

צוואתי המקצועית: ד"ר יוסף שוב "טיפוח גרברה" גני עם אפריל 2025

החל מ-2005, במשך 19 שנה, נוהלה במשקנו בגני עם הדשיה ע"י מערכת בקרת-השקיה ישראלית בשם: "אוטואגרונום" (AutoAgronom). כיום החל ב-2024, מופעלת בקרת ההשקיה במשקנו ע"י מערכת השקיה ישראלית משוכללת חדשה, בשם: "Roots Talk" שפותחה על בסיס האוטואגרונום - האב-טיפוס של המערכת הוותיקה.

מערכת ה"Roots Talk" כמו מערכת האוטואגרונום, מבוססת על ניטור השינויים הפיזיקליים והכימיים בתמיסת-הקרקע בזמן אמת. המערכת בנויה מבקר חכם עם תוכנה ייעודית וחיישנים בסביבת השורשונים.

יחסי מים ותמיסת הקרקע באזור השורשונים בתנאי הדשיה מדויקת בטפטוף

צמחים בטבע פועלים לצורך קיומם ולתועלתם, על פי תנאי הסביבה במקום חיותם. צמחים חקלאיים מושפעים בנוסף לכך, מביצוע החלטות ניהוליות של החקלאים ועל פי המלצות חוקרי חקלאות. לכל פרקטיקה הנהוגה בהשקיית צמחים אינטנסיביים, השפעה מיידית על תנאי גידול השורשים, והשפעה נמשכת - חיובית או שלילית - על פעילות כל רקמות הצמח.

שינויים סביבתיים אטמוספריים ברי-מדידה, כגון: עננות, קרינה, טמפרטורה, לחות האוויר ועוד, גם אם הם קצרים, באים לידי ביטוי בהתנהלות הצמחים. גם השינויים שהתפתחו באזור השורשים כתוצאה מפעולות החקלאים בשדותיהם, כגון: "מתח מים", "נקודת רוויה", "דשנים עודפים", המלחה ועוד, כולם באים לידי ביטוי חיובי או שלילי. (ראו בעמוד 5 "שלבי התפתחות המלחה חקלאית").

הראשונים להגיב לשינויים הסביבתיים הם השורשים. תגובתם הראשונית היא הקטנה או הגברה של קליטת "תמיסת הקרקע". * * ולדוגמה: התפתחות עננות קלה המקטינה את קרינת האור, מאיטה את הפעילות הפוטו-סינטטית בצמחים ומקטינה את הצורך בקליטת תמיסת הקרקע. עם העלייה ברמת הקרינה, והתקיימות שאר תנאי הגידול הנדרשים לביצוע הליך הפוטוסינתזה, תתגבר גם קליטת תמיסת הקרקע.

צמחים חקלאיים, מגיבים באופן דומה גם לשינויים הסביבתיים הנגרמים ע"י החקלאים עצמם - בהשקיות שאינן מותאמות לכמויות המים הנקלטות ע"י השורשים, וגם אינן מותאמות לזמני צריכת המים הממשית בעת פעילויות הצמחים. השינויים החקלאיים האלה מקטינים, ואף עוצרים, את הליכי הפוטוסינתזה ואת הובלת המוטמים לאזורי הגדילה.

החיישנים הממוחשבים של מערכת ה-Roots Talk אחראים (24 / 7) על יצירתם ושמירתם של התנאים האופטימליים לקליטת מים מאזור השורשים, הן בשטחים פתוחים והן בחממות. חיישני המערכת מגיבים במהירות לשינויים המתפתחים ב"מתח-המים" לאורך כל היממה, מחדשים או עוצרים את ההדשיה * * * * בנקודת הטפטוף - ב"זמן אמת" (בסמוך לצריכת תמיסת הקרקע), במנת הדשיה הקרובה לכמות שנצרכה (כ 20 - 25 סמ"ק) ע"י "צמח מוביל" במערכת הבקרה, שנמדדת באזור השורשים קולטי המים של ה"צמח המוביל" ע"י טנסיומטר רגיש ביותר עם "ערכים מיליבריים".

