

תכנית מספר 256-0687-08

שיפור עוצמת ומשך פיגמנטציה האנטוציאנינים בצמחי נוי לייצוא

דוח מסכם

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ענף פרחים

סימה קגן: צמחי נוי, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
מיכל שמיר: צמחי נוי, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן
יוסי ריוב: מטעים וצמחי נוי, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
אליעזר שפיגל: שהם.
דוד וייס: מטעים וצמחי נוי, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
איתן שלמה: שהם.

Sima Kagan, Ornamental Horticulture Dept. ARO, Bet Dagan. E-mail: simak@agri.gov.il

Michal Shamir, Ornamental Horticulture Dept. ARO, Bet Dagan.

Yossi Riov, Horticulture Dept. Agriculture Faculty, The Hebrew University, Rehovot.

Eliezer Shpeigel

David Weiss, Horticulture Dept. Agriculture Faculty, The Hebrew University, Rehovot.

Eitan Shlomo

* אני מאשרת שהממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר:

רשימת פרסומים: בהכנה.

תקציר

שני ענפים בתנופת צמיחה בתחום צמחי הנוי הם צמחים ירוקים לענפי קישוט וצמחי עציץ. בשני ענפים אלו ישנה קבוצה של צמחים שאחת התכונות האטרקטיביות שלה היא עלווה אדומה. פיגמנטציה זו נובעת מהצטברות של אנטוציאנינים בשכבת האפידרמיס של העלים, והיא מושפעת מאד מתנאי הסביבה של הצמח. מכיוון שערך המוצר תלוי באיכות הצבע האדום בעליו, ישנה חשיבות לאפיון התנאים בהם ישנה הצטברות פיגמנטים, להבנת התהליכים הגורמים לשינויי הצבע למציאת דרכים להעצים את הצבע האדום ולהאריך את משך קיומו בעלים. שלושת המטרות הספציפיות למחקר הן: א. לאפיין את התנאים בהם ישנה הצטברות פיגמנטים בצמחים השונים. ב. לחפש דרכים להעצים את הצבע האדום ולהאריך את משך קיומו בעלים. ג. להבין את התהליכים הגורמים לשינויי הצבע בעלווה. חלק מצמחים שנבחנו כבר מבוססים כמוצרי ייצוא אך יש צורך לשפר את איכותם ו/או להאריך את זמן קבלת המוצרים האיכותיים. החלק האחר הוא של מוצרים ששלב הייצוא שלהם רק התחיל. יתכן ששיפור איכות המוצרים על ידי העצמת והארכת משך הפיגמנטציה האדומה בהם יהווה גורם חשוב לפיתוח המוצר והפיכתו לחשוב מבחינה כלכלית. הממצאים העקריים מעבודה זו הם: א. צמחי ברלריה צוברים יותר אנטוציאנינים בתנאי טמפרטורה נמוכה ועם אור UV. טיפולים ב'יקולטר' מאדימים את עלוות הברלריה באופן ניכר, עם נינוס של הצמח שמשפר את עיצובו כצמח עציץ. ב. לבלוב האקליפטוס גם כן תלוי בטמפרטורת גידול נמוכה, ומוגבר מאד בחשיפה לאור UV. טיפול במגנזיום משפר את רמת האנטוציאנינים בבלוב הצמחים. ד. טיפול במגנזיום משפר את הפיגמנטציה בעלווה הצעירה של כרוב לנוי.

מבוא (רקע מדעי ומטרות)

שני יעדים חשובים בענף הפרחים הם הגדלת סל מוצרי הייצוא ושיפור איכות המוצרים. שני ענפים בתנופת צמיחה בתחום צמחי הנוי הם צמחים ירוקים לענפי קישוט וצמחי עציץ. בשני ענפים אלו ישנה קבוצה של צמחים שאחת התכונות האטרקטיביות שלה היא עלווה אדומה. לעתים הצבע האדום מופיע רק בבלבוב הצעיר, כמו צמחי פוטיניה ולעתים גם בעלים הבוגרים כמו בצמחי קוטינוס. פיגמנטציה זו נובעת מהצטברות של אנטוציאנינים בשכבת האפידרמיס של העלים, והיא מושפעת מאד מתנאי הסביבה של הצמח. מכיוון שערך המוצר תלוי באיכות הצבע האדום בעליו, ישנה חשיבות לאפיון התנאים בהם ישנה הצטברות פיגמנטים, להבנת התהליכים הגורמים לשינויי הצבע למציאת דרכים להעצים את הצבע האדום ולהאריך את משך קיומו בעלים.

קיימת שונות רבה בין מינים שונים של צמחים בתנאים הדרושים להצטברות אנטוציאנינים בעלוותם. לדוגמא, בצמחי קוטינוס ישנו צורך בשילוב בין אור UV וטמפרטורות מתונות לקבלת צבע אדום הן בבלבוב והן בעלים הבוגרים (Oren-Shamir and Nissim-Levi, 1997a,b). לעומת זאת בצמחי קוקופלם, אין כל השפעה לאור UV על רמת האנטוציאנינים המצטברת בעלווה, ואין צורך בטמפרטורות נמוכות לקבלת פיגמנטציה אדמדמה (Nissim-Levi et al, 2003). הבדל נוסף הוא בכך שבחלק מהצמחים, כמו פוטיניה וקוקופלם, אנטוציאנינים מצטברים רק בעלווה הצעירה ומתפרקים עם התבגרות העלים, בזמן שבצמחי קוטינוס, העלים נשארים אדומים גם בהתבגרותם (Nissim-Levi et al., 2003; Oren-Shamir and Nissim-Levi, 1999).

בעבודה זו אנו בוחנים מספר צמחי נוי שהמשותף להם הוא פיגמנטציה של אנטוציאנינים בעלוותם, המוסיפה לערכם המסחרי. מטרת מחקר זה היא לשפר את עוצמת ומשך פיגמנטציה האנטוציאנינים בצמחי נוי בעלי עלווה אדומה. שלושת המטרות הספציפיות למחקר הן: א. לאפיין את התנאים בהם ישנה הצטברות פיגמנטים בצמחים השונים. ב. לחפש דרכים להעצים את הצבע האדום ולהאריך את משך קיומו בעלים. ג. להבין את התהליכים הגורמים לשינויי הצבע בעלווה. חלק מצמחים שנבחנו כבר מבוססים כמוצרי ייצוא אך יש צורך לשפר את איכותם ו/או להאריך את זמן קבלת המוצרים האיכותיים. החלק האחר הוא של מוצרים ששלב הייצוא שלהם רק התחיל. יתכן ששיפור איכות המוצרים על ידי העצמת והארכת משך הפיגמנטציה האדומה בהם יהווה גורם חשוב לפיתוח המוצר והפיכתו לחשוב מבחינה כלכלית.

