

פוריות קרקע ודישון

מושגי יסוד בכימיה של הדישון

מבוא

כל העולם כולו – כימיה... החומר עשוי מחלקיקי היסוד הקטנים ביותר – האטומים. האטום בנוי מפרוטונים אלקטרונים ונויטרונים (החלקיקים הקובעים את התכונות הכימיות של האטום) שהם חלקיקי היסודיים. האלקטרונים נעים סביב גרעין האטום המורכב מהפרוטונים ומהנויטרונים שהם עיקר המסה של האטום. מספר החלקיקים באטום וסידורם קובעים את זהות היסוד הכימי שהוא חומר המורכב מאטומים זהים כמו זהב שהוא מוצק או כלור שהוא גז. היסודות נבדלים ביניהם במשקלם שהוא פועל יוצא של מספר הפרוטונים והנויטרונים שלהם בגרעין. לפרוטונים מטען חשמלי חיובי ולאלקטרונים מטען חשמלי שלילי. מספר האלקטרונים שווה למספר הפרוטונים כך שיש תמיד איזון חשמלי באטום.

אטומי היסודות השונים נוטים להתרכב ביניהם וליצור תרכובות כימיות. רוב העולם שאנו רואים כל יום הוא למעשה תרכובות כימיות. מלח בישול עשוי משריג של אטומי נתרן וכלור ומולקולה של כולסטרול עשויה מאטומי פחמן מימן וחמצן. החלקיק הקטן ביותר של תרכובת נקרא מולקולה או פרודה בעברית. מולקולה עשויה משני אטומים לפחות ויכולה להכיל גם עשרות אלפים. (אטומים של גזים נוטים ליצור מולקולות של אטומים זהים).

המימן הוא היסוד הקל ביותר ולו פרוטון אחד אלקטרון אחד ונויטרון אחד. משקל אטומי = פי כמה כבד אטום מסוים מאטום המימן. משקלו האטומי של המימן הוא אחד. חמצן כבד פי 16 מהמימן ומשקלו האטומי הוא 16. זרחן – משקלו האטומי 32. ואשלגן – 39. נתרן משקלו האטומי 23. (המספרים מעוגלים).

אטום או מולקולה שרכשו מטען חשמלי חיובי או שלילי נקראים יונים. אם אטום נתרן מסר אלקטרון לאטום כלור הוא רוכש מטען חיובי (מס' הפרוטונים כעת גדול יותר) והוא נקרא קטיון. אטום הכלור הוא כעת בעל אלקטרון עודף על הפרוטונים שלו מטענו יהיה שלילי והוא אניון.

בין קטיון לאניון יש משיכה אלקטרוסטטית ובמקרה שלנו נוצר מלח של נתרן כלורי – מלח הבישול. NaCl. קטיונים ואניונים מתרכבים ביניהם ליצירת מלחים. דוגמא ליון שהוא למעשה מולקולה: קטיון האמוניום NH_4^+ (בעל פרוטון עודף). דוגמא נוספת: אניון הסולפט: SO_4^{2-} בעל שני אלקטרונים עודפים המסומנים כשני מטענים שליליים.

ה"כימיה" החקלאית מתנהלת ברובה בתווך מימי כלומר בתמיסת הקרקע.

מושגים בחישוב ריכוזי חומרי הזנה

נרצה אם כן לדעת את ריכוזי חומרי ההזנה או הדשנים בתמיסת הקרקע. במקרים אחרים ריכוז או כמות על בסיס משקלי בתוך הקרקע היבשה. נגדיר לשם כך כמה מושגים שבעזרתם מבטאים ריכוזים.

מול: משקל של תרכובת השווה למשקלה המולקולרי מבוטא בגרמים. למשל מול' מים הוא 18 ג"ר מים. ומול' של חומצה גפריתנית הוא 98 ג"ר חומצה.

ג"ר - אקווילנט: הוא המשקל האקווילנטי (משקל שווה ערך) של חומרים כימיים שונים מבוטא בגרמים. (המשקל האקווילנטי של החומרים השונים נקבע בצורות שונות לפי טיב החומר). למשל אקווילנט של אשלגן הוא 39 ג"ר אשלגן. ואקווילנט של נתרן הוא 23 ג"ר נתרן.

בתמיסת הקרקע ריכוזי התמיסה הם קטנים יחסית ונוח יותר לבטאם באלפיות כמו מילי אקווילנט או מא"ק/ל. כלומר ריכוז הינו ביטוי לכמות חומר המומסת בתמיסה מימית בת ליטר אחד (או יחידת נפח אחרת).

ריכוז מולרי שווה למספר המולים בנפח: (M).
ריכוז נורמלי (N) שווה למספר האקווילנטים בנפח התמיסה. בכימיה של הקרקע עוסקים בד"כ בריכוזים נורמליים.