כך נמנעים באזור השורשים עודפי מים או מחסורם, כך נמנעים תנאי ה"המלחה" ונזקיה, וכך ללא הפסקות, נמשכת פעילות השורשונים והצמיחה, וכך גם מתקצר משמעותית משך הגידול. * * * *

יתרון פרקטי חשוב הנלווה לבקרה הממוחשבת של המערכת, היא העובדה שבכל הדשייה מנוטרת, נרטב נפח הרטבה קבוע. בנפח אופטימלי זה מתפתחות ופועלות ביעילות רבה היונקות ושערות השורש הקולטות בקלות את תמיסת הקרקע הזמינה.

וכאן נזכיר את הדרך הייחודית לצמחים לקליטת החמצן: החמצן החופשי באוויר הקרקע מתמוסס בתמיסת הקרקע. תמיסת הקרקע נקלטת ע"י אברוני השורשים אל מערכות הובלת המים בצמחים המספקות את החמצן ואת שאר המינרלים לאיברי הצמחים שמעל פני הקרקע. דרך זו שונה לחלוטין מקליטה ישירה של מולקולות החמצן החופשי באוויר, ע"י גופים ביולוגיים אחרים שאינם צמחים הקולטים את חמצן האוויר באופן ישיר (למעט דגים). ואלו הן העובדות הפיזיולוגיות בצמחים: (1) במהלך ה"פוטוסינתזה" מתרחש בתאי הצמחים הליך ייחודי שבו משתחרר חמצן כתוצאה מביקוע מולקולות מים. חמצן חופשי זה משתחרר מתאי הצמח לאטמוספירה דרך מנגנוני הפיוניות שבעלים ומעשיר את האוויר, כולל האוויר שבקרקע. (2) חלק קטן מחמצן האוויר, המצוי בחללי הקרקע הקפילריים, מתמוסס בתמיסת הקרקע (8 עד 10 ח. מ. במים בטמפ' של 20°C). (3) רמת ההתמוססות הנמוכה של החמצן במים, תואמת את רמת החמצן המתאימה לתפעול הפעולות הביוכימיות בצמחים. (4) השורשים קולטים את "תמיסת הקרקע" (מים בקרקע בהם התמוססו מינרלי הקרקע, הדשנים והחמצן).

והיות וזו היא הדרך הייחודית לצמחים לקליטת תמיסת הקרקע ולהובלתה לאיברים שמעל פני הקרקע, הרי שהתפתחות הצמחים ופעילותם, מותנית בנוכחות רצופה של אוויר חופשי באזור השורשים קולטי המים. עובדה זו מחייבת - מאז ועד עולם - את עיבוד הקרקע ע"י החקלאים.

ואלו הן הסיבות החיוניות לקליטת "תמיסת הקרקע" המזינה את רקמות הצמחים, תזמונה ותנועתה:
< קליטת תמיסת הקרקע להזנת הצמחים בחמצן ובמינרלים - נמשכת כל היממה. < קליטת מים לצורכי מהלכי ההטמעה - חלה באור היום. < תמיסת מוצרי הפוטוסינתזה היומית ה"מוטמעים" נעה מהעלים אל אזורי הגדילה ואתרי הצמיחה - ביום ובלילה.
< קליטת מים לרקמת העלים - ביום ובלילה, לדילול המוטמעים שריכוזם בתאי העלים הולך ועולה במהלך פעילויות היום.
< התנועה במערכת צינורות ההובלה היא דו-כיוונית, למעלה עד לצמרת וכלפי מטה למערכות השורשים < נידוף מים מהעלים במהלך היום - הוא מהלך תמידי חיוני לצינון רקמות הצמח החשופות לקרינת אור השמש. והוא גם אחד הגורמים הפיזיקליים המאפשרים את עליית תמיסת הקרקע המזינה בצינורות ההובלה, כמעט ללא השקעת אנרגיה בצמחים גבוהים כבנומכים.