רשימת ספרות מצוטטת

Nissim-Levi A., Kagan S., Ovadia R. and Oren-Shamir M. 2003. Effects of temperature, UV-light and magnesium on anthocyanin pigmentation in *Cocoplum* leaves. *J. of Hort. Sci. and Biotech.*, 78, 61-64.

Oren-Shamir M. and Levi-Nissim A. 1997a. UV-Light effect on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'. *Sci. Hort.* 71, 59-66.

Oren-Shamir M. and Levi-Nissim A. 1997b Temperature effect on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygia* 'Royal Purple'. *J. Hort. Sci.* 72 (3), 425-432.

Oren-Shamir M. and Nissim-Levi A. 1999. Temperature and gibberellin effect on growth and anthocyanin pigmentation in *Photinia* leaves. *J. of Hort. Sci. and Biotech.*, 74, 355-360.

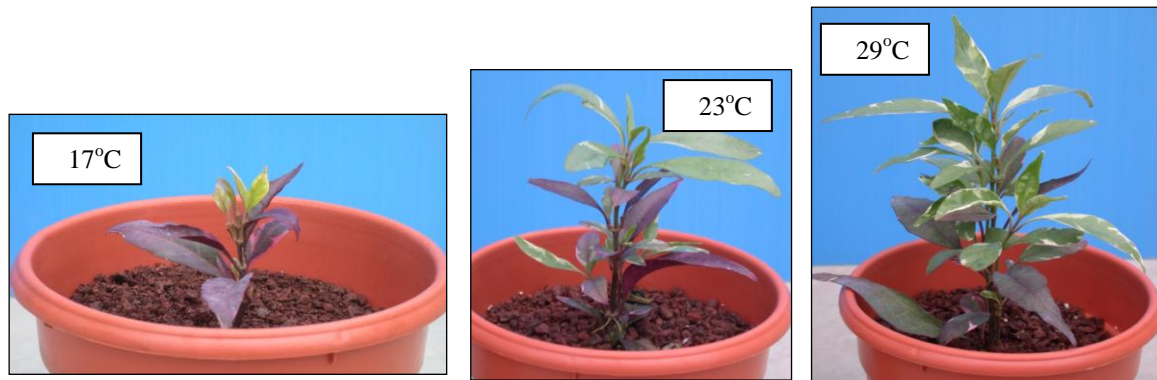
פירוט הניסויים והתוצאות

א. פיגמנטציה בצמחי ברלריה

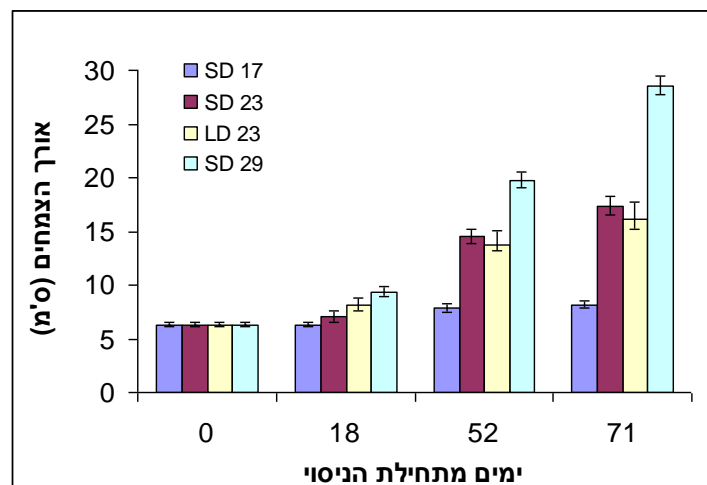
צמחי הברלריה הם צמחים לעציצים בעלי עלווה ירוקה מגוונת באדום. מכיוון שהעציצים מוריקים לעיתים בזמן המשלוח הימי שלהם וגם בזמן החזקתם בחממות באירופה בשלב המכירה, ישנה חשיבות בבחינת תנאי גידול וטיפולים להגברת הצבע האדום בעלווה שלהם.

1א. בחינת השפעת תנאי טמפרטורה ואורך יום על ההתפתחות והפיגמנטציה של צמחי ברלריה.

שתילי ברלריה שהתקבלו ממשלתל 'בן-בן' הוכנסו לפיטוטרון לשלושה משטרי טמפרטורה שונים (10 צמחים בכל משטר): $17^{\circ}\text{C}/9^{\circ}\text{C}$, $23^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C}$, ו- $29^{\circ}\text{C}/21^{\circ}\text{C}$. תמונה 1 צולמה חודש לאחר חלוקת השתילים לתנאים השונים. ניתן לראות שישנה השפעה משמעותית של טמפרטורת הגידול על קצב התפתחות הצמחים, עם עיכוב כמעט מוחלט של הצימוח בטמפרטורה הקרה. בתנאי הטמפרטורה החמים יותר (23°C ו- 29°C) כל העלים שהתפתחו בהם נשארו ירוקים גם לאחר התבגרותם.

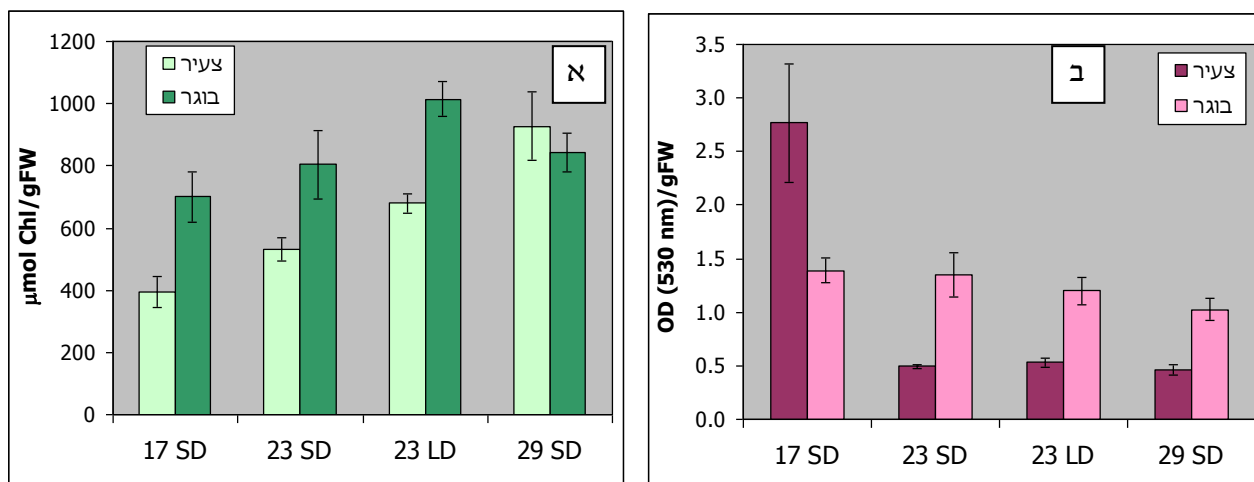


תמונה 1. צמחי ברלריה שגדלו למשך חודש בתנאי טמפרטורה שונים בפיטוטרון.