כ"כ קיימים ביטויי ריכוזים למשקל באחוזים ביטויי ריכוז באחוזים לנפח או ריכוז בחלקי מיליון (ח"מ) (ppm): מספר המיליוניות שמהווה משקל המומס ממשקל התמיסה (בהנחה שליטר תמיסה שוקל ק"ג אחד) או מספר המיליוניות של חומר בק"ג קרקע. הביטוי בח"מ נוח לשימוש בחומרים שריכוזם בקרקע נמוך מאד (עדיף לכתוב 2 ח"מ מ – 0.000002 ק"ג/ק"ג קרקע).

אפשר להסתכל על מערכת השורשים כעל מערכת של משאבות קטנות ניידות הנעה לאיטה בנפח הקרקע, הקולטת מהקרקע חומרי מזון לאורך מסלול ההתקדמות של השורשים. חלקי הקרקע דרכם מתקדמים השורשים מתרוקנים חלקית ובאופן זמני מחומרי מזון זמינים והקליטה מתוך הקרקע גורמת לשינויים בכוון ובעצמת תגובות כימיות ופיזיקליות בקרקע כמו המסה ושקיעה ספיחה וחילוף של יונים.

המלאי הכללי של חומרי מזון המצויים בשכבה העליונה של הקרקע יכול לספק את צרכי הצמח לשנים רבות, אולם הגורם המגביל את זמינות חומרי המזון לצמח הוא קצב הפיכתם מתרכובות מוצקות ליונים מסיסים. המלאי גדול לאין ערוך מן הדרישה הרגעית. הדשן שאנו מספקים זמין לצמח והוא משלים את מה שהקרקע לא מספקת כרגע.

כמויות חומרי הזנה בשכבת דונם* 30 ס"מ שמשקלה 400 טון (נ.להב)

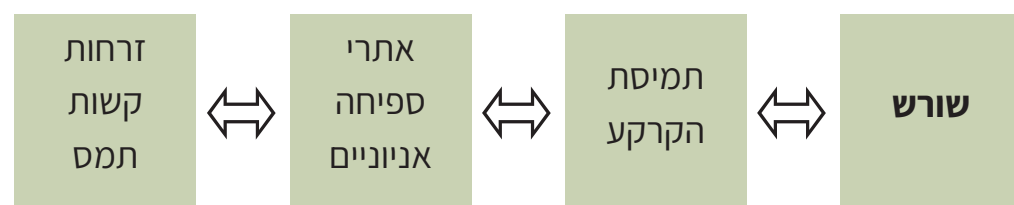
חומר הזנה	כמות חומר הזנה ק"ג / ד'
N	348
P	262
K	4,300
Ca	37,720
Mg	11,680
S	1,010
Mn	433
Fe	15,689

קליטת זרחן

השורש קולט יוני זרחה: $H_2PO_4^-$ או HPO_4^{2-} - מתמיסת הקרקע ויוצר מפל ריכוזים בין התמיסה הרחוקה יחסית מפני השורש לבין פני השורש. כתוצאה מכך מתחילה דיפוזיה של יוני זרחה לכוון השורש. הזרחות שבתמיסת הקרקע נמצאות בשווי משקל עם יוני זרחה ספוחים על פני מינרלי הקרקע (החרסיות) וכן עם הזרחות קשות התמס בפני הביניים תמיסה - מלחי סידן קשי תמס.

שווי המשקל בין התמיסה לבין היונים הספוחים הינו מהיר אך זרחות הקרקע - הזרחות הסידיניות, הן קשות תמס ביותר ולכן ריכוז הזרחן בקרקע הוא נמוך מאוד. פעילות השורשים גורמת בין השאר להחמצת הסביבה המיידית שלהם ולהגברת מסיסות הזרחות הסידיניות וע"י כך הגדלת זמינות הזרחות לצמח.

שתי הצורות היוניות שנזכרו לעיל הן הצורות העיקריות של הזרחן בתמיסת הקרקע. מסיסות זרחות הקרקע היא פונקציה של ה- pH = דרגת החומציות של הקרקע : ב- pH=6 מסיסות הזרחן היא הגבוהה ביותר. ב- pH = 7.2 שווים ריכוזי שתי הצורות היוניות ולכן שתיהן חשובות (זוהי דרגת חומציות שכיחה בקרקעות בארץ).



קליטת חומרי הזנה ע"י השורש

קליטת חנקן

השורש קולט חנקן בצורת אניון NO_3^- או בצורת NH_4^+ . השורש פועל בסביבה מימית וממנה הוא קולט את היונים. יוני החנקה נמצאים תמיד בפאזה המימית. יון האמון מתחלק בין הפאזה המוצקה של הקרקע לבין תמיסת הקרקע וקליטתו דומה לקליטת האשלגן אודותיו נרחיב בהמשך.

צמחים שונים קולטים חנקן בשתי הצורות ביחסים שונים ע"פ תכונות הצמח. החנקן שונה משאר חומרי המזון בכך שבכל רגע נתון המלאי העיקרי שלו בקרקע מקורו בחומר אורגני. הוספת חנקן קליט כמו חנקה ואמון לצמח תלויה בתהליכי פירוק שעוברים על החומר האורגני בקרקע בעזרת האוכלוסיה המיקרוביאלית.