בתנאי אקלים קיצוניים, ב"זמן אמת", בכל עונות השנה כשמהירות הנידוף מהעלים גדולה מיכולת שורשי הצמחים לספק את המים להליך הנידוף, מפעילים "צמחים בריאים" את מנגנון עצירת נידוף המים ע"י סגירת ה"פיוניות" שבעלים. ואז סימולטנית נעצרת תנועת המים ונמנעת אספקת החמצן שבמים ו CO₂ האטמוספרי, שהם מרכיבי תהליך ההטמעה.
לעומת זאת - בתנאי בקרת מערכות ה Roots Talk הנידוף נמשך גם בתנאי טמפרטורות יובש אוויר קיצוניים. כך נמשכת, תנועת המים, אספקת החמצן, וקליטת ה CO₂ ללא הפרעה לתהליכי ההטמעה.

בקרת "מתח המים" ותנועתם בקרקעות טבעיים ובמצעים מנותקים מושקים בטפטוף -

בקרקעות טבעיים: (בעומק של מינוס 5 ס"מ עד מינוס 40 ס"מ) מהירות יניקת "תמיסת הקרקע" ע"י השורשים קולטי המים גדולה ממהירות תנועת המים בקרקע הטבעית. ולכן "מתח המים" בעומקים אלה, הנמדד ע"י טנסיומטרים בערכים "סנטיבריים"

(סנטיבר = $1/100$ של הלחץ האטמוספרי), אינו משקף ב"זמן אמת" את השינויים המהירים המתפתחים ב"מתח המים" עקב פעילות הצמחים.

תנועת המים "במצעים מנותקים שמישים" בחקלאות היום: במצעי הגידול האלה תנועת המים האנכית ותנועת הנקיה מאזור השורשים מהירים בהרבה בהשוואה לתנועת המים בקרקע טבעית. גם נידוף המים מהשכבה העליונה של מצעי הגידול השונים מהירה יותר מבקרקע טבעית, ולכן מתח המים, גם הוא משתנה במהירות וסיכוני התפתחות תנאי ההמלחה בשכבת המצע העליונים גדולים. עובדה זו מחייבת ב"זמן אמת" בקרה מדויקת לכמויות ריאליות של מים להשבת מתח המים הרצוי. בשיטת ה **Roots Talk** נמדדים ערכי "מתח המים" בעשירות המיליבר (עשירית מיליבר = $0.1/1000$ של הלחץ האטמוספרי). התגובה המידית והמידתית בזמן אמת! של מערכת ה **Roots Talk** לשינויים המהירים במתח המים מייצבת את התנאים האופטימליים לקליטת תמיסת הקרקע, בתזמון מסונכרן לצריכת מים ע"י צמחים חקלאיים אינטנסיביים.

תנאים אופטימליים לקליטת תמיסת הקרקע - קולטי תמיסת הקרקע הם היונקות ושערות השורש (השורשונים), אלו אברונים דקיקים ורגישים שעליהם להיות במגע קבוע עם תמיסת הקרקע לצורך קליטתה, לכן הם אינם מוגנים פיזית ולכן הם רגישים: ליובש, לעודף מים, למחסור בחמצן, לריכוז גבוה של דשנים המצטברים בתמיסת הקרקע לדרגת המלחה, ולהפרעות אחרות במצע הגידול. ולכן, לצורכי התפתחות הצמחים וגדילתם, חובתו של החקלאי לאפשר את פעילות השורשים הרגישים בשכבות הקרקע העליונות, כלומר: לשמור על נוכחות קבועה של אוויר באזור השורשים, ועל נוכחות תמיסת קרקע המכילה מינרלים ומולקולות חמצן מומסות ברמה האופטימלית.

התנאים הרצויים לערכי תמיסת הקרקע, זהים לתנאים האופטימליים לפעילות השורשונים, והם בשליטת המערכת. ניהול השקיה ממוחשב בשיטת ה **Roots Talk** מבטיח (7 / 24) את תנאי הגידול האופטימליים לפעילות השורשים: < תמיסת ההדשיה המכילה כמויות דשן נמוכות עד בינוניות (כולל יסודות קורט) 200 עד 400 גרם ב 1000 ליטר מים. < "מתח המים" באזור היונקות, יהיה קרוב ל"נקודת הרוויה" - אך תמיד מעליה! (לכל אדמה/מצע שורשים - נקודת רוויה שונה). < ערכי ה pH בתמיסת ההזנה שבין 5.5 ל 6.5 תואמים את רוב הצמחים, ערך pH נמוך מזה מנוטר לצמחים מסוימים.

