

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 812-0392-05

תפקידי הג'יברלינים בחנטה פרתנוקרפית בהדרים

The roles of gibberellins in parthenocarpic fruit set of citrus

מוגש לקרן המדען הראשי

ע"י

אליעזר גולדשמידט, המכון למדעי הצמח והגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, רחובות
ניר כרמי, השבחת מטעים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

Eliezer E Goldschmidt, The Robert H. Smith Institute of Plant Science & Genetics in
Agriculture, P.O.Box 12, Rehovot 76100. e-mail: goldsmit@agri.huji.ac.il

Nir Carmi, Institute of Plant Science, The Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250
e-mail: nircarmi@agri.gov.il

יוני 2006

סיוון תשס"ו

הממצאים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר

ב. תקציר

ישום GA בעונת הפריחה מקובל בישראל מזה שנים להשגת מיעוט זרעים בקלמנטינה וקליפס רבים נוספים. במסגרת המחקר הנוכחי נבחנו כמה היבטים מולקולריים של פעילות GA בחנטה ותהליכי צמיחה בהדרים.

- (1) בשלב ראשון ניסינו לבחון את הקשר שבין ביטוי הגן GA_{20} oxidase לבין תופעת הפרתנוקרפיה בהדרים ע"י השוואת ביטוי הגן במינים שונים בעלי יכולות חנטה שונות. נעשה שימוש ברצף הגן ששובט ע"י Talon ממנו הפקנו פריימרים בעזרתם הוצאנו מקטע גן מ-cDNA שהופק מפרחים. את המקטע שיבטנו וריצפנו כך גם קיבלנו סמן (probe) וגם ראינו שהגן מבוטא ברקמה הרלבנטית. בשלב שני הפקנו tRNA מהדוגמאות לצורך מעקב אחרי ביטוי הגן. בתחילה ניסינו לעשות ביטוי ע"י real time PCR. לאחר שהעבודה בשיטה זו, שהייתה עדיין בשלבי פיתוח, לא נתנה תוצאות ניסיונו לקבל ביטוי באנליזת northern ע"י העברת ה-tRNA לממברנות וביצוע היברידיזציה עם הסמן הרדיואקטיבי, מאמץ שגם הוא לא הביא לתוצאות המקוות, אולי בגלל רגישות נמוכה של המערכות הגנטיות.
- (2) נינוס הינו חשוב בעצי פרי ובעל משמעויות כלכליות עבור המגדל. בודדנו את הגן GAI, הפועל כמעכב גדילה, מ-DNA גנומי של צמחי ארכידופסים באמצעות PCR ושיבטנו אותו בוקטור ויראלי GBV התוקף גפנים וביטמינה. להפתעתנו התקבלו צמחים בעלי פנוטיפ של צמחי ענק פי 2 מההיקש במקום צמחים מנונסים. משמעות התופעה ואפשרויות יישומה תיבדקנה בהמשך.
- (3) במסגרת מחקר זה פיתחנו שלוש גישות שונות להשגת פירות פרתנוקרפיים על ידי שימוש בגן המקודד לאנזים barnase המעכל רנ"א וכך גורם לתמותת הרקמה בה הוא מתבטא. באחת הגישות הגן barnase מבוטא תחת פרומוטור ייחודי לביציות, מה שמונע מהביציות מלהתפתח. בגישה השנייה barnase מבוטא תחת פרומוטור ייחודי למעטפת הזרע. הגישה השלישית מושתתת על מערכת רקומבינציה ייחודית אשר מאפשרת את סילוק הגן לסלקציה יחד עם מערכת הרקומבינציה עצמה תוך כדי הפסקת התפתחות העובר.
- (4) בחלק אחר של הפרויקט הנוכחי נערכו ניסויי שדה בעצי 'מורקוט' על מנת לחקור את השפעתו המעכבת של הפרי על הופעת פריחה בשנה העוקבת. מתברר שלפרי יש השפעה מעכבת רק כאשר הוא נוכח בענף בתקופת ההתמיינות עצמה. ההשפעה היא כמותית; העיכוב הולך וגובר ככל שיש יותר פירות על הענף. יתכן בהחלט שהעיכוב נגרם ע"י ג'יברלינים הבאים מן הפרי ומונעים את ההתמיינות לפריחה.

