

כימיה וחקלאות

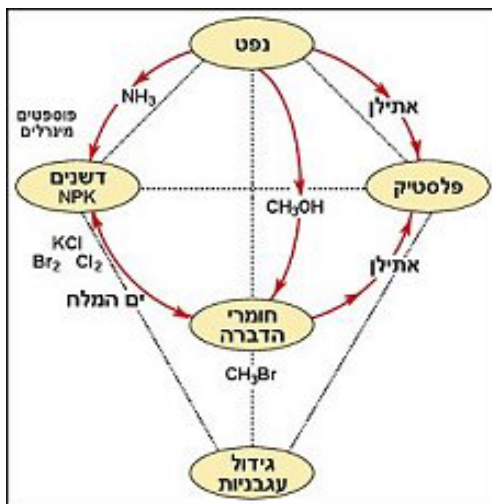
דינה רפפורט – המחלקה להוראת המדעים מכון ויצמן למדע

מקומה של הכימיה בחקלאות

בראשיתה עסקה החקלאות בביות צמחים וחיות בר לשם הגדלת כמויות המזון ולנוחות השגתו. החקלאות היא אחד המקצועות העתיקים בתרבותנו, ונדמה שאף עתיקה יותר ממה שמכונה ה"מקצוע העתיק ביותר בעולם". לאורך ההיסטוריה לא הסתפקו החקלאים בביות, ורתמו לעזרתם את כל ההתפתחויות המדעיות והטכנולוגיות – אין כמו מחקר על התפתחות החקלאות בעולם כדי ללמדנו על התפתחות הידע האנושי.



בחקלאות המודרנית מככבת הכימיה ואין שלב בגידול ותרבות צמחים ובעלי-חיים שאינו משתמש בידע הכימי העומד לרשות האדם.



לדוגמה נביא את סיפור גידול העגבנייה (Hofstein & Mamlok 2001). על מנת לגדל עגבניות במנהרות מכוסות פוליאאתילן צריך להבין את הכימיה של פולימרים סינתטיים. צריך להבין את נושא הדישון משני היבטים: (1) השפעת היסודות אתם מדשנים על הפיסיולוגיה של הצמח.

(2) היכרות עם הרכב המלחים ודרכי הפקתם. בזאת לא די, הגידול תחת פלסטיק מביא איתו תנאי לחות וטמפרטורה גבוהים יותר תנאים אלה מהווים סביבה אידאלית להתפתחותם של מזיקים (חרקים בשלבי חיים השונים, פטריות או בקטריות) אותם

צריך להדביר. וכך שוב מתגייסת הכימיה לשרות ה"עגבנייה" על-ידי שימוש בחומרי הדברה שונים.

הדברה



ההדברה היא נושא חשוב בחקלאות המודרנית. על מגפות של מחלות צמחים מסופר כבר בתנ"ך, וישנן עדויות מהתקופה הרומית על השמדה פתאומית ומתפשטת של חיטה על-ידי חילדון. ידועה במיוחד מגפת הכימשון שפשטה באירופה בשנים 6, 1845, מגיפה שהביאה לעזיבתם של מיליוני אירים שהגרו לארה"ב בשל הרעב הכבד. בתוך התקופה הזו הסתבר, באופן מקרי, שבשדות תפוחי-אדמה שגדלים ליד מכרות נחושת לא התגלו סימני כימשון. אחרי מספר ניסויים החלו לרסס בנחושת גופרתית והמחלה הודברה.

ספור אחר מורכב קצת יותר הוא פיתוחו של מה שמכונה "מרק בורדו" תערובת של נחושת גופרתית סיד ומים

משמשת למיגור הקמחון, מחלה שתקפה את הענבים בכרמים באזורים מסוימים בצרפת, ושאימה להשמיד את כל יבול היין באזור. רק הבנה מלאה של התהליך המתרחש כשמערבבים ביחד שלושה חומרים אלה יכולה הייתה להביא לתוצאות המקוות.

גם החומר הידוע לנו כ- DDT (דיכלורו-דיפניל-טריכלורואתן) הורכב בחברה מסחרית שעסקה בכימיה. אך אליה וקוץ בה. הסתבר למשל שה-DDT שהציל רבבות מרעב, התגלה אחר-כך במי השתיה, בחלב פרות וברקמות שומניות באדם. החומר מתפרק לאט מאד ולכן מצטבר בסביבה וגורם לנזקים לא מעטים לאדם ולסביבתו. אותו דבר קרה להרבה חומרי הדברה נוספים. גם כאן מתגייסת הכימיה לטובת האדם ומתחיל מחקר מואץ של פיתוח תחליפים רעילים פחות ואשר מתפרקים מהר יותר. מחקרים אלה נעשים היום במקומות רבים בארץ

(Reuveni, M., Agapov, V. & Reuveni, R. 1955.)