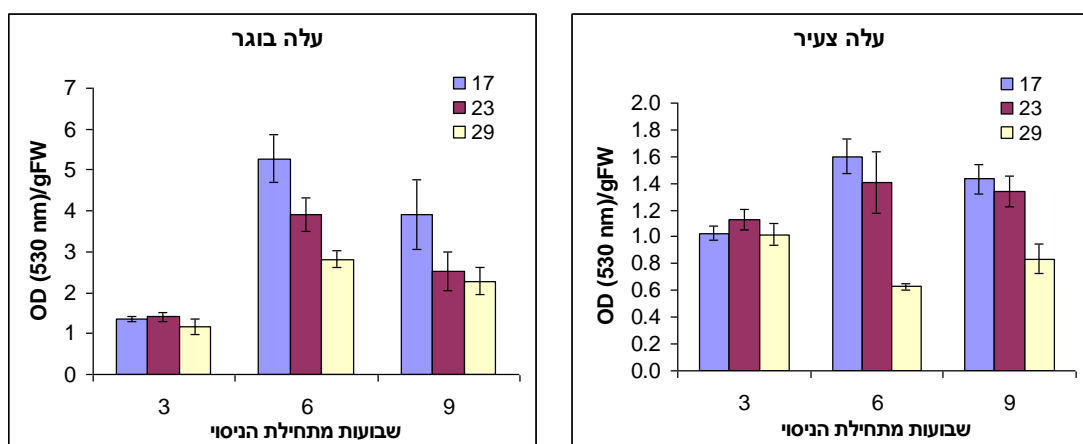
איור 1. השפעת טמפרטורה ואורך יום על קצב התארכות צמחי ברלריה. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 10 חזרות.

השפעת טמפרטורת הגידול נראית בבירור גם באיור 1, עם עליה משמעותית בקצב הגידול בטמפרטורות גבוהות ביחס לטמפרטורה נמוכה של 17°C. לאורך היום אין השפעה משמעותית על קצב הצימוח.



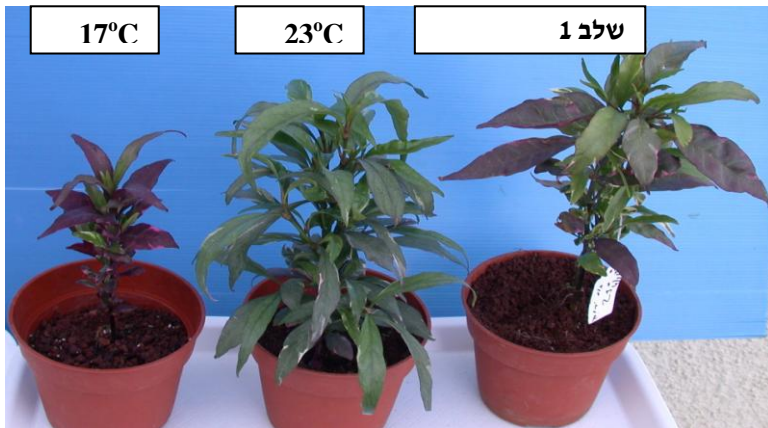
איור 2. השפעת טמפרטורה ואורך יום על רמת הכלורופיל (א) והאנטוציאנינים (ב) בעלי ברלריה כחודש לאחר הכנסת הצמחים לתנאי הטמפרטורה השונים. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

לבחינת השפעת טמפרטורה על הצטברות אנטוציאנינים וכלורופיל בעלי ברלריה, קבענו את ריכוז הפיגמנטים בצמחים שגדלו בטמפרטורות השונות (איור 2). ניתן לראות שאין השפעה לאורך היום על הפיגמנטציה בברלריה ולכן כול הניסויים הנוספים נעשו בתנאי יום קצר. באיור 3 עקבנו אחר ריכוז אנטוציאנינים בעלי צעירים ובוגרים של ברלריה לאורך תקופה של חודש וחצי. ניתן לראות שלמרות שריכוז האנטוציאנינים נמוך בעלים הצעירים ביחס לבוגרים, בשני המקרים טמפרטורות נמוכות מעודדות את הצטברות הפיגמנטים. ההבדלים ניכרים רק כ-6 שבועות לאחר הכנסת הצמחים לתנאים השונים.



איור 3: השפעת טמפרטורה על ריכוז האנטוציאנינים בעלים צעירים ובוגרים בצמחים ברלריה שגדלו בתנאי טמפרטורה שונים. הטמפרטורות המסומנות הן טמפרטורות היום, וטמפרטורות הלילה היו 8°C נמוכים יותר. הצמחים הוכנסו לפיטורון בתחילת מרץ ודגימות עלים נלקחו כול שלושה שבועות. התמונה היא של צמחים שגדלו ב-17 מעלות (שמאל), 23 (אמצע) ו-29 (ימין). הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