ג. דו"ח המחקר

1. מבוא

להורמונים מקבוצת הג'יברלין תפקידים רבים בבקרת ההתפתחות בצמח העילאי. בין החשובים שבהם: עידוד הנביטה; התארכות הנצר; בקרת הפריחה, עידוד החנטה; ודחיית הזדקנות והבשלה. רק בשנים האחרונות חלה התקדמות של ממש בפענוח המנגנון המולקולרי-גנטי של השפעת הג'יברלין. הג'יברלין מיושם בהדרים למטרות שונות. החשובות שבהן: דחיית שבירת הצבע; מניעת הזדקנות קליפת הפרי; ועידוד חנטה פרתנוקרפית בזני קליפים. כמו כן נעשה שימוש במאטי צמיחה (כגון פקלובטרזול) המעכבים סינתזת ג'יברלינים וגורמים ע"י כך לנינוס הצמחים. מאידך התברר שיש צמחים בעלי גידול ננסי הנובע מאי רגישות לג'יברלינים. במחקר הנוכחי עסקנו בכמה היבטים מולקולריים של השפעת הג'יברלין בהדרים: עידוד חנטה פרתנוקרפית, נינוס העצים באמצעים הורמונליים וביוטכנולוגים והשפעת הפרי על עיכוב הפריחה בעונה הבאה.

2. תפקידי הג'יברלין בחנטה פרתנוקרפית בהדרים

היכולת להשיג פרי ללא זרעים מהווה יתרון מסחרי חשוב בשוק ההדרים. ישום GA בעונת הפריחה מקובל בישראל מזה שנים להשגת מיעוט זרעים בקלמנטינה וקליפים רבים נוספים. מחקר תאורטי של מינים בעלי יכולת פרתנוקרפית לעומת מינים נורמליים יכול לסייע בהשגת המטרות המסחריות הנ"ל. הזן סטסומה הוא מין הדר בעל יכולת טבעית לחנטה פרתנוקרפית שבאה לידי ביטוי בעיקר בחלקות מבודדות שכן הזן מתאפיין בעקרות זיכרית. בעבודה של Talon (et al.1992) הוא מראה צבירה רבה של ההורמון ג'יברלין (GA) בחנטים של סטסומה לעומת חנטים של קלמנטינה בעלת אי התאם עצמי הזקוקה להאבקה או ליישום GA על מנת לחנוט באופן נורמלי, בשלב נשירת עלי הכותרת (petal fall). עיקר ההבדל היה ב-GA-53,44,19.20, מולקולות GA המהוות סובסטרט לאנזים GA₂₀ oxidase, דבר שהביא לעלייה של פי 2 ברמת ה-GA1 שהוא התצורה הפעילה של ההורמון. (Ben Cheikh et al) מראה העלאה ברמות ה-GA עקב האבקה במינים בעלי זרעים וכן נשירה כמעט מלאה עקב מניעת ההאבקה. תוצאות דומות נראו גם בעגבנייה בה נעשתה אנליזת GA על מוטציה פרתנוקרפית pat-2 (Fos et al. 2000) בעבודה הנ"ל הוצע קשר בין פעילות האנזים GA₂₀ oxidase לבין יכולת החנטה הפרתנוקרפית. (Rebers et al. 1999) עשה שיבוט של משפחת הגנים GA₂₀ oxidase והראה שלושה הומולוגים של הגן אשר באים לידי ביטוי עם התפתחות הפקעים והפרחים בעגבניה. Talon שיבט הומולוג אחד של הגן בהדרים. סוג נוסף של פרתנוקרפיה היא פרי מעוט זרעים בו כמות הזרעים אינה עולה על חמישה, תופעה הניתנת להשגה באמצעות הקרנות ופגיעה בחיוניות האבקה, יישום נפוץ בתוכניות השבחה ממשלתיות (Vardi et al.1996), הזנים שעברו הקרנה אמורים להיות זהים לזני המקור מבחינת מרקם וטעם אך הם מעוטי זרעים, דבר הגורם להקטנת הפרי והורדת היבול. בהתאם להנ"ל ניסינו לבחון את הקשר שבין ביטוי הגן GA₂₀ oxidase לבין תופעת הפרתנוקרפיה בהדרים ע"י השוואת ביטוי הגן במינים שונים

בעלי יכולות חנטה שונות. מטרה משנית הייתה לעקוב אחריי הזנים החדשים (מור ואור) בעיקר בהקשר לסירוגיות ורמות יכול בהשוואה לזני המקור, וכן השפעת מעכבי סינתזת GA על ביטוי הגן והתפתחות הפרי בעיקר בהקשר לצבירת סוכרים בחנטים.