במקביל למחקרים, פותח על-ידי התעשיות הכימיות מיכשור מיוחד לזיהוי שאריות כימיות, אשר באמצעותו אפשר לגלות אפילו ריכוזים זעירים, עד אחד למיליארד של כל חומר מזיק.

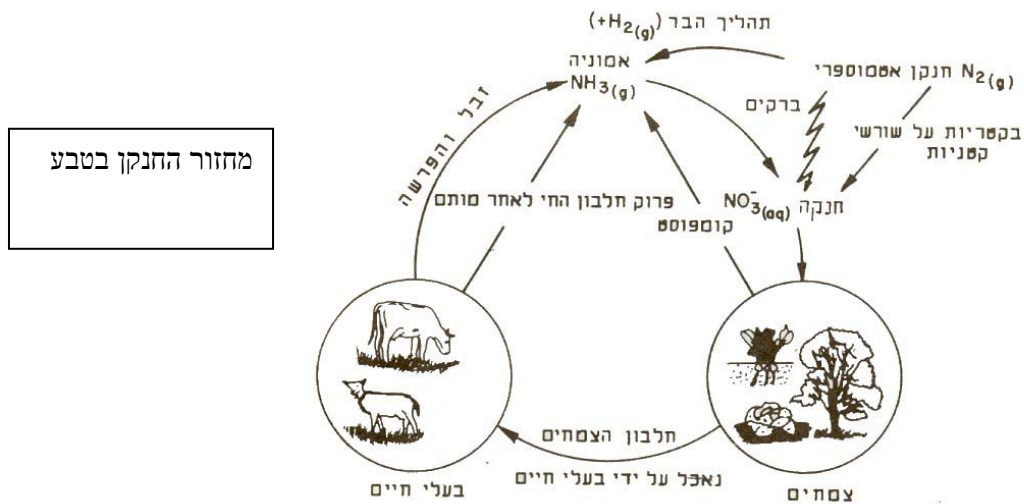
היום מדובר כבר על הדברה משולבת המשתמשת בחומרים כימיים (לפעמים אפילו בדשנים) ובאויבים טבעיים כאחד. להדברת מחלות צמחים בדרך שתהיה יעילה, זולה והרבה פחות מזיקה לסביבה. כל הפיתוחים האלה נעשים בידי כימאים מומחים בתחומם.

קרקע וכימיה



בתמונה נראית השפעת חומרי ההדברה על הסביבה ועל הקרקע עצמה, גם ללא התערבות האדם. הקרקע עצמה מהווה מעבדה כימית גדולה, ופיתוח חקלאי לא היה מתאפשר ללא הכרות מעמיקה עם המרכיבים הכימיים של הקרקע. לגידולם התקין נזקקים הצמחים ליסודות כמו חנקן (N), זרחן (P), פחמן (C), חמצן (O), סידן (Ca) ומגנזיום (Mg) בכמויות גדולות, ובכמויות מזעריות כמו ברזל (Fe) או מנגן (Mn) נחושת (Cu) ואבץ (Zn). הצמחים אינם יכולים לקלוט יסודות כימיים,

והתנאי לזמינותם של יסודות אלו הוא שהיסוד יופיע כיון במולקולות מסיסות במים. כפי שצוין לעיל, הקרקע היא מעבדה כימית לכל דבר ועניין. נקח את נושא אספקת החנקן לצמח כדוגמה לכך:



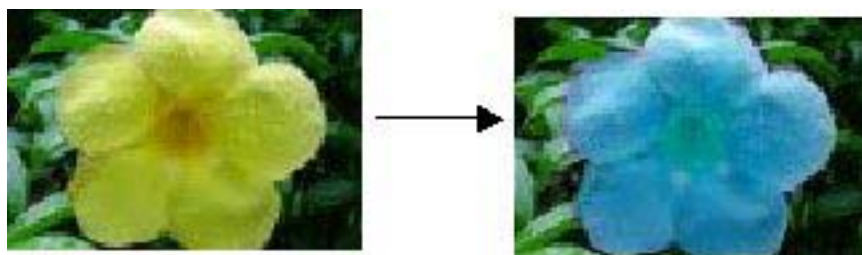
מחזור החנקן בטבע

החנקן נמצא כיסוד חופשי באוויר, בצורתו זו הוא אינו זמין לצמח. בקרקע נמצאים מיקרואורגניזמים שביכולתם לקחת חנקן אטמוספרי (N_2) ולהפכו ליוני אמוני (NH_4^+) ומיקרואורגניזמים אחרים ההופכים אותו לחנקות. לבסוף קיימים תהליכים של הפיכת החנקות מחדש לחנקן מולקולרי - תהליך המכונה דניטריפיקציה.