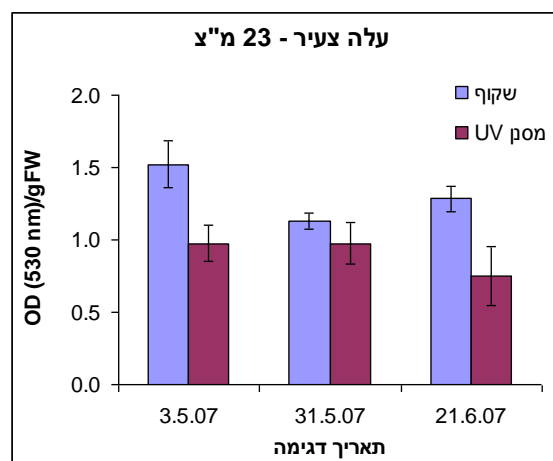
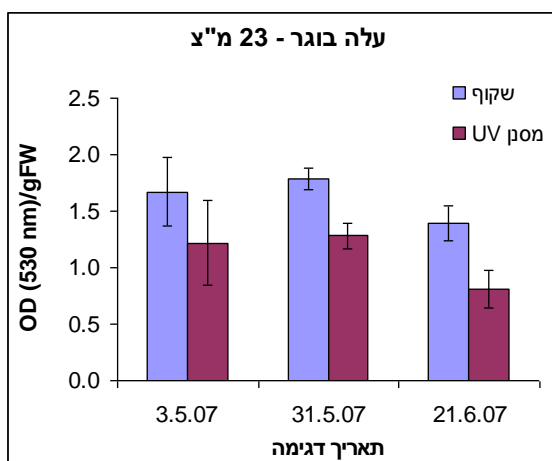
בתנאי טמפרטורה נמוכה, התקבלה פיגמנטציה אדומה חזקה אך הצמחים כמעט ולא התפתחו. לעומת זאת בתנאי טמפרטורה בהם היה צימוח, לא הייתה הצטברות אנטוציאנינים בעלווה. פתרון אפשרי לקבלת עציצים אדומים היא צימוח בתנאי טמפרטורה נוחים והעברה לתנאי טמפרטורה נמוכה לצבירת האנטוציאנינים. לבחינה האם ניתן לשנות את צבע העלים הבוגרים מירוק לאדום לאחר סיום התפתחותם, העברנו צמחים מתנאי טמפרטורה של 23°C שהתפתחו מבלי לצבור אנטוציאנינים, לתנאים של 17°C (תמונה 2). ניתן לראות בתמונה למטה שעלים בוגרים האדימו עם העברת הצמחים לטמפרטורה קרה. מכאן שניתן לגדל צמחי ברליה בתנאי טמפרטורה גבוהים יותר ולהאדים את העלווה הבוגרת על ידי העברה לתנאי טמפרטורה נמוכים.



תמונה 2. פיגמנטציה בעלי ברליה שהועברו מטמפרטורה של 23°C לזו של 17°C .

2א. בחינת השפעת אור UV על הצטברות אנטוציאנינים בברליה.

אור UV הוא אחד מגורמי הסביבה המשפיעים על יצירת אנטוציאנינים. בעבודות מוקדמות שלנו ראינו שישנם צמחים בהם אור UV חיוני להאדמה וכאלו שמאדימים גם כשאין אור UV. חשוב לקבוע את הצורך של צמח עציץ לאור UV לקבלת הצבע האדום הרצוי, על מנת לקבוע באיזו חממה ותחת איזו סככה ניתן לגדלו לקבלת צבע איכותי. מאיור 4 ניתן לראות שאור UV מגביר את הפיגמנטציה בצמחי ברליה וריכוז הפיגמנטים ירד לכ-50% בעלים הצעירים והבוגרים לאחר כחודשיים (מאמצע אפריל ועד אמצע יוני). בתנאים בלי אור UV.

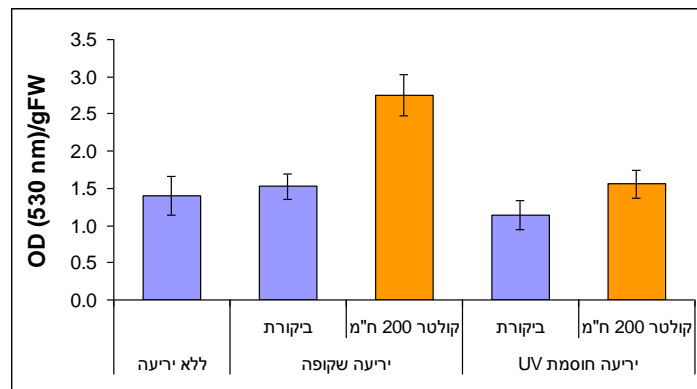


איור 4: השפעת אור UV על ריכוז האנטוציאנינים בעלי ברליה. הצמחים גודלו ב-23 מע' בפיטורון וכוסו עם יריעת פוליאתילן שקופה (ניקטרינה) או חוסמת UV (ורדים). הצמחים הוכנסו לפיטורון באמצע אפריל ונגזמו בהעברה. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 4 חזרות.

3א. השפעת אור UV וטיפולים ב'קולטר' על ריכוז האנטוציאנינים בברלריה.

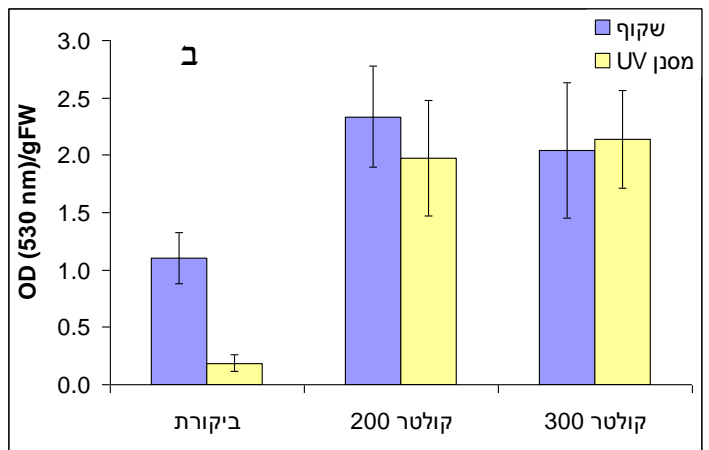
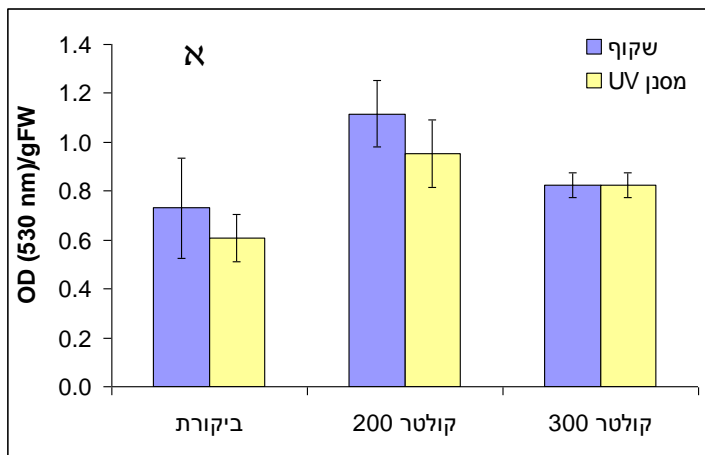
תוצאות ראשוניות במעבדתו של יוסי ריוב בפקולטה לחקלאות רמזו לכך שניתן להאדים צמחי ברלריה על ידי טיפול בחומרים מננסים. מכיוון שטיפול במננסים הוא לעתים חלק מעיצוב צמחים לעציצים, החלטנו לבחון האם ניתן לשפר את פיגמנטציה העלווה של צמחי ברלריה על ידי טיפול ב'קולטר'. בנוסף, מכיוון שחסימת אור UV גורמת לירידה דרסטית בריכוז האנטוציאנינים, בחנו האם הטיפול ב'קולטר' תמנע, לפחות חלקית ירידה זו.