חומר צמחי : נאספו דוגמאות משישה שלבי התפתחות שחלה, מפרח כפתור ועד חנט לאחר נשירת עמוד העלי. הדוגמאות נלקחו מסטסומה (פרתנוקרפיה מלאה) מור ואור (פרתנוקרפיה חלקית שהושגה ע"י הקרנות) לעומת זני המקור מרובי הזרעים מורקוט ואורה בהתאמה. כמו כן ביצענו יישום של מעכב סינתזת GA פקלובוטזול בעצי מורקוט, יישומים נוספים של מעכבי סינתזת GA ו GA נעשו בזן אור. כל היישומים נעשו בשלב שיא הפריחה.

עבודה מולקולרית: נעשה שימוש ברצף הגן ששובט ע"י Talon ממנו הפקנו פריימרים בעזרתם הוצאנו מקטע גן מ- cDNA שהופק מפרחים, את המקטע שיבטנו וריצפנו כך גם קיבלנו סמן (probe) וגם ראינו שהגן מבוטא ברקמה הרלבנטית, הרצף שקיבלנו היה זהה לרצף ששובט ע"י Talon. בשלב שני הפקנו tRNA מהדוגמאות לצורך מעקב אחריי ביטוי הגן. בתחילה ניסינו לעשות ביטוי ע"י real time PCR דבר המצריך שלב של ביצוע ראקציית RT לצורך קבלת cDNA ולאחר מכן שימוש בפריימרים ספציפים וביצוע PCR עם נוקלאוטידים מסומנים ומכשיר מתוחכם שבאמצעותו ניתן למדוד את כמות התוצר. לאחר שהעבודה בשיטה זו, שהייתה עדיין בשלבי פיתוח, לא נתנה תוצאות ניסיונו לקבל ביטוי באנליזת northern ע"י העברת ה- tRNA למברנות וביצוע היברידיזציה עם הסמן הרדיואקטיבי, מאמץ שגם הוא לא הביא לתוצאות המקוות יתכן שהמערכת שהשתמשנו בה לא הייתה רגישה מספיק לקבלת תוצאות. יתכן שרמות mRNA של הגנים לסינתזת GA נמוכות יחסית, והיינו צריכים להפריד את ה- mRNA מה- tRNA להעלאת רמת הרגישות או להשתמש בסמן RNA.

לסיכום, עקב בעיות טכניות לא הצלחנו להתקדם בהיבטים המולקולרים של המחקר ולקבוע האם קיים קשר בין רמת ביטוי הגנים ל- GA₂₀ oxidase לתופעת הפרתנוקרפיה. שיבוט שאר ההומולוגים של הגן בהדרים ושימוש בשיטות מעקב רגישות יותר אחרי ביטוי הגנים יכול לתרום להשגת המטרה.

3. נינוס עצי הדר: ביטוי ויראלי של GAI בצמחי ביטמינה, כמודל להדרים ועצ"פ

אחרים

נינוס הינו יעד חשוב בעצי פרי ובעל משמעויות כלכליות עבור המגדל. בספרד לדוגמא נוהגים הפרדסנים לקטום את צמרות העצים ולשמר את הפרדס בגובה הנמוך יחסית. מספר שיטות נבדקו בעבר: 1. כנות מננסות. גישה זו לא הוכתרה בהצלחה בהדרים, כמו כן הכנה המננסת אינה מתאימה לכל תנאי הגידול ואינה בהכרח אופטימלית לגידול איכותי מסחרי. 2. הדבקה בוירואידים (כגון אקזוקורטיס בהדרים) גורם במקרים מסויימים לנינוס אך תופעות הלוואי (כגון ניקרון) מונעות שימוש נרחב בשיטה. בשלב זה נראה שמוצו הגישות הקונבנציונליות לקבלת עצי הדר מנונסים יש מקום לפיתוח גישות ביוטכנולוגיות.

