טסלה) יכול להשפיע על מטבוליזם הצמיחה של צמחים (מצוטטים 5 מאמרים).

השפעת שדה מגנטי על צמחים תלויה בעוצמה ובסוג : סטאטי, מתחלף, מתנודד או פולסים.

ההשפעה החיובית של שדה מגנטי סטאטי על זרעים הוכחה באופן מקיף (GA-05). הטיפול מזרז התפתחות הצמח (FL-07, GO-09), משפר נביטה וגדילה (CA-08, MA-09, OD-09), משפיע על תצורות חלבון ופעילות אנזימטית (מצוטטים 3 מאמרים). המחקרים הראו גם שיפור בנביטת זרעים לא-סטנדרטיים (PI-07). הניסויים כללו מגוון רחב של צמחים, ביניהם : grain, leguminous, perennials.

שני הפרמטרים של השדה המגנטי הם עוצמה (נחקר תחום 0.062-250 מיליטסלה) ומשך חשיפה (15 שניות עד 24 שעות).

מספר מחקרים בדקו השפעת השקיה במים ממוגנטים וקבלו תוצאות חיוביות בהתפתחות הצמח (מצוטטים 6 מאמרים).

5. מחקרים נוספים

עבודות נוספות שהתפרסמו במאה ה- 21, מקורן בהודו, פולין, ארה"ב, פקיסטן, אירן ועוד. חלקן מוסיפות נדבכים חשובים לתמונת השפעת שדה מגנטי על נביטה וצמיחה.

במאמר (AF-12), בעיקר של חוקרים מפקיסטן, נבדקה השפעת טיפול בשדה מגנטי בעצמות שונות (אפקט מקסימלי התקבל ב- 100 mT) על ציפורן-חתול צרפתי ע"י חשיפת הזרעים ל-5 עצמות שדה מגנטי למשך 3 דקות ונמצא שיפור בקצב ואחוזי הנביטה, אורכי שורש וגבעול וחיות.

בעבודה פקיסטנית נוספת, (IJ-12), זרעי חיטה בעלי חיות נמוכה ומים ממוגנטים הועברו דרך משפך בשדה מגנטי לא מוגדר, למשך שניות, ונמדדו אחוזי נביטה (שיפור של 13%), אורכי גבעול (shoot) ושורש ומסה.

המאמר סוקר שיטות רבות (כימיות ופיזיקליות) להגדלת חיות הנביטה. חשיפת מים לשדה מגנטי הגבירה צמיחה עקב השפעתו על קשרי המימן במולקולת המים. טיפול מגנטי לפני זריעה הביא להגדלת קצב הנביטה ב- 30-50% (WO-95) – במאמר עצמו התוצאות צנועות יותר וכתוב בו כי שלבי ההתפתחות אינם מושפעים מהטיפול המגנטי). למרות שקיימת השפעה של השדה המגנטי על הצמיחה, העוצמה ומשך החשיפה משתנים מאוד.

המחקר, שנערך בפקיסטן, העביר זרעי חיטה ומים דרך משפך ממוגנט (לא מצוויינת העוצמה) לזמנים קצרים. נמצאו השפעות שליליות על אחוזי הנביטה, אורכי שורש וגבעול, אך חיוביות על המסה.

(FE-12) הוא מאמר של שישה חוקרים מאיראן, המתאר השפעות חיוביות של השרייה במים מזוקקים למשך 5 שעות ושדות מגנטיים של 3,15,25 מיליטסלה למשך זמן של 5,15,25 דקות עד רצף – על אורכי שורשים וגבעולים של עגבניות, עם שיפורים עד כדי 14% (השרייה) ו- 29% (שדה מגנטי). העבודה מזכירה במעט את AL-10 בהבדל עצמת השדה המגנטי שכאן הוא קטן פי 5 בערך. הרקע לעבודה מבוסס על ניסוי של (RA-08), הראה שחשיפת גרעיני תירס לשדות מגנטיים נמוכים (50 מיליטסלה) זרזה את גידול הצמח בשלבי הראשונים, אך לשדות גבוהים יותר (100-250 מיליטסלה) היתה השפעה מעכבת.