בחקלאות המודרנית מוסיפים יסודות אלה לקרקע בצורתם הזמינה, ואז צריך לדאוג שכמותם לא תהיה גדולה מדי כדי שהקרקע לא תומלח, ולא מעטה מדי כדי שלצמח לא יחסר חנקן וכל זאת תוך הוכחת כדאיות כלכלית. בכל המרכיבים האלה, מהווה הידע הכימי את כלי המחקר החשוב ביותר כמו שמעיד הסיפור הבא:

הכימיה של הפרח הכחול או איך נגדל צמחים על קרקעות מליחות?

בגיליון של Nature (Sachiro. F, Yoshishige. I, Toshio. Y, Norito. S, Shigeru. I, 2000) פורסם מאמר של מספר חוקרים יפניים המתארים את הבעייתיות של ייצור זני-פרחים כחולים של פרחים שבאופן טבעי צבעם הוא אדום או צהוב. הסתבר שלא מספיקה נוכחתם של צבענים



מתאימים, אלא צריך שה pH של פנים התא יהיה בסיסי. ליכולת השליטה ב-pH של פנים התא יש חשיבות רבה יותר מהחשיבות של הפיכת פרחים צהובים לכחולים. אם נוכל לשלוט על מרכיב זה (וויסות ה pH בתאים) נוכל לגדל צמחים שונים באדמות מליחה. סוגיה זו היא חשובה מאד באזורים שונים בעולם, כולל באזורים נרחבים בארץ. הבעיה יכולה להיפתר רק בעזרת הבנת הכימיה (והביולוגיה) של תאי הצמחים, ואכן מחקרים רבים נערכים אף בימים אלה בארץ ובעולם. להרחבה קראו את החומר באתרי האינטרנט הבאים:

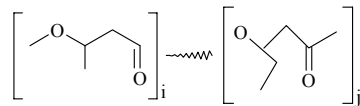
<http://www.agroprotect.co.il/DESHANIM1.asp>

פיתוחים נוספים נעשים כל הזמן ביצירת חומרים הזמינים יותר לצמח שאפשר יהיה לספק אותם בכמויות מינימליות המתאימות לחלקה ספציפית. פיתוחים כאלה כוללים חומרים כמו דשנים דלי כלורידים למניעת המלחת הקרקעות, דשנים מעשרי אמון. כל הפיתוחים מבוססים על ידע ומחקר כימי.

צמחים מייצרים פלסטיק?

אחת הבעיות שבפניהם עומדת האנושות היא הצורך למצוא תחליפים למאגרי הנפט שהם בסופו של דבר משאב מתכלה. הנפט הוא ספק אנרגיה עיקרי ובלעדי הוא חומר הגלם העיקרי לתעשיית הפלסטיק למיניה, אולם, עלינו להתגבר על כמויות אדירות של פסולת חומרים פלסטיים המצטברת בכל מקום.

קוריוז או מציאות? בכתב העת Nature Biotechnology מאוקטובר 1999. פורסם, שקבוצת מדענים העובדת בחברת ענק אמריקאית פיתחה זני צמחים ממשפחת המצליבים שבזרעים ובעלים שלהם מצוי פולימר פוליהידרוכסי בוטירט הידרוכסי ולראט (PHBV).



PHBV

ניתן לעבד פולימר זה ליצירת חומר פלסטי שבנוסף לתכונותיו האחרות הוא בעל תכונות תרמופלסטיות ומסוגל להתפרק בעצמו, תכונה מאד חשובה לשמירה על איכות הסביבה בעולמנו. תחילת העבודה הייתה של גנטיקאים. אבל, השלב הבא של הפקת הפולימר ועיבודו לחומר פלסטי שיענה על צרכי השוק תלוי כולו בכימאים.

מקורות:

- Hofstein. A, Mamlok. R, (2001). From Petroleum to Tomatoes .The Science Teacher. Vol 68 No 2.
- Reuveni, M., Agapov, V. & Reuveni, R. (1955). Suppression of Cucumber Powderly mildew (*Sphaerotheca Fuliginea*) by Foliar spray of Phosphate and Potassium Salts. Plant Pathology, 44:31-39
- Sachiro. F, Yoshishge. I, Toshio. Y, Norito. S, Shigeru. I, (2000). Colour-enhancing Protein in Blue Petals. Nature 407: 581
- Slater. S, et.al. (1999) Metabolic engineering of *Arabidopsis* and *Brassica fpr* Poly(3 hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) Copolymer Production. Nature-Biothechnology. 17:1011-1016
- <http://www.ag.uiuc.edu/~robsond/solutions/horticulare/docs/bordeaux>
- <http://www.agroprotect.co/il/DESHANIM1.asp>
- <http://www.nsf.gov/boi/pubs/arabid/arab-pl>