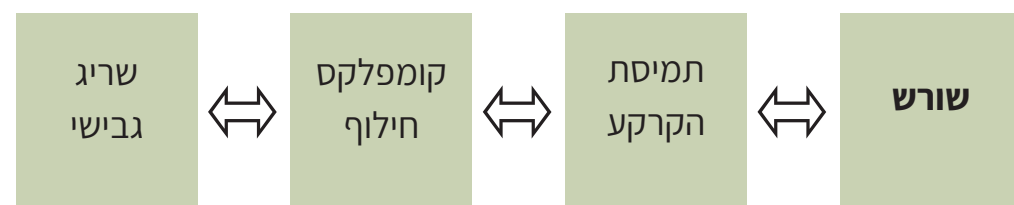
תהליכי הפרוק כוללים הפיכת חנקן קשור בתרכובות אורגניות לאמון : אמוניפיקציה. ושלבי חימצון שונים עד הפיכתו לחנקה. החנקה נידת בקרקע ונשטפת בקלות לעומת האמון העובר אינטרקציות עם חלקיקי החרסית בקרקע. ישנם צמחים שיחסי חנקה/ אמון בתמיסת הקרקע גורמים להם להפריש יוני מימן H^+ להורדת ה-pH בסביבה המיידית של השורש ולגרום למסיסות של מינרלים כמו מינרלי ברזל שקודם היו פחות מסיסים או לא מסיסים כלל ולהעמידם לרשות הצמח. (ב-pH המקובל בקרקע הברזל אינו מסיס כלל).

האשלגן בקרקע

האשלגן בקרקע מתחלק לשלוש קבוצות: אשלגן מסיס - בתמיסת הקרקע, אשלגן חליף - ע"פ השטח של חלקיקי הקרקע, ואשלגן מבני - שהוא חלק ממבנה החרסיות.

היחסים בין "סוגי" האשלגן הם של שני סדרי גודל. למשל בקרקע מסוימת בשכבת דונם, עליונה, בת 300 טון יש כ- 4,000 ק"ג אשלגן מבני, 40 ק"ג אשלגן חליף, ו- 0.4 ק"ג אשלגן מסיס. כלומר כמות האשלגן הזמין היא קטנה ביותר ביחס למלאי. גידול כמו עגבניות לתעשייה מרחיק כ- 40 ק"ג אשלגן מהקרקע, כלומר כל האשלגן החליף נצרך במשך העונה.

צורת קליטת האשלגן:



השורש בא במגע עם תמיסת הקרקע וקולט יוני אשלגן. נוצר מפל ריכוזים: ליד השורש הריכוז נמוך ורחוק ממנו הריכוז גבוה.

כתוצאה מתחילה דיפוזיה של אשלגן לכיוון השורש. חשוב לדעת כי נפח השורשים הוא כ- 1% מכלל נפח הקרקע. האשלגן נמצא בקרקע בשווי משקל בכל צורותיו עד לערעור שווי המשקל במקרה שלנו ע"י קליטתו בצמח. ירידה בריכוז האשלגן בתמיסת הקרקע מזיזה את שווי המשקל ימינה: אשלגן חליף יוצא לתמיסה ואם חרסיות הקרקע הן מקבוצת האיליט המכילות אשלגן בתוך השריג הגבישי ינוע אשלגן מתוך השריג אל שטח פניו החיצוני כאשלגן חליף. אם לא תיעצר החזרה לשווי המשקל החדש במעבר אשלגן ממצב חליף לתמיסה.

הזמן הדרוש למערכת לשוב לשווי משקל הוא דקות עד שעות על מנת להשוות ריכוזים בסביבת השורש. יצירת מצב יציב מחדש בין התמיסה לשטח הפנים של החרסית בעקבות הפרת המצב מוערכת אף היא בשעות (וימים). לעומת זאת קצב יציאת האשלגן מן השריג הגבישי של החרסיות אל פני החרסיות הוא קצב של חודשים ואולי אף שנים.

בעקבות דיסון אשלגני תנוע המערכת שמאלה: ריכוז האשלגן בתמיסה יעלה וכמות האשלגן החליף תעלה בעקבות כך אף היא. בקרקעות שלא מכילות הרבה איליט יש לכן, בעקבות שנים רבות של חקלאות אינטנסיבית, סכנה של דלדול באשלגן משום שלא כל האשלגן מוחזר לקרקע בשאריות הצמחים. (אחוז האיליט מכלל החרסיות בקרקעות הארץ הוא 20%-15%)

בדיקות קרקע הן כלי חשוב להערכת מצב חומרי ההזנה בקרקע.

• לגבי אשלגן לא תמיד נמצא מתאם בין רמת האשלגן החליף בקרקע ותגובת הגידול להוספת אשלגן. לעומת זאת יש מתאם טוב בין רמת האשלגן בתמיסת הקרקע ובין היבול.