כמו כן מצטט המאמר את (VA-08) שהראה שיפור משמעותי באחוזי ואיכות נביטה, גדילת שורש/גבעול ומשקל יבש של גרעיני חומס עקב חשיפה לשדה מגנטי סטטי, (HA-02) שדיווח שחשיפה לשדה מגנטי (10 מיליטסלה ל-40 שעות) הגדילה את גובה החיטה, משקל ויבול, (RE-01) שדיווח על חשיפת זרעי חסה (10 מיליטסלה ל-10 דקות) שיפרה את ספיגת המים, (CA-10) שדיווח על נביטה משופרת של שעועית בחשיפה של 7 מיליטסלה ואת (PO-04) שמצא בנוסף נביטה מוקדמת ב- 2-3 ימים עקב טיפול בשדה מגנטי.

(FU-12), מחקר שנעשה בארה"ב במסגרת פרוייקט בי"ס תיכון, בודק את ההשערה ששדה מגנטי משפיע על צמיחת ובריאות הצמח שנבדקו בשלושה פרמטרים : צמיחה תחת שדה מגנטי חזק וחלש לאורך 4 שבועות וללא שדה מגנטי (קבוצת ביקורת). נמדדו קצבי נביטה, גובה הצמח, גודל העלה וצבעו, כתמים, צורת הגבעול וקצב מות הצמח – של חסה. נמדד שיפור משמעותי בכל המדדים, ללא השפעה שלילית, אם כי סילוק השדה לאחר החשיפה, החליש את הגבעול (רמז לאספקת אנרגיה לצמח דרך השדה המגנטי). שימשו בניסויים שני מגנטים של 0.33 ו-0.49 טסלה. השיפור בצמיחה הגיע עד 25%. במבוא מצטט בעל המאמר, נער בן 15, נתונים המראים ששדה מגנטי הנוצר ממקור מתח גלי, השפיעו (לטובה או לרעה) על צמיחת mung bean, בתלות בתדר. זה רומז על רגישות לתדירות וצורת הגל (HU-08). נסקרת ספרות בנושא (7 מאמרים). קיימת תיאוריה שהקוטב הדרומי מזרז צמיחה אך מעודד חיידקים, בעוד שהצפוני מעכב אותה (אך הצמח בריא יותר).

לקראת סוף המאה העשרים, יצא מאמר רווי (PH-96), שנערך בפאנג'ב, הודו, המדגיש את הצורך להבנת המנגנון המדויק של התגובה הביו-מגנטית. מאמרים רבים מתארים תגובות חיוביות בצמיחת נבטים ללא תלות משמעותית בתנאי השדה. חשוב לייצר נתונים מגנטיים ולבדוק התאמתם לפרמטרים מאקרוסקופיים של כח נביטת זרעים, קצב צמיחה ואפקטים ביולוגיים אחרים. הגברת צמיחה תחת שדה מגנטי, דווחה ע"י מדענים רבים. פרמטרים שנבדקו : נביטה, צמיחה, קצב "נשימה", איבוד חום ושינויים כימיים.

בחן המאמר המלא (רווי)

עבודת המאסטר של ההודי MALLAPPA S. BUJRUKH (BU-11), בודקת השפעת שדה מגנטי על איכות זרעי דגנים : אינדקס בארטלט לקצב, איכות, ואחוזי נביטה, אורכי צמח וגבעול, מסת צמח, חיות הזרע, מוליכות חשמלית, תמציות זרע. עבור תירס, סורגום, אורז (Paddy), חיטה ו-bajra נמצאה השפעה רבה של שדה מגנטי על הפרמטרים הנ"ל, שגברו עם העלאת השדה מ-0.1 ל-0.2 טסלה, אך נחלשו עם העלאת עוצמת השדה ל-0.3 טסלה. (BU-11a), הוא מאמר המסכם את עבודת המאסטר (BU-11).