המוטנטים שיצרו את המהפכה הירוקה בחיטה אופיינו כאללים מננסים שההומולוג שלהם בארבידופסיס נקרא GA1 (gibberlin insensitive). הגן GA1 פועל כמעכב גדילה ושייך למשפחת חלבוני

DELLA המאופיינים ברצף משותף בחלק האמיני שקושר ג'יברלינים. הג'יברלינים הפעילים מתקשרים לקצה האמיני של GAI וע"י כך מסירים את העיכוב (Hadberd et al.1998). אורז טרנסגני ננסי התקבל כתוצאה מהתמרה בגן gai (החסר אזור DELLA). מוטציה דומיננטית זו גרמה לעיכוב בגדילה ונינוס (Peng et al.2000).

בודדנו את הגן GA1 מ-DNA גנומי של צמחי ארבידופסיס באמצעות PCR ושיבטנו אותו בוקטור ויראלי GBV התוקף גפנים וביטמינה. להפתעתנו התקבלו צמחים בעלי פנוטיפ של צמחי ענק פי 2 מההיקש במקום צמחים מנונסיים (תמונה 1). להערכתנו התקבלה השתקה של הגן במקביל ל-GAI בביטמינה בגלל הומולוגיה גבוהה יחסית ל-GAI מארבידופסיס שבוטא ע"י הנגיף. לתופעת ההשתקה יתרונות מחקרניים ויישומיים בבדיקת תפקודם של גנים שונים ע"י השתקתם. מכיוון שהוירוס מתבטא בצינורות השיפה, ייתכן וביטוי ה-GAI המשובט בוירוס לא הצליח לגרום לנינוס. אנו בוחנים את המנגנון המולקולרי של תופעות אלו.

4. פיתוח שיטות ביוטכנולוגיות להשגת פירות פרתנוקרפיים

תהליך התפתחות הפרי ללא תלות בהפריה שבאמצעותו מתפתחים פירות חסרי זרעים מכונה "פרתנוקרפיה". בטבע אין לתכונת הפרתנוקרפיה, בדרך כלל, יתרונות רבים. בחקלאות לעומת זאת, יש ביקוש לזנים פרתנוקרפיים והם מהווים יעד השבחתי חשוב. לדוגמא, במדינות רבות ובמיוחד באירופה אי אפשר לשווק זני הדורים המכילים זרעים.

נכון להיום, ניתן לקבל פירות פרתנוקרפיים ע"י שימוש בשיטות השבחה קלאסיות וטיפולים אגרוטכניים כגון: השראת מוטציות וברור, טיפולים הורמונליים או יצירת זנים טריפלואידים. מספר רב של זנים פרתנוקרפיים פותחו כך, זני הדורים, דלועיים, ענבים ועוד. יחד עם זאת, פיתוח זנים באמצעות שיטות אלו נמשך זמן רב ואינו יעיל דיו. השיטות הביוטכנולוגיות הקיימות בעייתיות משום שהן מתמקדות בעיקר בהשפעה על המסלולים המסובכים של ההורמונים הצמחיים. אמנם ידוע שההורמונים הצמחיים מעורבים בתהליך יצירת פירות וזרעים וגם בפרתנוקרפיה, אך השפעתם שונה בגידולים שונים, מה שמקשה על השימוש בהם.

במסגרת עבודה זו פיתחנו שלוש גישות שונות להשגת פירות פרתנוקרפיים ע"י שימוש בגן המקודד לאנזים barnase המעכל רנ"א וכך גורם לתמותת הרקמה בה הוא מתבטא. באחת הגישות הגן barnase מבוטא תחת פרומוטור ייחודי לביציות, מה שמונע מהביציות מלהתפתח. גישה זו מתאימה לזנים בעלי פוטנציאל לחנטה פרתנוקרפית ולשדרוג הזן מפרתנוקרפי-פקולטטיבי לפרתנוקרפי-אובליגטורי אשר יש לו ערך מוסף חקלאי ומסחרי חשוב. בגישה שנייה המיועדת לזנים הזקוקים להפריה בכדי שתתקבל חנטת פרי, barnase מבוטא תחת פרומוטור ייחודי למעטפת הזרע, כך שלאחר ההפריה יתפתח עובר שייתן סיגנל להתפתחות פרי אולם יושמד בעודו באיבו על ידי פעילות האנזים ואילו הפרי ימשיך להתפתח ללא זרעים. הגישה השלישית אמורה לפתור בעיה נוספת שהיא התנגדות למזון מהונדס גנטית לשם כך רתמנו