הצמחים כוסו ביריעות פוליאאתילן בתנאי בית רשת עם רשת שחורה של 50% צל, וחלק מהצמחים עברו טיפול במננס 'קולטר'. הצמחים הוכנסו לתנאי בית הרשת עם ובלי כיסויי הפוליאאתילן בתאריך ה-18.7 ונגזמו בתאריך ה-9.8. טיפולי הריסוס ב-200ppm 'קולטר' החלו בתאריך ה-16.8. הטיפולים כללו שלושה ריסוסי עוקבים בהפרשים של שבועיים. דגימות מעלים בוגרים של ברלריה נלקחו בתאריך ה-19.9. בהשוואה של שלושת הטיפולים ללא ריסוס בקולטר, ניתן לראות שלאור UV השפעה על הפיגמנטציה של העלים הבוגרים, כפי שהראנו בתוצאות הניסוי בפיטוטרון. למעשה ליריעת הפוליאאתילן השקופה לא הייתה השפעה על רמת הפיגמנטציה ביחס לצמחים שגדלו ללא יריעה. בצמחים שגדלו תחת יריעה חוסמת UV הריסוס ב'קולטר' שיפר במידה מסוימת את רמת הפיגמנטציה וכמובן ניס באופן משמעותי את הצמחים (איור 5). ההשפעה הדרמתית של הטיפול ב'קולטר' הייתה בצמחים שגודלו תחת היריעה השקופה. גם במקרה זה הטיפול ניס את הצמחים, אבל כמעט והכפיל את רמת האנטוציאנינים בעלים. מכיוון שמגדלים ברלריה כצמח עציץ נראה שלטיפול הקולטר שני יתרונות: נינוס ושיפור הפיגמנטציה.



איור 5: השפעת אור UV וטיפולים במננס 'קולטר' על רמת הפיגמנטציה בעלים בוגרים של ברלריה. הצמחים גודלו תחת רשת צל של 50% וכיסוי יריעות פוליאאתילן שקופה וחוסמת UV. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות. בשתי התמונות העציץ הימני זהה והוא של עציץ ללא כיסוי וללא טיפול, העציץ האמצעי היה עם כיסוי וטיפול בקולטר והעציץ השמאלי היה עם כיסוי פוליאאתילן בלבד.

מכיוון שהטיפול ב'קולטר' נראה מבטיח, בחנו ריכוזים שונים בניסוי שנעשה בפיטוטרום בתנאי טמפרטורה של 23 מעלות צלזיוס. הצמחים הוכנסו לפיטוטרום בתאריך ה-8.11, והריסוס הראשון ניתן בתאריך ה-12.12. ארבעה ריסוסים עוקבים ניתנו בהפרשים של שבועיים, בריכוזים של 200 ו-300ppm. דגימות לבחינת השפעת הטיפולים על ריכוז האנטוציאנינים, נלקחו לאחר שלושה וארבעה ריסוסים (איור 6). ניתן לראות שבצמחי הביקורת, ללא טיפול ב'קולטר', ריכוז האנטוציאנינים ירד באופן דרסטי בין הדגימה הראשונה (לאחר שלושה ריסוסים וכ-6 שבועות מתחילת הניסוי) לשנייה (לאחר ארבעה ריסוסים וכ-9 שבועות מתחילת הניסוי). לעומת זאת הטיפולים העוקבים ב'קולטר' מנעו ירידה זו ולמעשה שמרו על ריכוז אנטוציאנינים גבוה בעלווה בצמחים עם ובלי אור UV. מכאן שטיפולים עוקבים ב'קולטר' עשויים לשמש כפיתרון למניעת איבוד הצבע האדום בצמחי ברלריה בזמן המשלוח ובחממה באירופה לפני המכירה.



איור 6: השפעת ריכוזים שונים של 'קולטר' על הפיגמנטציה של עלי ברלריה שגדלו בפיטוטרום תחת יריעה שקופה ויריעה חוסמת UV. הדגימות נלקחו לאחר שלושה ריסוסים עוקבים בהפרשים של שבועיים (א) ולאחר שלושה שבועות נוספים וריסוס רביעי (ב). הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

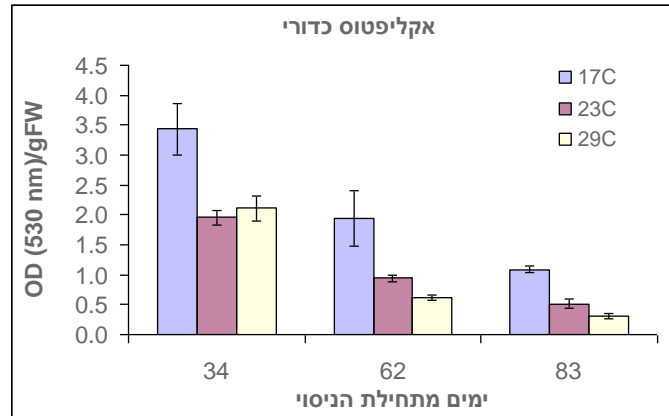
ב. פיגמנטציה בצמחי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל'

צמחי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל' הם מקור לענפי קישוט ירוקים וצמחי עציץ, והמופע הייחודי שלהם של פיגמנטציה אדומה בלבוב הענפים אטרקטיבי למוצרים אלו. לכן, חשוב למצוא דרכים להעצים את הלבוב האדום בצמחים ולמנוע את דהייתו. בצמחי עציץ של אקליפטוס כדורי, יש לעתים בעיה של איבוד הצבע האדום בשלב עיצוב הצמחים ובשלב המכירה באירופה. עיקר העבודה שלנו התרכזה באקליפטוס כצמח עציץ, אך ברור שניתן יהיה ליישם את הפתרונות, לפחות בחלקן גם בצמחים לענפי קישוט.

11. השפעת טמפרטורה על הפיגמנטציה של לבוב האקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל'.