(MA-11) הוא מאמר של שני חוקרים הודים בו מוצגת השפעת שדה מגנטי בעצמות 60-200 mT למשך שעה, על נביטת עדשים שחורים שהושפעה חזק מעצמת השדה (ירידת זמני נביטה כאשר קצב הנביטה מירבי). התנהגות זו מתוארת לרוב ע"י משוואת מלתוס-וורהולסט שנוסחה מחדש ואומתה מול הנתונים הניסיוניים שהתקבלו במחקר. מצוטטות עבודות מהספרות בהן מצאו Novitsky ועמיתיו הגדלת עלי בצל ותכולת פרוטאין וכלורופיל, עקב חשיפה ל-0.5 mT (NO-01), כמו גם השפעה חיובית של שדה מגנטי של 2.9-4.6 mT על השורשים ורמת הכלורופיל של פולי סויה שמצאו Atak ועמיתיו. הוצעו מספר שיטות למדידת תהליך הנביטה, אך עדיין אין שיטה מקובלת (מצוטטים שני מאמרים). מוצגת נוסחת מלתוס-וורהולסט לחישוב זמן סיום הנביטה.

מחקר שבוצע בהודו, (SH-11), ע"י שלושה חוקרים, בודק הגברת נביטה, צמיחה ופוטוסינתזה בפולי סויה לאחר טיפול בשדה מגנטי סטטי בתחום 0-300mT. הטיפול הגביר קליטת מים, מהירות נביטה (עד 73%), אורך נבטים (עד 53%), מסת צמח (עד 88%)

וחיות פולי הסויה (עד 27%). טיפול בשדה של 150-200mT למשך שעה, שהיה האפקטיבי ביותר, נבדק יותר לעומק עבור פוטוסינתזה לתכולת חלבון בעלים.

ב- (SH-12), אותה קבוצת חוקרים הודים, בדקה השפעת שדה מגנטי סטטי בן 150-200 mT למשך שעה, יצירת Reactive Oxygen Species (ROS) ואנזימים פעילים נוגדי חמצון, בפולי סויה. נמדדו רדיקלים סופר-אוקסידים והידרוקסילים בגוף וגבעול הנבט לאחר החשיפה המגנטית ונמצא ייצור מוגבר של ROS וירידה בחומצה אסקורבית Superoxyde Dismutase ו- Ascorbate peroxidase בגבעולי הנבטים. עלייה בפעילות Cytosolic peroxidase מצביעה שלאחר אנזים נוגד חמצון תפקיד חיוני בעיכול H_2O_2 הנוצר בנבטים עקב החשיפה לשדה מגנטי של הנבטים. על כן, המחקר הנוכחי תורם לקודמו (SH-11), על בסיס ביוכימי של הגברת נביטה וצמיחה עבור זרעי סויה שעברו טיפול מגנטי בהקשר ייצור ROS.

במאמר (VA-08), שני חוקרים הודים בודקים תגובת זרעי אפונה לאחר חשיפה לשדה מגנטי סטטי של 0-250 mT למשך שעה. מתקבלים ביצועים משופרים בנביטה, בצמיחה ובגידול מסת הצמח. עם זאת, ביצועים אלה משתנים כאשר משנים את השדה המגנטי לכיוונים אקראיים. התוצאות המיטביות התקבלו עבור 50 mT למשך שעות, 100 mT למשך שעה, ו- 150 mT למשך שעות. חשיפה לערכים אלה שיפרו את ממברנת העיטוף של הזרע כשירדו ערכי המוליכות החשמלית של תמצית הזרע. בקרקע, זרעים שנחשפו לשדות אלה הגיעו למסת נבטים גבוהה משמעותית בצמחים בני חודש, תוך עלייה דרמטית באורך שטח פני השורש ונפחו. נתונים אלה רומזים שזרעים שטופלו בשדה מגנטי יתנו תוצאות טובות יותר בתנאי בעל (ללא השקיה) בהם יש משטר קרקע מגביל.