יתרונות "טפטוף זעיר"

הגדלת התמוססות החמצן בתמיסת הקרקע, מתאפשרת ע"י שימוש בטפטפות שספיקתן נמוכה, ששחרור המים מהן מאופיין בטפטוף טיפות הנפרדות זו מזו (כ 6000 טיפות בליטר) במרווחי זמן של 1.5 עד 2 שניות בין ניטוף הטיפות. 1. "שטח הפנים" הכללי של הטיפות הנפרדות הנחשף לאוויר הקרקע הוא גדול, ובמהלך הטפטוף גדלה התמוססות החמצן בתמיסת הקרקע.

2. ספיקת המים הנמוכה יוצרת באזור שורשי היניקה, תנועת מים קפילרית אופקית ואנכית, המרטיבה נפחים רוחביים בקרקע הגידול ללא בזבוז תמיסת ההדשיה לעומקים מיותרים.

ורק כדוגמה לטפטפות בספיקה נמוכה: טפטפות אל-נגר מווסתות, בספיקה של 250 - 500 סמ"ק / שעה. (תוצרת הארץ)

לעומת זאת - בתמיסת ההדשיה באמצעות טפטפות שספיקתן גבוהה, וללא הפרדה בין הטיפות, רמת החמצן המתמוססת נמוכה בהשוואה להתמוססות החמצן בשיטת ה"טפטוף הזעיר".

3. ספיקת מים גבוהה - יוצרת תנועת מים גרביטציונית (אנכית) המעמיקה את תמיסת הדשנים מעבר לאזור פעילות השורשים ומעבר לנקודת הרוויה. ולכן היא בזבזנית, מיותרת ומסוכנת לשורשי הצמחים. ואף גורמת לזיהום האקוויפרים באזורי החקלאות האינטנסיבית, בעיקר כתוצאה משטיפות עודפי הדשנים בכמויות מים גדולות, המומלצות רשמית בהמלצות ההשקיה למגדלים בישראל.

ד"ר יוסף שוב גני עם 01.12.2024

ט. ל. ח.

הערות:

* "מתח המים" - ערך אטמוספרי הנמדד ע"י "טנסיומטר" המודד את השינויים במצב הלחות בנפחי מצע גידול השורשים. טנסיומטר ה Roots Talk , מייצב את "מתח המים" ב"זמן אמת" בהשקיות קצרות (3 - 4 דקות של כ 20 - 25 סמ"ק) מבלי להגיע ל"נקודת הרוויה".

** "תמיסת הקרקע" - מים זמינים באזור השורשים הכוללים חמצן ומינרלים.

*** "הדשיה" - השקיה בטפטוף מים הכוללים דשנים וחמצן.

**** ראו פרטים מאתרים ברשימת המצגות הרלוונטיות באתרנו: <http://www.gerberaisrael.com>

ראו מצגות באתר: <http://www.roots-talk.com>

שלבי התפתחות "המלחה חקלאית" ונזקיה הנגרמים בצמחים אינטנסיביים

ד"ר יוסף שוב "טיפול זני גרברה" גני עם

"המלחה" היא הצטברות מלחי דשנים עודפים באזור השורשים, וברקמות הצמח

↓
שערות השורש וקצות שורשיו קליטת המים נצרבם וגידולם נעצר

↓
נידוף המים מהעלים עולה על קצב קליטת המים ע"י השורשים

↓
חלה הפרעה בקליטת המים ממצע הגידול

↓
הצמחים מווסתים את נידוף המים על ידי סגירת הפיוניות

↓
כאשר הפיוניות נסגרות מתפתחים בצמח התהליכים הבאים:

מניעת קליטת CO₂

ירידת הלחות באזור העלים

↓
הפסקת ייצור סוכרים

↓
התחממות עלים

↓
רמת המלחים גדלה ביחס לרמת הסוכרים

↓
עליית ריכוז מלחי הדשנים בעלים

↓
תוצאה סופית

אין אספקת אנרגיה, והגידול נעצר

תוצאה נלווית - נזק כלכלי חמור למגדל

אין התעוררות ניצנים חדשים, אין התפתחות ענפים חדשים,

והתוצאה ירידה ניכרת במספר הפרחים, ביבול הפרי ובאיכותו.