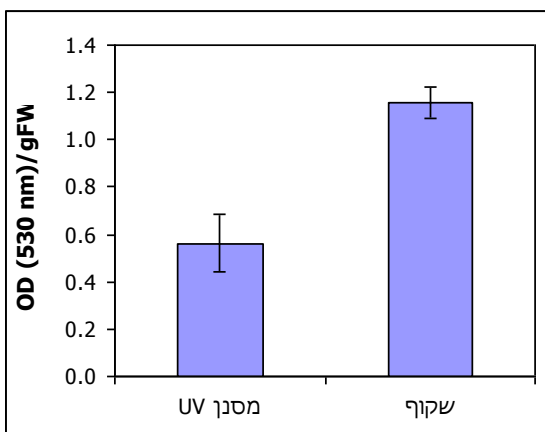
לבחינת השפעת טמפרטורה על צמחי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל', צמחים הוכנסו לפיטוטרום לאקלום ראשוני בטמפרטורה מתונה של 23°C/15°C למשך כחודש. לאחר חודש הצמחים פוצלו לשלושה משטרי טמפרטורה שונים (17°C/9°C; 23°C/15°C; 29°C/21°C). דגימות של עלים צעירים מהלבוב האדום של הצמחים נלקחו במשך כחודשיים (איור 7). בדומה לברלריה גם הפיגמנטציה של עלוות האקליפטוס מושפעת מאד מטמפרטורת הגידול, עם ריכוז גבוה ביותר בתנאים של 17°C/9°C. ניתן לראות בבירור

שלטמפרטורה הנמוכה השפעה חיובית על האדמת הבלבובים של האקליפטוס. הירידה בריכוז האנטוציאנינים בדגימות לאורך זמן לא ברורה. יתכן וירידה זו זמנית ובהמשך הריכוז היה עולה. בכול מקרה ברור שהאדמת הצמחים תלויה מאד בטמפרטורת הגידול. קצב הגידול של הצמחים גם הושפע מאד מטמפרטורת הגידול עם צימוח איטי יותר בתנאים של 17°C.



איור 7. השפעת טמפרטורה על ריכוז האנטוציאנינים בעלווה הצעירה של אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל'. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות. התמונות הן של לבלובים בתאריך 26.4.

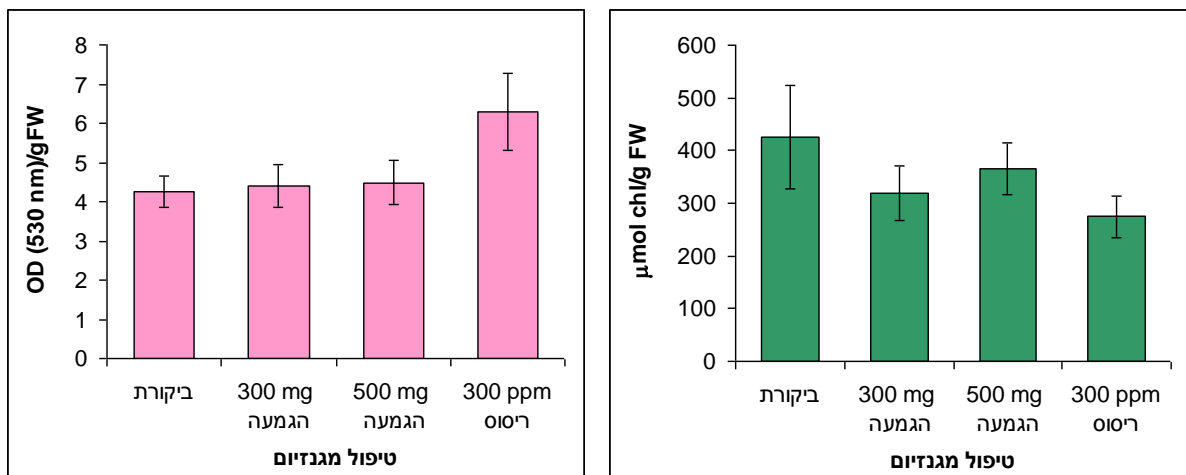
2. השפעת אור UV וטיפולים ב'קולטרי' על הצטברות אנטוציאנינים בצמחי אקליפטוס בדומה לניסוי שערכנו על צמחי ברלריה, בחנו השפעה של כיסוי צמחי אקליפטוס ביריעות פוליאאתילן בתנאי בית רשת עם רשת שחורה של 50% צל. בנוסף לבחינת השפעת האור בתנאי חוץ על הפיגמנטציה בחנו גם השפעת טיפול במנס 'קולטרי' על הצמחים. מסנן אור ה-UV גרם לירידה דרסטית בריכוז האנטוציאנינים בבלבובים החדשים (איור 8). ריסוסים ב'קולטרי', בניגוד לצמחי ברלריה, גרמו לנוון ועיוות של הבלבוב באקליפטוס, ולכן לא המשכנו בניסויים אלו. יתכן ובעתיד נבחן השפעת ריכוזים נמוכים יותר של קולטר ומנסים אחרים על הפיגמנטציה באקליפטוס.



איור 8. השפעת אור UV על ריכוז אנטוציאנינים בבלבובי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקל'. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

3ב. בחינת השפעת טיפולים במגנזיום על הפיגמנטציה בבלבובי אקליפטוס.

בעקבות התוצאות בניסויים עם 'קולטר', החלטנו לבחון דרכים שונות להעצמת הצבע האדום בבלבוב האקליפטוס. מכיוון שמעבודות מוקדמות שלנו ידוע שטיפולים במלחי מגנזיום עשויים להעלות את ריכוז האנטוציאנינים ברקמות צמחיות, כנראה על ידי הארכת זמן החיים של פיגמנטים, התחלנו בניסוי בו צמחי אקליפטוס מטופלים בעזרת הגמעה בריכוזים שונים של מגנזיום ניטרט. הצמחים גודלו בטמפרטורה של $20^{\circ}\text{C}/12^{\circ}\text{C}$ בפיטוטרון והטיפולים במגנזיום ניטרט ניתנו בהגמעה או בריסוס, חמש פעמים בהפרשים של שבועיים בין הטיפולים. השפעת הטיפולים על ריכוז האנטוציאנינים והכלורופיל בבלבוב האקליפטוס מסוכמים באיור 9. ניתן לראות שריכוז האנטוציאנינים עלה ביותר מ-50% כשהצמחים רוססו ב-300 ppm מגנזיום ניטרט לעומת זאת ריכוז הכלורופיל לא השתנה באופן מובהק בין הטיפולים.