במאמר המשך של החוקרים ההודים (VA-09), בודקים אותם חוקרים תכונות נביטת זרעי תירס הנחשפים לשדה מגנטי תחת תנאי האצת הזדקנות. שילוב טמפרטורה ולחות גורמים לירידה מהירה באיכות הזרעים שבאחסון ויש צורך באמצעים פיזיקאליים וכימיים לשמירת איכות הזרעים, כגון חשיפה לשדה מגנטי. הניסוי המדווח עסק בחשיפת זרעי תירס טריים לשדה מגנטי סטטי של 100 mT למשך שעות ו- 200 mT למשך שעה, אשר שיפר תכונות נביטה וצמיחה והקטין מוליכות חשמלית של תמצית הזרעים, הגדיל פעילות אנזימים נוגדי חמצון, ושמר על רמות גבוהות יותר של חלבון מסיס ובכך הפך את כיוון התשישנות הזרעים שבאחסון. כתוצאה מכך עלה אחוז הנביטה, אורך הנבטים ומסתם. במאמר דיון על מקורות בספרות העוסקים בהתיישנות והטיפול המגנטי בה.

ב- (VA-10), מאמר נוסף של החוקרים ההודים הנ"ל, נחשפו זרעי חמנית לשדה מגנטי של 0-250 mT למשך שעה אשר הגביר נביטה, אורך שורשים ונפחם, אורך נבטים ומסתם, כמו כן שיפרו את ממברנת עיטוף הזרע שהוריד את הדליפה התאית והמוליכות החשמלית. פעילות אנזימטית של אלפא אמילאז, דה-הידרוגנאז ופרוסטיז היו גבוהות יותר בזרעים המטופלים. עצמות שדה של 50 mT ו- 200 mT לאורך שעות גרמו לאפקט מירבי.

בתוניסיה, נבחנה השפעת שדה מגנטי של 100 ו- 200 mT למשך 2-3 שעות, על גדילת נבטים ומצב חמצון בשני סוגי צנוניות (אדומה ואדומה-לבנה). התוצאות הראו שיפור משמעותי של המסה אחרי 8 ימים (עד 29%). פעילות האנזים catalase הוגברה משמעותית (TO-13).

ב- (DE-06), שישה חוקרים קובניים בצעו ניסויי שדה בטיפול עם שדה מגנטי מתחלף (לא סטטי), בזרעי עגבניה טרם זריעה. תחום עצמות השדה שנוצר מפעולת אלקטרו-מגנט : 100-170 mT למשך 3-10 דקות הביא להגדלת שטחי עלים ומסתם, כמו גם קצבי הצמיחה של העלים, הגבעולים והשורשים. בשלב ההבשלה, משקל הפרי וגודלו עלו והיבול עקב

הטיפול. גם סימני פגיעה של מחלות בצמח נדחו בהתאם.
מסקנה, טיפול מגנטי טרם זריעה יגדיל צמיחה ויבולים של עגבניות.

6. סיכום הסקר

6.1. סיכום סטאטיסטי של נתוני הסקר

6.1.1. תפוצה לפי מדינות

הטבלה הבאה מציגה את ההתפלגות של המאמרים שנסקרו לפי מדינות :

FE-12	איראן
FU-12 BO-63 KI-38 DA-62	ארה"ב
AL-12 AL-10 AL-07 AL-03 AL-02 AL-02a	בולגריה
VA-10 VA-09 VA-08 SH-12 SH-11 MA-11 BU-11a BU-11 PH-96 DA-86	הודו
HI-99	יפן
YA-01	סין
AL- FL-11 MA-09 MA-08 CA-08 FL-07 FL-04 CA-04 CA-00 MA-02 MA-00 AM-96	ספרד 12c
PO-04 PI-96 WO-95	פולין
IJ-12 AF-12	פקיסטן
DE-06	קובה
MO-00	קוריאה
GU-82 GU-78 PI-77 PI-65 PI-63	קנדה
TO-13	תוניס