• רק חלק קטן מן האשלגן בקרקע נקלט ע"י השורש בזמן גדילתו. רוב האשלגן נקלט ע"י דיפוזיה בתמיסת הקרקע לכיוון השורש, בשל מפל הריכוזים.

• ככל שיותר אשלגן נמצא בתמיסה (השתחרר מעמדות חילופין בחרסית) הוא זמין יותר לצמח.

• אשלגן הקרקע נמצא בשתי צורות: חליף ומבני.

• דרגת הרוויה של החרסית באשלגן קובעת את רמתו בתמיסת הקרקע. הקרקע "תקבע" קודם אשלגן כחליף ולאחר מילוי אתרי החילוף תשחרר אשלגן לתמיסה.

• עם אותה כמות אשלגן חליף ליחידת קרקע, קרקע חולית תהיה רוויה באשלגן לעומת קרקע כבדה ש"תקבע" את האשלגן ולא תשחררו לתמיסה. קרקע קלה מכילה אחוז חרסית נמוך יחסית.

• בקרקע כבדה נדרשת כמות אשלגן חליף גבוהה הרבה יותר מאשר בקלה ע"מ לקיים אותו ריכוז אשלגן בתמיסת הקרקע.

• באותה רמת אשלגן חליף הקרקע הקלה משחררת יותר אשלגן לתמיסה וכך גם באותה תוספת דשן. יש צורך להוסיף עוד דשן בקרקע הכבדה ע"מ להגיע לאותה רמת אשלגן רצויה בתמיסה.

• עבור גידול מסוים ישנה חשיבות גדולה אם ריכוז האשלגן בתמיסת הקרקע קטן במהירות משך עונת הגידול או לאט יותר. לקרקע חולית יש כושר קטן יותר מלקרקע כבדה לקיים רמת אשלגן גבוהה לאורך ציר הזמן.

• כאשר רמת הדיסון האשלגני אינה מספקת וכל האשלגן החליף נצרך (דרך תמיסת הקרקע) נסמך הצמח על אשלגן מבני שצריך לצאת החוצה. יש צורך בדיסון מסיבי של אשלגן ע"מ להתגבר על הקבוע ההתחלתי של האשלגן בתוך השריג של החרסית.

• באותה רמת רטיבות ואשלגן חליף תנועת האשלגן אל תוך השורש תהיה מהירה יותר בקרקע קלה משום ריכוז האשלגן הגבוה יותר בתמיסה.

• קצב הדיפוזיה גבוה יותר ברטיבות גבוהה יותר. כלומר קרקע יבשה יותר דורשת יותר אשלגן ע"מ לקיים ערכי דיפוזיה שווים.

• רמת אשלגן נמוכה יחסית ברטיבות מתאימה מביאה לאותה רמת יבול אך עם רמת אשלגן גבוהה ורטיבות נמוכה.

חשוב לכן לדעת בקרקעות חוליות את רמת האשלגן המסיס – שיעמוד לרשות הצמח דרך תמיסת הקרקע באופן מידי, וכן לדעת מהי רמת האשלגן החליף שבאופן יחסי היא נמוכה בקרקע חולית (קרקע חולית מוגדרת לצורך העניין ככזאת עם אחוז מים ברוויה הנמוך מ- 30% מים).

הבדיקה נעשית ב- 25% רטיבות באופן סטנדרטי ולמרבית הגידולים רצוי שהתחום יהיה 15-20 מג"ר/ל" (ppm) או כ- 0.5 מא"ק/ל". (אם נתרם את רטיבות "הרוויה" – 25% לרטיבות השדה כלומר כחצי מהרטיבות בבדיקה נקבל ערך של כ- 40 מג"ר/ל" במי הקרקע שהוא הערך הרצוי).

לגבי אשלגן חליף - הרמה הרצויה בקרקע חולית היא 155-175 מג"ר/ק"ג קרקע יבשה ואף יותר בגידולים רגישים מאד כמו עגבניות או בעלי בית שורשים שטוח כמו צנונית וגזר גמדי.

אשלגן במיצוי בסידן כלורי (CaCl₂) בקרקעות לס יהיה כערך סף לא פחות מ- 30 מג"ר/ק"ג קרקע. תפוא"ד וגזר בתחום 50-80 מג"ר/ק"ג אפשר לקחת בחשבון זבל אורגני או דיסון חלקי. מעל 80 מג"ר/ק"ג אין צורך בדיסון. חשוב פעם ב- 5 שנים לבדוק אשלגן חליף גם בקרקעות הכבדות יותר.