איור 9. השפעת טיפולים במגנזיום ניטרט על ריכוז האנטוציאנינים והכלורופיל בבלבובי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקלי'. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

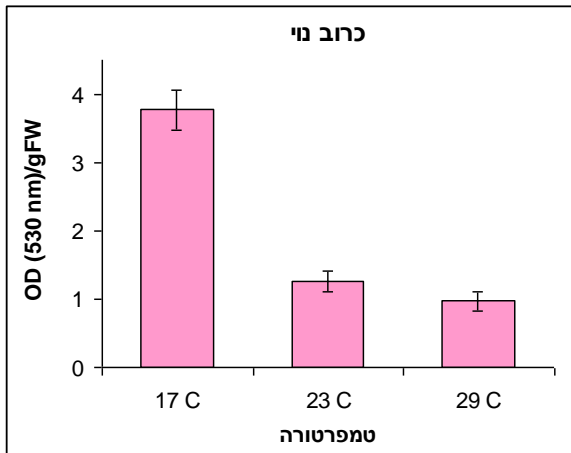
ג. הפיגמנטציה בכרוב לנוי.

זני כרוב נוי בעלי שושנת עלים בצבעים של סגול לבן וצהוב, משמשים כענפי קטיף בהיקפים מסחריים בהולנד ופודים מחירים גבוהים. בשנים האחרונות נמצאו התנאים והטיפולים האגרונמיים לגידולם המסחרי בישראל בחודשי החורף והאביב, ולשווקו לחו"ל. במהלך גידולו של כרוב הנוי האדום, נתקלו המגדלים בדהיית צבע השושנת מסגול לירוק בשלב התבגרות של הצמח ובמעבר מטמפרטורות נמוכות לגבוהות. לכרוב מספר יתרונות גם כצמח מודל לבחינת השפעת תנאי סביבה וטיפולים על הצטברות אנטוציאנינים: משך הזמן קצר בין שתילה לקטיף וידע גנטי וביוכימי על הכרוב.

1ג. השפעת טמפרטורה על הפיגמנטציה בעלי כרוב לנוי.

בהמשך לניסוי בשנת המחקר האשונה, בחנו השפעת תנאי טמפרטורה שונים על הפיגמנטציה של עלוות כרוב לנוי. שתילים מושרשים של כרוב הוכנסו לפיטוטרון בתאריך ה-19.4 בתנאי טמפרטורה של 23 מעי ביום קצר. לאחר שלושה שבועות וביסוס הצמחונים הם חולקו לשלושה חדרים עם טמפרטורות שונות למעקב אחר השפעת הטמפרטורה על הפיגמנטציה (איור 10). העלה שנלקח לקביעת ריכוז האנטוציאנינים הוא העלה הצעיר ביותר הפתוח לאורך הענף. ניתן לראות שישנו הבדל דרמטי בין הצמחים ב-17 מעי לאלו בטמפרטורות הגבוהות יותר מבחינת ריכוז הפיגמנטים בעלים. למעקב ב-HPLC ללימוד השינויים

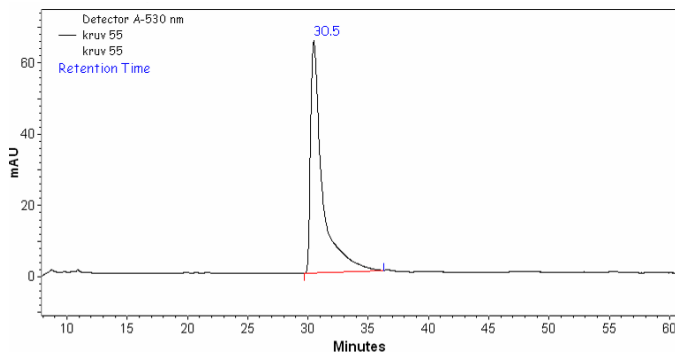
שחלים בעלים עם התבגרותם ושינוי הצבע מאדום לירוק, נלקחו דגימות עלים מצמחים שגדלו ב-17 מעי לאורך ענף הכרוב והפיגמנטים מוצו להרצה באפיון נוספים. ניסוי זה עדין בעיצומו.



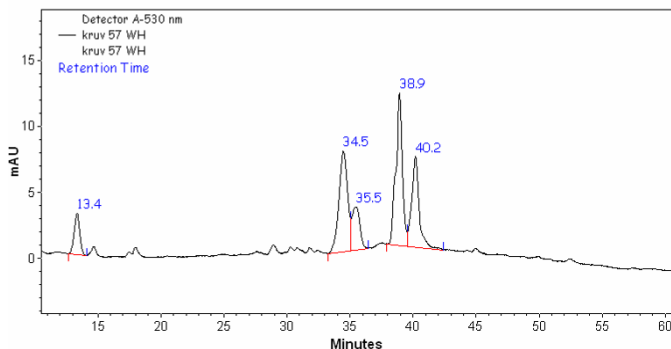
איור 10. השפעת טמפרטורת הגידול על ריכוז האנטוציאנינים בכרוב לנוי. הדגימות נלקחו מעלה במרכז השושנת. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 5 חזרות.

2. שינוי בהרכב האנטוציאנינים עם התפתחות עלי הכרוב.

במטרה ללמוד על השינויים בהרכב האנטוציאנינים עם התבגרות עלי הכרוב, ובעזרת זה להבין יותר על תהליכי פירוק האנטוציאנינים עם התבגרות העלים, הפרדנו את האנטוציאנינים על קולונת RP-18 בעזרת HPLC. באיור 11 ניתן לראות את הכרומטוגרמות של הפרדות אלו עם ובלי הידרוליזה להורדת השיירים על האנטוציאנינים השונים. מהשוואה לספרית ספקטרה של אנטוציאנינים אפיינו את האנטוציאנידים הראשי כציאנידין (חלק עליון של איור). בחלק התחתון של האיור ניתן לראות את מספר אנטוציאנינים שונים שכולם למעשה ניגזרות של ציאנידין. לא הצלחנו לראות הבדלים ברורים בהרכב האנטוציאנינים עם התבגרות עלי הכרוב.