התפלגות : ספרד	הודו	בולגריה	קנדה	ארה"ב	פולין	פקיסטן	איראן	יפן	סין	קובה	קוריאה	תוניס
12	10	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1

6.1.2. תפוצה לפי שנים

הטבלה הבאה מציגה את ההתפלגות של המאמרים שנסקרו לפי מדינות :

PI-65	1965
PI-77	1977
GU-78	1978

						GU-82	1982
						DA-86	1986
						AM-96	1996
						HI-99	1999
						WO-95	1995
					PH-96	PI-96	1996
				CA-00	MA-00	MO-00	2000
						YA-01	2001
				AL-02	AL-02a	MA-02	2002
						AL-03	2003
				FL-04	CA-04	PO-04	2004
							2005
						DE-06	2006
						AL-07	2007
				VA-08	MA-08	CA-08	2008
						VA-09	2009
					VA-10	AL10	2010
		SH-11	MA-11	BU-11a	BU-11	FL-11	2011
SH-12	FU-12	FE-12	IJ-12	AF-12	AL-12	AL-12c	2012
						TO-13	2013

עד שנת 2,000 כלולים בסקר 14 מאמרים.
בעשר השנים הראשונות של המאה הנוכחית כלולים 18 מאמרים.
בשלוש השנים האחרונות, 2010-2013 כלולים 15 מאמרים.

6.1.3 סוגי צמחים שנבדקו בסקר הנוכחי

						CA-08	CA-04	זרעי עשב, signalgrass
							BU-11	Bajra
				BU-11		FL-04	CA-00	אורז
						VA-08	MA-08	אפונה
YA-01	PI-63	BU-11	IJ-12	MA-02	PI-96	GU-78	PI-77	חיטה
						WO-95	AL-12c	חיטת שיפון או buckwhet
						GU-82	VA-10	חמניה
						FU-12	GA-01	חסה
							AL-03	טבק (זרעים)
							GU-82	כוסמת
							BU-11	סורגום
		DE-06	FE-12	MA-09	DA-86	MO-00		עגבניה (זרעים)
						BO-63		עגבניה (פרי)
				AL-12	AL-10	MA-08		עדשים
						MA-11		עדשים שחורים

SH-12	SH-11	KA-77	פולי סויה
	GU-82	PI-63	פשתן
		FL-11	צמחי רפואה
		TO-13	צנונית
		AF-12	צפורן חתול צרפתי
PI-63	GU-78	PI-77	שיבולת שועל
		PI-63	שיפון
		KI-38	שמרים
PO-04	GU-82	PI-65	שעועית
PI-63	MA-00	GU-78	שעורה
VA-09	AL-02	FL-07	תירס

6.1.4. סוגי טיפולים שנבדקו בסקר הנוכחי

MA-02	PI-96	FL-11	CA-08	FL-07	DA-86	FL-04	CA-00	GU-78	mT 0-400 לדקה עד רצף
AL-12c	MA-09	MA-08	GA-01	PH-96	KA-77	PO-04	AL-02	MA-00	
SH-12	SH-11	BU-11	MA-11	FU-12	AF-12	AL-12	AL-10	AL-03	
				YA-01	VA-10	VA-09	TO-13	VA-08	
							CA-00	CA-04	השרייה במים ממוגנטים
							WO-95	GU-82	מאיות טסלה למשך שניות
								MO-00	שדה חשמלי (kv/cm 4-12)
				IJ-12	PI-65	BO-63	KI-38		שדה מגנטי בעצמה לא ידועה
						FE-12	MO-00		שדה מגנטי חלש (0-0.1 mT) למשך דקות
						DE-06	PI-96		שדה מגנטי משתנה 30-170 mT

פילוג שיטות הטיפול הנסקרות בסקר הנוכחי :

מטרת סקר הספרות היתה לבדוק השפעת שדה מגנטי סטאטי בתחום עשירות הטסלה (32 מאמרים), אך נסקרו גם השרייה במים ממוגנטים (2 מאמרים), שדה מגנטי של מאיות טסלה למשך שניות (2 מאמרים), שדה מגנטי חלש למשך דקות (2 מאמרים), שדה מגנטי משתנה בתחום מאיות עד עשירות הטסלה (2 מאמרים) ושדה חשמלי (מאמר אחד). 4 מאמרים אינם מדווחים על עצמת השדה המגנטי שהופעלה בניסוי.