סימון הדשן וחישובים

באופן מסורתי מסמנים את הדשן ע"י האותיות הראשונות של יסודות המקרו המרכיבים אותם בהרכב של אחוז משקלי. החנקן תמיד מופיע ראשון אח"כ הזרחן ולבסוף האשלגן. אלה היסודות העיקרים המופיעים בדשנים. יסודות נוספים אם ישנם בדשן יסומנו אף הם בנפרד. שיטת הסימון היא אחידה לכל יצרני הדשן:

תכולת החנקן מצוינת כאחוז החנקן הצרוף, N, בדשן.
 הזרחן בדשן מצוין כאחוז תחמוצת הזרחן, P₂O₅, בדשן
 האשלגן מצוין כ-K₂O% תחמוצת האשלגן, בדשן.

את תכולת הדשן מציינים במספרים בלבד משמאל לימין: לדוגמה 20-20-20 פירושו דשן המכיל 20% חנקן צרוף 20% זרחן כתחמוצת זרחן ו- 20% אשלגן כתחמוצת אשלגן.

חישוב תחמוצת זרחן

כתחמוצת זרחן חלקו של הזרחן בתחמוצת מחושב עפ"י המשקלים האטומיים:

יסוד	חישוב
חמצן	16 X 5 = 80
זרחן	31 X 2 = 62
סה"כ	80 + 62 = 142

חלקו של הזרחן הצרוף הוא אם כן $(\%) = 43.7\% * 100 : 142 = 62$

חישוב תחמוצת אשלגן

חלקו של האשלגן בתחמוצת האשלגן הוא:

יסוד	חישוב
חמצן	16
אשלגן	39 X 2 = 78
סה"כ	78 + 16 = 94

תחמוצת האשלגן מכילה אם כן $(\%) = 83\% * 100 = 78 : 94$ אשלגן צרוף.

כשאנו מדברים על יחידת דשן חשוב לבהיר במה מדובר. לדוגמא יחידת חנקן היא ק"ג חנקן צרוף. אך לא תמיד ברור אם מתכוונים ביחידת זרחן לק"ג זרחן צרוף או לק"ג תחמוצת זרחן או ל - ppm ח"מ זרחן (=יחידות "התשובה" מבידיקות הקרקע של מעבדת שרות שדה).

צורת חישוב של תוספת דשן זרחני

כזכור חלקו של הזרחן בתחמוצת הזרחן הוא 43.7%.

בדשן סופרפוספט 25% יש 250 גר' תחמוצת זרחן בכל ק"ג אחד של דשן (ציון הזרחן בדשן הוא של תחמוצת זרחן).

לכן כל ק"ג סופרפוספט 25% מכיל $250 * 0.437 = 109.25$ ג"ר זרחן צרוף.

שכבת קרקע שנדגמה ושעומקה 30 ס"מ ושטחה דונם (1000 מ"ר) -

נפחה הוא $1000 * 0.3 = 300$ מ"ק. אם נעריך את צפיפות הקרקע כ- 1.4 ק"ג/ליטר נקבל שמשקל שכבת הקרקע הנ"ל היא: $300 * 1.4 = 420$ טון\ד'.

1 ח"מ או 1 ppm מהווים מיליונית מתוך ערך נמדד כלשהו. מיליונית של טון היא 1 ג"ר

(1 ק"ג = אלפית טון, 1 ג"ר = אלפית ק"ג, אלפית * אלפית = מיליונית).

כלומר אם משקל שכבת הקרקע הוא 420 טון הרי מיליונית אחת היא 420 ג"ר.

נניח שבדיקת המעבדה הניבה תוצאה של 10 ח"מ זרחן. ההמלצות לגידול הן 25 ח"מ זרחן בקרקע לפני הזריעה, חסרים אם כן 15 ח"מ.

(כאן מדובר על זרחן צרוף - P) ונשאלת השאלה כמה דשן יש להוסיף?

מאחר וחסרים לנו 15 ח"מ זרחן חסרים לנו $15 * 420 = 6300$ ג"ר זרחן.

בק"ג אחד של סופרפוספט 25% יש כזכור 109 ג"ר זרחן נדרשים אם כן:

$\frac{6300 \times 1000}{109} = 57,798$ <p>ג"ר דשן</p>
--

שהם כ- 58 ק"ג/ד' סופרפוספט 25% (להבדיל מסופרפוספט 46%).

למעשה אנו יכולים לדעת כמה ק"ג סופרפוספט 25% יש להוסיף לקרקע ע"מ להעלות את

ריכוז הזרחן (P) בקרקע שצפיפותה 1.4 ג"ר\סמ"ק לעומק של 30 ס"מ ב- 1 ח"מ (420 ג"ר):

$(1000 * 420) : 109 = 3,853$ ג"ר דשן סופר 25%.

כלומר כ- 4 ק"ג סופר נחוצים להעלות את ריכוז הזרחן ב- 1 ח"מ. אם ניקח בחשבון את יעילות

הדישון כ- 50%, נחוצים לנו 8 ק"ג דשן למטרה הנ"ל, ו- 116 ק"ג דשן/ד' להעלות את ריכוז

הזרחן בקרקע הנ"ל ל- 25 ח"מ, מ- 10 ח"מ שנמצאו בבדיקה.

(הערה: ח"מ אינו יחידת דשן!)