מערכת רקומבינציה ייחודית המכילה פרומוטור הפעיל ברקמת העובר אשר מאפשרת את סילוק הגן לסלקציה יחד עם מערכת הרקומבינציה עצמה תוך כדי הפסקת התפתחות העובר.

לצורך פיתוח הגישות הנ"ל, נסרקה הספרות הקיימת על מנת לזהות את הפרומוטורים הייחודיים הנחוצים לפרוייקט. פרומוטורים אלה שובטו ישירות מפלסמידים או מדנ"א גנומי בעזרת כלים מתקדמים של ביולוגיה מולקולרית. יוצרו תבניות גנטיות בינאריות המתאימות להתמרה גנטית של צמחים המשלבים את הגן barnase תחת הפרומוטורים השונים והוחדרו לצמחי מטרה וכן צמחי מודל. במטרה לקבל צמחים מותמרים גנטית המכילים את התבניות הנ"ל הכנסנו במעבדה שיטות להתמרה ורגנרציה של צמחי הדר, עגבנייה וארבידופסיס. על מנת לוודא את נוכחותם של הגנים המתמירים נבדקו הצמחים בעזרת PCR ו-southern blot.

במהלך עבודה זו, פיתחנו גישות המתאימות למגוון רב של צמחי יבול אשר יאפשרו את הפיתוח של זנים פרתנוקרפיים חדשים תוך זמן קצר וביעילות גבוהה, מה שהופך את פיתוח הזנים למשימה קלה יותר וכדאית מבחינה כלכלית.

5. השפעת הפרי על הופעת פריחה בהדרים בעונה העוקבת

בעצי פרי נשירים ידועה התופעה שנוכחות הפרי מונעת היווצרות פריחה ופרי על אותו ענף בעונה העוקבת. תופעה זו נחקרה ביסודיות בתפוח; בתפוח מתרחשת ההתמיינות לפריחה בתחילת הקיץ, במקביל להתפתחות הפרי. את ההשפעה המעכבת של הפרי מייחסים בעיקר לג'יברלינים המיוצרים ע"י הזרעים שבפרי הצעיר. ההשפעה המעכבת של הפרי על ההתמיינות לפריחה תוארה גם בהדרים וכידוע ג'יברלינים מעכבים פריחה גם בהדרים. אומנם, בהדרים חלה ההתמיינות לפריחה בחודשים נובמבר – דצמבר, כאשר הפרי כבר הגיע לגודל מלא והוא בשל או קרוב להבשלה.

במסגרת המחקר הנוכחי נערכו כמה ניסויים בעצי 'מורקוט' על מנת לקבוע את העיתוי ואת מספר הפירות לענף המונעים את היווצרות הפריחה. הניסויים נערכו בחורף זה, התוצאות התקדמו בגל הפריחה האביבית לפני כחודש והנתונים נמצאים כרגע בהליכי עיבוד וסיכום.

בניסויי ה'עיתוי' נבחנה השאלה, עד מתי ניתן לסלק את הפרי מבלי שתהיה פגיעה בפריחה. לשם כך חוגרו ענפים ונקטף מהם הפרי במועדים שונים במהלך הסתיו.

בענפים מהם הוסר הפרי בספטמבר לא הייתה כל השפעה מעכבת והתקבלה פריחה מלאה. לעומת זאת, בענפים מהם הוסר הפרי בנובמבר היה עיכוב ניכר, התקבלה פריחה מועטה בלבד והיה אחוז גבוה של לבלובים צמחיים, ללא פריחה. בענפי הביקורת מהם לא הוסר הפרי לא הייתה כל פריחה.