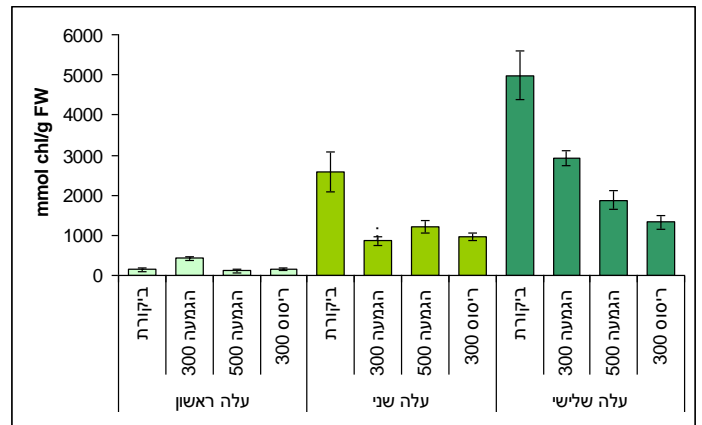
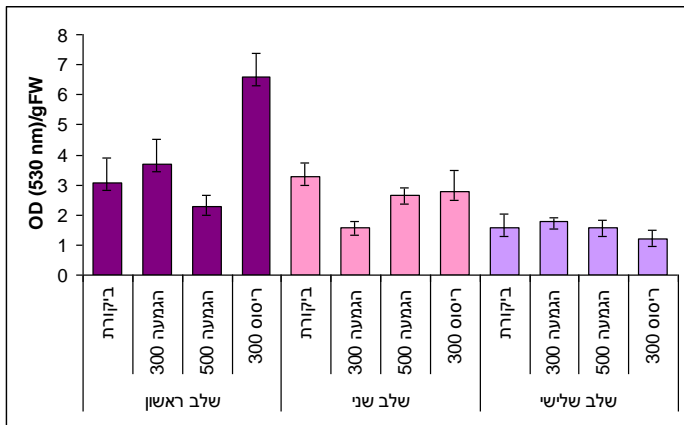


איור 11. כרומטורמה של אנטוציאנינים המרכיבים את עלי הכרוב לנוי. החלק העליון הוא של מיצוי אנטוציאנינים שעבר הידרוליזה להורדת השיירים על הפיגמנטים. החלק התחתון הוא של נגזרות שונות של ציאנידין במיצוי העלים.



3. השפעת מגנזיום על ריכוז האנטוציאנינים בצמחי כרוב.

לבחינת השפעת טיפולים במגנזיום על הפיגנטציה בכרוב, צמחים גודלו בפיטוטרון בתנאי טמפרטורה של 17oC/9oC, ועלים משלוש דרגות התפתחות נלקחו לדגימה. שלושת דרגות ההתפתחות הם שלב ראשון של עלה ממרכז השושנת, שלב שני שהוא מעלה בדור מס. 4 ושלב 3 מדור מספר 8 של שושנת עלי הכרוב (ראה תמונה באיור 12). הצמחים טופלו בתמיסות של מגנזיום ניטרט 4-5 פעמים בהפרשים של שבועיים. טיפולי הריסוס נעשו עם 0.08% טריטון.



איור 12. השפעת טיפולים במגנזיום על ריכוז האנטוציאנינים והכלורופיל של עלי כרוב לנוי. הקווים האנכיים מיצגים ממוצעים של 12 חזרות.

ניתן לראות שריסוס הצמחים בתמיסת מגנזיום ניטרט העלתה באופן ניכר את ריכוז האנטוציאנינים בעלים הצעירים ביותר. נראה שריכוז הכלורופיל ירד כתוצאה מהטיפולים במגנזיום, ולכך אין לנו הסבר.

מסקנות והשלכותיהן על המשך העבודה

המסקנות העיקריות מעבודה זה הן: א. ניתן להגביר את רמת פיגמנטציה האנטוציאנינים בצמחי ברלריה על ידי העברת הצמחים לתנאי טמפרטורה נמוכה (עלים בוגרים צוברים אנטוציאנינים עם שינוי הטמפרטורה) וכן על ידי טיפול במננס, הגורם להגברת הצבע ולעיצוב הצמחים לעציצים. הטיפולים ב'יקולטר' מונעים את איבוד הצבע האדום כתוצאה מכיסוי ביריעות חוסמות UV. ב. ניתן להעלות את ריכוז האנטוציאנינים באופן ניכר בבלובי אקליפטוס מסמרי 'כדורי קקלי' על ידי ריסוס הצמחים במגנזיום ניטרט. ג. ניתן להעלות את ריכוז האנטוציאנינים בעלים הצעירים בכרוב לנוי על ידי ריסוס במגנזיום ניטרט. לצערנו לא הצלחנו במסגרת המחקר לבחון גם צמחים הגדלים בקרקע. תוצאות עבודתנו עם צמחים בעציצים מעודדות ובעתיד יתכן ונבחן אותם גם על צמחים לענפי קישוט כמו גרבילאה איבנהו.

תשובות לשאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח

שלושת המטרות הספציפיות למחקר הן: א. לאפיין את התנאים בהם ישנה הצטברות פיגמנטים בצמחים השונים. ב. לחפש דרכים להעצים את הצבע האדום ולהאריך את משך קיומו בעלים. ג. להבין את התהליכים הגורמים לשינויי הצבע בעלוה.

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

א. בחינת השפעת טמפרטורה ואור UV על הצטברות אנטוציאנינים בצמחי ברלריה, אקליפטוס וכרוב לנוי. ב. בחינת טיפולים להעלאת ריכוז האנטוציאנינים בצמחים אלו. מצאנו שלטמפרטורה ולאור UV השפעה משמעותית על ריכוז האנטוציאנינים בצמחים. בצמחי ברלריה נמצא שניתן לשפר את הפיגמנטציה בעזרת טיפול בחומר מננס, ובצמחי אקליפטוס וכרוב טיפולים במגנזיום העלו את ריכוז הפיגמנטים.

3. המסקנות המדעיות והשלכותיהן להמשך המחקר

א. צמחי ברלריה צוברים יותר אנטוציאנינים בתנאי טמפרטורה נמוכה ועם אור UV. טיפולים ב'קולטרי' מאדימים את עלוות הברלריה באופן ניכר, עם נינוס של הצמח שמשפר את עיצובו כצמח עציץ. בג. לבלוב האקליפטוס גם כן תלוי בטמפרטורת גידול נמוכה, ומוגבר מאד בחשיפה לאור UV. טיפול במגנזיום משפר את רמת האנטוציאנינים בבלוב הצמחים. ד. טיפול במגנזיום משפר את הפיגמנטציה בעלוה הצעירה של כרוב לנוי.

4. הבעיות שנותרו לפתרון

בהמשך נבחן את הטיפולים שנמצאו מתאימים לשיפור הפיגמנטציה בצמחים בעציצים בצמחים בקרקע, על מנת לשפר פיגמנטציה בצמחים לענפי קישוט.

5. הפצת הידע

הרצאה בפני מגדלים.

6. אני ממליץ לפרסם את הדו"ח רק בספריות.