דישון ובקרתו

מקורות אספקת חומרי הזנה לגידול הכותנה מגוונים: קרקע, מי השקיה ודישון. תרומת הקרקע כמקור הזנה לצמחים תלויה בפוריותה ובסוג ההשקיה (בהשקיה בהמטרה כל נפח הקרקע מנוצל, בעוד שבטיפטוף רק חלקה).

חנקן

ההערכה לגבי זמינות חנקן בקרקע מתבצעת ע"י דיגום קרקע לקראת זריעה עד לעומק 90 ס"מ (דיגום בשכבות 0-30, 30-60, 60-90), (חישוב כמויות החנקן בשכבות השונות יוסבר בנספח בסוף הפרק). התרומה של מי הקולחים להזנה של הגידול תלויה בריכוז המינרלים במים. ריכוז של 10 מ"ג/ליטר של מינרל כלשהו שווה ליחידה (ק"ג) של דשן בכל 100 מ"ק מים. לדוגמה ריכוז של 25 מ"ג/ליטר של חנקן חנקתי ואמוניקאלי שווה ערך ל- 2.5 ק"ג חנקן (יחידות) בכל 100 מ"ק מי השקיה. באופן כללי ניתן לומר שריכוזי החנקן והזרחן במי הקולחין פוחתים ככל שתהליך הטיהור וזמן השהיה במאגר ארוך יותר. לכן מומלץ לבדוק את ריכוזי המינרלים במי הקולחין סמוך להשקיה הראשונה. (תכולת החנקן הממוצעת במי הקולחין במט"שים העומדים בתקנות היא 2 - 4 יחידות בכל 100 מ"ק). כמות החנקן הכללית הזמינה שיש להעמיד לרשות דונם כותנה כ- 25 - 30 יחידות, כאשר בדישון משלימים את הגירעון שבין תרומת הקרקע והמים לבין הכמות הנדרשת. את הדשן החנקני החסר יש להשלים במהלך התקופה 15.6 - 31.7.

טבלה 1: דישון חנקני לאחר פתיחת מים

1.7 - 31.7	15.6 - 31.6	השקיית בצל	
		4-5 ק"ג	חנקן צרוף
300-400 גר' ליום	200-300 גר' ליום		

* תחילת דישוני ראש תלויה בעתוי של פתיחת המים. "בהשקית בצל" או בהשקיה העוקבת צריך להשלים 4-5 יחידות חנקן.

זמינות המינרלים לצמחים מכל מקור שהוא לא אחידה ותלויה בהרבה גורמים. לכן, חשוב לבקר את מידת קליטת המינרלים בצמח (באמצעות פטוטרות עלה, ראה להלן) במהלך הגידול ובמקרה הצורך לשנות בהתאם את משטר הדישון.

טבלה 2: סוגי דשני חנקן מקובלים

אוראן %	תכולת חנקן גר' בק"ג	משקל נפחי (ק"ג/ליטר)	כמות חנקן גר' בליטר
32%	320	1.3	420
35%	350	1.35	473
21% אמון חנקתי	210	1.28	270

רמת החנקן נקבעת במעבדה כאשר חנקה NO_3 נקבעת בעזרת ריאגנט כימי המפתח צבע בנוכחות חנקן או בעזרת מכשיר. אם רוצים אפשר גם למדוד את תכולת החנקן האמוניאקלי NH_4 , במיצוי או בעזרת מלח הדוחק את האמון מן הקרקע ומאפשר מדידת ריכוזו בתמיסה.

קביעת ריכוז החנקה בבדיקת שדה באמצעות מכשיר HORIBA נותנת תוצאות מידיות בשדה ונמצא מתאם גבוה בינה לבין בדיקת פטוטרות במעבדה אשר תשובה ממנה תתקבל רק אחרי כמה ימים. את העבודה אפשר למצוא באתר המועצה תחת הכרטיסיה מחקרים והדרכה. מילת חיפוש: HORIBA.

זרחן

דישון זרחני ביסוד או ב"ראש" תלוי בזמינותו בקרקע. רמת הזרחן הזמין בקרקע נקבעת בבדיקה הנקראת "שיטת אולסן". כאשר ריכוז הזרחן בקרקע פחות מ- 10 - 14 מ"ג/ק"ג, תלוי בסוג הקרקע והאזור, מומלץ להעלות את ריכוז הזרחן בקרקע לפחות 20 מ"ג/ק"ג תלוי בדרישת הגידולים העוקבים לזמינות זרחן בקרקע, כדי לחסוך יישומים תכופים מידי. כאשר ריכוז הזרחן בקרקע נמוך מ- 8 מ"ג/ק"ג רצוי לדשן בכל מקרה ביסוד ולא להמתין לדישוני ראש. כמות הזרחן הרצויה להעלאת ריכוז הזרחן ב- 1 מ"ג/ק"ג תלויה בסוג הקרקע (pH, וטקסטורה), ובשיטת היישום (דישון צד, פיזור על פני השטח ועומק הצנעה), כאשר בישום בפסים 1 ק"ג/ד' תחמוצת זרחנית ועד 2 ק"ג/ד' תחמוצת במקרה של פיזור והצנעה עמוקה בכל השטח. (חישוב כמויות הדשן הנחוצות ע"פ תוצאות המעבדה יוסבר בנספח).