6.1.5. פרמטרים שנבדקו כתוצאות הניסויים

			KI-38	הנצה בשמרים [עיקוב]
VA-09	SH-12	SH-11	BU-11	חיות ותמציות זרע

			YA-01	WO-95	PO-04	DE-06	PI-96	PI-77 [חיטה +] [ושעורה +] BO-63 [+ % עשרות]	יבול מהירות הבשלת פרי
VA-08	SH-12	SH-11	BU-11	DE-06	AL-10	MA-08	VA-09	BU-11	מוליכות חשמלית
					YA-01	WO-95	VA-09	FL-04	מסת הצמח
					MO-00			TO-13	
PI-96	FL-07	FL-04	CA-04+	CA-00+	+מגנטי	PH-96	GU-82[0]	GU-78 [חיטה +] ושעורה 0, - [ש"ש]	נביטה
AL-12	AL-10	AL-03	AL-12c	MA-09	MA-08	AL-02	FL-11	CA-08	
TO-13	VA-08	SH-12	SH-11	PO-04	BU-11	MA-11	FU-12	AF-12	
					VA-10	VA-09	GA-01	KA-77	ספיגת לחות
						YA-01	SH-12	SH-11	פוטוסינתזה
				YA-01	SH-12	TO-13	VA-10	VA-09	פעילות אנזימטית
MA-08	FL-07	FL-04	AL-02	MA-00	DA-86	PH-96	MA-02	GU-78 [חיטה +] ושעורה 0, - [ש"ש]	צמיחה
PO-04	BU-11	DE-06	FU-12	FE-12	AF-12	AL-10	AL-12c	MA-09	
		YA-01	WO-95	VA-10	VA-09	VA-08	SH-12	SH-11	
							SH-12	SH-11	קליטת מים
				VA-09	SH-12	SH-11	AL-02	PI-96	תכולת חלבון

פילוג הפרמטרים שנבדקו בסקר הנוכחי :

נביטה (27), צמיחה (25), מסת צמח (13), יבול (6), תכולת חלבון (5), פעילות אנזימטית (5), חיות ותמציות זרע (4), ספיגת לחות (4), מוליכות חשמלית (3), פוטוסינתזה (3), קליטת מים (2), עיכוב הנצה בשמרים (1), מהירות הבשלת פרי (1).

6.2. טבלה מסכמת של הניסויים בסקר הנוכחי

טיפול	צמח	התכונה ששופרה	מאמר	הערות
שדה מגנטי סטטי של עשירות טסלה למשך זמן ארוך	עשב	נביטה	CA-08	
	Bajra	מסה, מוליכות חשמלית	BU-11	
	אורז	נביטה	CA-00	
		נביטה, צמיחה, מסה	FL-04	
	אפונה	צמיחה, מסה, מוליכות חשמלית	BU-11	
		נביטה, צמיחה, מסה	MA-08	
		נביטה, צמיחה, מסה	VA-08	