בניסוי שנועד לקבוע את מס' הפירות לענף המביא לעיכוב הפריחה חוגרו ענפים והושארו בהם פירות 0,1,2,3,4,5,7,16,19. התוצאות מראות מתאם שלילי ברור בין מס' הפירות לבין עיכוב הפריחה. השארת מס' קטן של פירות הפחיתה את הפריחה אך לא מנעה אותה כליל, בנוכחות מספר רב של פירות לא הייתה פריחה.

מן התוצאות נראה שלפרי יש השפעה מעכבת רק כאשר הוא נוכח בתקופת ההתמיינות עצמה או בסמוך אליה. כמוכן מתברר שהעיכוב הוא כמותי ותלוי במספר הפירות על הענף או ביחס מס' פירות \ שטח עלים. יתכן בהחלט שגם בהדרים ג'יברלינים שמקורם בפירות הם הגורמים לעיכוב הפריחה.

6. סיכום ומסקנות

ההשפעות ההורטיקולטוריות של הורמון הג'יברלין על הצמח בכלל ועל ההדרים בפרט ידועות זה מכבר. השימוש בג'יברלין נפוץ אף הוא, בפרדס ובבית האריזה. עם זאת, רק בשנים האחרונות החלו להיחשף המנגנונים המולקולריים שביסוד השפעות הג'יברלין ונפתחו אופציות לשימושים ביוטכנולוגיים. במסגרת הפרוייקט הנוכחי נחקרו היבטים מולקולריים של פעילות הג'יברלין בהדרים והותוו דרכים לשימושים ביוטכנולוגיים חליפיים, בייחוד בתחום החנטה הפרתנוקרפית. התקציב המוגבל ומשך הזמן המצומצם, באופן יחסי כשמדובר בעצי פרי לא אפשרו להשלים את מרבית חלקי המחקר ולהגיע ליישום מעשי של תוצאותיו. עם זאת, הושגו בו תובנות חדשות ונזרעו הזרעים שיאפשרו את המשך הפיתוח ואת יישומו המלא בעתיד.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה

בחנינת הבסיס המולקולרי לפעילות GA בהשראת פרתנוקרפיה בהדרים וקבלת נינוס באמצעים ביוטכנולוגיים. פיתוח שיטות ביוטכנולוגיות להשגת פירות פרתנוקרפיים ובחנינת עיכוב הפריחה ע"י הפרי.

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

- א. בדיקת ביטויים של גנים עיקרים בסנתזת GA בהדרים, בייחוד GA₂₀-oxidase.
- ב. שיבוט של הגן GAI לצמח המודל ביטמינה, לקבלת נינוס.
- ג. פיתוח שיטות להשגת פרי פרתנוקרפי על סמך שימוש בגן Barnase.
- ד. ניסויי שדה בהם אומתה וכומתה השפעתו המעכבת של הפרי על הופעת פריחה בעונה העוקבת.

2. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

בשיטות שנבחנו (RT-PCR ומבחני Northern) לא קיבלנו ביטוי לגנים של סנתזת GA בהדרים. שיבוט הגן GAI לצמחי מודל לא גרם לנינוס. יש צורך בפיתוח מערכות טרנספורמציה בהדרים על מנת לבחון את השיטות להגברת הפרתנוקרפיה ניסויי השדה בעיכוב הפריחה ע"י הפרי נתנו תוצאות ברורות שאת מסקנותיהם ניתן ליישם באופן מיידי.

3. הבעיות שנותרו ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקים ואחרים).

הבסיס המולקולרי- גנטי לפעילות GA₂₀-oxidase ו-GAI בהדרים טרם הובהר. השיטות הביוטכנולוגיות שפותחו לקבלת פירות פרתנוקרפים טרם יושמו. לעיכוב הפריחה ע"י נוכחות הפרי יש השלכות מעשיות בפרדס.

4. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח- יש לפרט: פרסומים- כמקובל ביבליוגרפיה.

פטנטים- יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון- יש לפרט מקום ותאריך.

טרם הוחל בהפצת הידע, דרושות השלמות למחקר ובעיקר אימות השיטות הביוטכנולוגיות להשגת פרתנוקרפיה ע"י טרנספורמציה של הדרים.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)

רק בספריות