אשלגן

דישון אשלגני ביסוד או בראש תלוי בזמינותו בקרקע. זמינות האשלגן בקרקע נאמדת בשלוש שיטות: א. מיצוי ב- $CaCl_2$, ב. במיצוי מימי ΔF . מדשנים באשלגן ביסוד ב- 20 - 30 ק"ג תחמוצת אשלגן/דונם כאשר זמינות של האשלגן בקרקע נמוכה, טבלה 2 (ככל שהערך שלילי יותר המחסור באשלגן גבוה יותר).

טבלה 3: ערכי אשלגן רצויים וערכי סף לדישון

	$CaCl_2$ מ"ג/ק"ג		ΔF	
	קרקע כבדה	קרקע בינונית	קרקע כבדה	קרקע בינונית
ערכים רצויים הגבוהים מ-	91	85	-3600	-3400
ערכים במחסור פחות מ-	70	60	-3800	-3600

למרות האמור לעיל צריך לבחון בכל אזור מהניסיון המקומי המצטבר את התועלת הצפויה מדישון אשלגני. כמות האשלגן הזמינה לצמחי כותנה בקרקעות גבוהות בד"כ גבוהה ולא אחת הוכח שהתועלת מדישון אשלגני זניחה כלכלית בקרקעות כבדות.

בקרת דישון

זמינות המינרלים לצמחים מכל מקור שהוא לא אחידה ותלויה בהרבה גורמים. לכן, חשוב לבקר את מידת קליטת המינרלים בצמח (באמצעות פטוטרות עלה) במהלך הגידול ובמקרה הצורך לשנות בהתאם את משטר הדישון. השינוי בריכוז החנקן, זרחן ואשלגן בפטוטרות העלים מוצגות בגרפים 1 - 3.

עלה נבחר:

העלה הנבחר הוא העלה האחרון שהגיע לגודלו המכסימלי וצבעו השתנה מירוק בהיר לכהה. בדרך כלל העלה הנבחר הוא הרביעי או החמישי מקדקד הצמיחה, סופרים רק את העלים הנראים לעין בבירור, בקוטר של לפחות 1 - 2 ס"מ, (ראה דיאגרמה). את הפטוטרות חייבים להפריד מהטרף מיד לאחר הדיגום ולהכניס את הפטוטרות בלבד לשקית נייר. הפטוטרות חייבות להיות מצמחים בריאים ולא מפוצלים או פגועים ממזיקים.

שיטת דיגום:

כ- 60 פטוטרות יילקחו מחלקה של כ- 5 דונם המייצגת שדה אחיד של 100 - 500 דונם. יש לציין עם מסירת המדגם את מספר השבועות לפני (המשוער) או אחרי הפריחה בפועל, וכן זיהוי החלקה.

זמן דיגום:

הדיגום יתקיים בשעות הבוקר המוקדמות ולא יאוחר מהשעה 09:00 בבוקר. הדיגום יתקיים יום עד יומיים לאחר ההשקיה בשטחי טיפסוף, ושלושה עד ארבעה ימים לאחר ההשקיה בקו-נוע ובהמטרה.

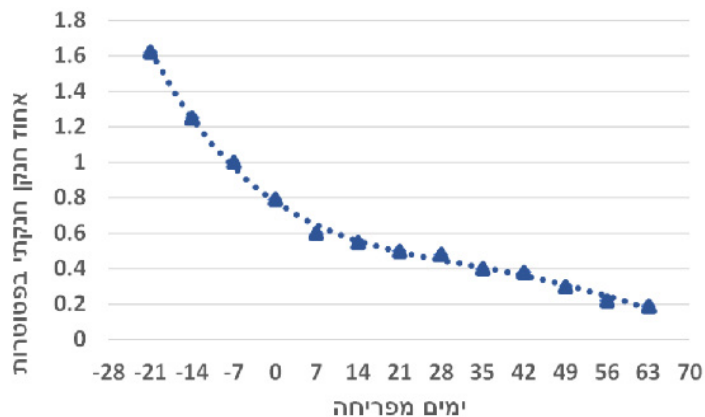
ניתוח תוצאות:

ריכוז הניטריטים, זרחן והאשלגן בפטוטרות העלים יורד עם הזמן (ראה דיאגרמות). ההחלטה לגבי קיום או שינוי משטר הדישון תלויה במידת הסטייה של ריכוזי המינרלים בפטוטרות לעומת הרצוי (ראה גרף). במידה והסטייה מהתחום הרצוי משמעותית, כדאי לשוב ולדגום את השטח כשבוע עד עשרה ימים לאחר שינוי משטר הדישון.