חטיטה	GU-78	נביטה, צמיחה	ללא השפעה או השפעה שלילית
	MA-02	צמיחה	
	BU-11	מסה, מוליכות חשמלית	
	YA-01	יבול, מסה, צמיחה, פוטוסינתזה, פעילות אנזימתית	
חיתת שיפון	PI-96	יבול, נביטה, תכולת חלבון	
	AL-12c	נביטה, צמיחה	
	VA-10	מוליכות חשמלית, ספיגת לחות, פעילות אנזימתית, צמיחה	
	GA-01	ספיגת לחות	
חמניה	FU-12	נביטה, צמיחה	
	AL-03	נביטה	
חסה	BU-11	מסה, מוליכות חשמלית	
טבק	DA-86	צמיחה	
סורגום	MA-09	נביטה, צמיחה	
	MA-08	נביטה, צמיחה, מסה	
עגבניה (זרעים)	AL-10	מסה, נביטה, צמיחה	
	AL-12	נביטה	
	MA-11	נביטה	עדשים שחורים
	KA-77	ספיגת לחות	
עדשים	SH-11	חיות ותמציות זרע, נביטה, מסה, פוטוסינתזה, צמיחה, קליטת מים, תכולת חלבון	
	SH-12	חיות ותמציות זרע, נביטה, מסה, פוטוסינתזה, צמיחה, קליטת מים, פעילות אנזימתית, תכולת חלבון	
פולי סויה	FL-11	נביטה	
צמחי רפואה	TO-13	מסה, נביטה, פעילות אנזימתית	
צנונית	AF-12	צמיחה, נביטה, חיות	
צפורן חתול	GU-78	נביטה, צמיחה	ללא השפעה או השפעה שלילית
שבולת שועל	PO-04	יבול, נביטה, צמיחה	
שעועית	GU-78	נביטה, צמיחה	ללא השפעה או השפעה שלילית
שעורה	MA-00	צמיחה, מסה	
תירס	FL-07	נביטה, צמיחה	
	AL-02	מסה, נביטה, צמיחה, תכולת חלבון	
	VA-09	חיות ותמציות זרע, מוליכות חשמלית, מסה, נביטה, פעילות אנזימתית, צמיחה תכולת חלבון	
	CA-04	נביטה	
השרייה במים ממוגנטים	CA-00	נביטה	
מאיות טסלה למשך שניות	IJ-12	נביטה, צמיחה, מסה	
	GU-82	נביטה, צמיחה	ללא השפעה עקבית
	WO-95	צמיחה, מסה, יבול	ללא השפעה או השפעה נמוכה

	MO-00	נביטה	עגבניה (זרעים)	שדה חשמלי
השפעה שלילית	KI-38	הנצה	שמרים	שדה מגנטי בעצמה לא ידועה
	BO-63	מהירות הבשלה	עגבניה (פרי)	
	PI-65	נביטה, צמיחה	שועיית	
	PI-65	נביטה, צמיחה	תירס	
	IJ-12	נביטה, צמיחה, מסה	חיטה	
	PI-77	יבול	חיטה, שעורה	
ללא השפעה		יבול	שיבולת שועל	
	PI-63	נביטה, צמיחה	שיפון, חיטה, שעורה, פשתן, שיבולת שועל	
	FE-12	צמיחה	עגבניה (זרעים)	מאיות טסלה למשך דקות
	MO-00	נביטה		
	PI-96	נביטה, יבול, תכולת חלבון	חיטה	שדה מגנטי משתנה, עשרות T
	DE-06	צמיחה, מסה, יבול	עגבניה	

סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרות המחקר הינן יצירה של סקר ספרותי מקדים ואז בנית מיכשור לשדה מגנטי חלש לבדיקות השפעותיו על צמחי תועלת
עיקרי הניסויים והתוצאות.
לא נעשו עדיין ניסויים עצמם
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
לא הושגו עדיין המטרות הניסוייות בגלל העדר מיכשור עד כה. המיכשור יאפשר המשך בשנה הבאה.
בעיות שונות לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתה לבצוע תוכנית המחקר?
יצירת מיכשור מתאים
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פנטטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.

עדיין אין לנו מספיק חומר לפרסום או רישום פטנט.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות
XXX ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
חסוי – לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -

*יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים

סיכום

1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

במסגרת השנה יצרנו מאגר נתונים רחב שיאפשר לנו, עם הכנת הציוד תסתיים, לבחון את השפעת השדות המגנטיים על צמחי תועלת.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.

מצורפים בדוח

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

בשלב הבא למחקר תבחן השפעת שדות מגנטיים על נביטה וביטוי גנים

5. האם הוחל בהפצת הידע.

טרם.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח:

אין מניעה לפרסם דו"ח זה.