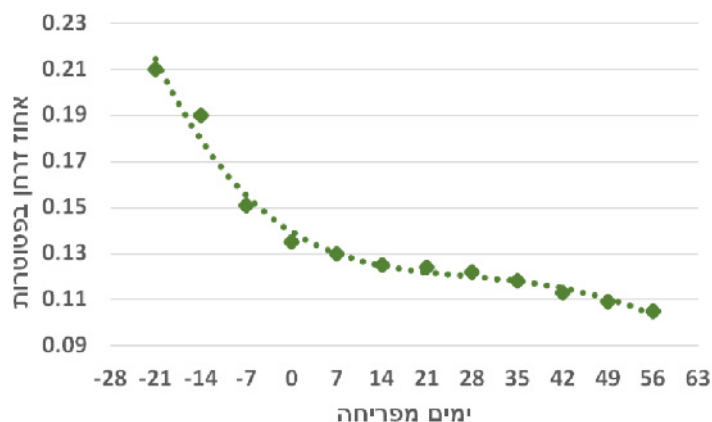
גרף 1:

עקום יחוס מיטבי לריכוז חנקן חנקתי בפטוטרות עלי כותנה.



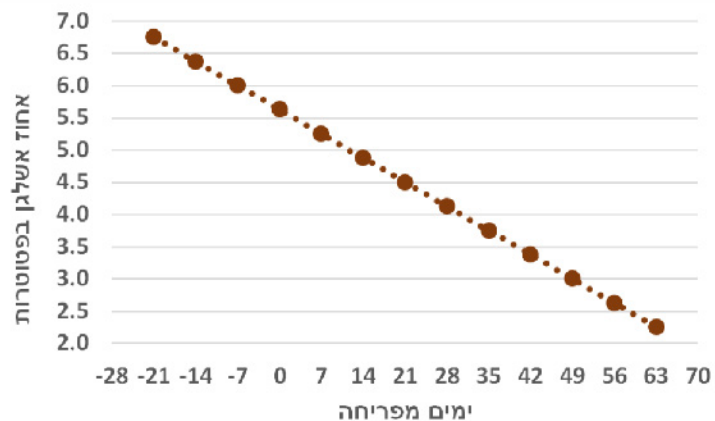
גרף 2:

עקום יחוס מיטבי לריכוז זרחן בפטוטרות עלי כותנה.



גרף 3:

עקום יחוס מיטבי לריכוז אשלגן בפטוטרות עלי כותנה.



סימני מחסור בחומרי הזנה

מחסור חנקן בכותנה (עלים חיוורים)



מחסור זרחן בכותנה (נדיר מאוד בישראל)



מחסור אשלגן בכותנה (שחמת)



שילוך כותנה

צמח הכותנה, כמו רוב הצמחים בעלי מודל צימוח בלתי מסיים יוצר עלים חדשים ככל שהוא מתפתח. כתוצאה מכך, אפילו לקראת סיום העונה כאשר רוב ההלקטים פתוחים, יש מספיק עלים ירוקים כדי להפריע לקטיף המכני - ומכאן, הצורך לשלך.

עם כניסת הקטפות העוטפות, חשיבות השילוך עלתה מדרגה. עלווה ירוקה בתוך גלילות כותן מהודקות גורמת להתעפשות עקב לחות בגלילית והמיוחד בשוליה. לחות זו עלולה לגרום להתפתחות ריקבונות.

המטרה היא להפחית כמה שניתן המצאות עלים ירוקים על הצמח לפני קטיף, וכמה שיותר הלקטים פתוחים עד אמיר הצמיחה.

גורמים המשפיעים על השילוך

ההשפעה	משני	ראשי
ככל שהצמחים מבוגרים יותר, אחוז הפתיחה גבוה יותר והעלווה תקינה = שילוך קל יותר	גיל הצמח\העלה הלקטים פתוחים תקינות העלווה	צמחי
ככל שהצמחים גבוהים יותר, סבוכים יותר, קיימת רביצה ולבלוב בעצמה גבוהה = שילוך קשה	גובה הצמחים צפיפות העלווה לבלוב חדש רביצה	מצב השדה
מים וחנקן בקרקע ברמה גבוהה = שילוך קשה ירידת טמפרטורות = האטת פעילות החומרים המשלכים	מים בקרקע חנקן בקרקע משטר טמפרטורות	תנאי סביבה

תכונות חומר שילוך

החומר המשמש לשילוך כיום הינו תשליך או סטרפטזי - תרכיז רחף שמהווה שילוב של שני חומרים פעילים. (האחד 120 THIADIAZURON גרם/ליטר) מווסת צמיחה הגורם ליצירת רקמת ניתוק בין הגבעול לעלה והשני 120 DIURON גרם/ליטר) קוטל עשבים הגורם לייבוש העלה.

תכונות החומר:

- יעילות גבוהה בעלווה רעננה
- יעילות בינונית - נמוכה בעלווה בוגרת מושחמת
- מונע התחדשות