

נווטכנולוגיה בחקלאות ובמזון

ד"ר מירי קליין וד"ר ילנה פוברנוב

המרכז לאגרו-נווטכנולוגיה, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני



מזון פונקציונלי, לחיישנים, להדברה ירוקה, להנדסה חקלאית ועוד.

יישום הנווטכנולוגיות בחקלאות יביא לשימור טוב יותר של המזון והארכת חיי המדף, להפחתה משמעותית בכמות החומרים הסינתטיים שמטרתם למנוע מזיקים ומחלות בצמח, לשיפור הזנים, להגדלת הפרודוקטיביות ע"י ניהול תזונתי ושימוש במים ממוטבים והפחתה באיבוד התוצרת (Berger, 2014).

הפוטנציאל של נווטכנולוגיה בחקלאות הוא גדול, אך יש עדיין להתגבר על מספר אתגרים, ביניהם הגדלת היקף תהליכי הייצור והורדת עלויות, ובעיות הערכת סיכונים. מבחינה זו, חלקיקים המבוססים על ביו-פולימרים טבעיים כגון חלבונים ופחמימות הינם אטרקטיביים במיוחד. לאחרונה נעשה שימוש בננו-צינוריות פחמן, ננו-סיבים ופולרנים לחיישנים ביו-כימיים רגישים ביותר. חיישנים אלו יכולים לשמש כחיישני חישה ושליטה בחקלאות לניתוח הקרקע, לניהול מים ולאספקתם, וכן לאספקת חומרי הדברה וחומרים מזינים לצומח. בנוסף, נעשה מחקר רב בתחום ניצול הפסולת החקלאית כחומר גלם מתחדש ליצירת חומרי ננו. ננו-חומרים אלו, המבוססים על חומרי גלם ממקור טבעי, הינם בטיחותיים יותר, יעילים ומבוססים על מקור בר-קיימא (Berger, 2014).

כיום מזינים את האדמה, את הצמחים ואת בעלי החיים בדשנים חקלאיים, בחומרי הדברה, באנטיביוטיקה ובחומרים מזינים באמצעות תרסיס, מערכות הזנה או הזרקות שונות. חומרי ההדברה והתרופות משמשים כטיפול "מונע" או מרפא מחלות. השימוש בנווטכנולוגיה יכול להציע הזדמנות לפתח מוצרים חדשים נגד מזיקים וגורמי מחלה בצמחים אשר יגבירו את היעילות והבטיחות, יחד עם צמצום עלויות הטיפול.

נווטכנולוגיה הוא שם כולל למחקרים ולטכנולוגיות העוסקים במערכות שגודלן האופייני נע בין ננומטרים בודדים ל-100 ננומטר. מחקרים וטכנולוגיות אלו הם בתחומי מדעים והנדסה מגוונים, ועוסקים בעיצוב, באפיון, בייצור וביישום של מבנים, התקנים ומערכות על ידי שליטה על הצורה והגודל בקנה מידה ננומטרי. למשל, מחקרים בפיזיקה ובהנדסת חשמל (התקנים מוליכים למחצה), מחקרים ופיתוחים הקשורים לביולוגיה מולקולרית ולרפואה (ריצוף מהיר של דנ"א (DNA) או שיטות מחקר וניטור חדשות של תהליכים ביולוגיים) ומחקרים הקשורים לכימיה (הנדסה של חומרים חדשים בעלי תכונות רצויות כגון חוזק) (Shanti et al., 2011). חומרים ננומטריים הינם חומרים אשר לפחות אחד משלושת ממדיהם הוא בסדר גודל ננומטרי, הגורם לשינוי בתכונות פיזיקליות שונות של החומר. ננו-חומרים מתאפיינים הודות לגודלם בתכונות מסוימות, דוגמת מוליכות חשמלית, ריאקטיביות כימית, מגנטיות, אפקטים אופטיים וחוזק פיזיקלי. למשל, בהרכבת ננו-מולקולות לקבלת המבנה הרצוי, פני השטח גדלים. הגידול בפני השטח מגדיל את הריאקטיביות של החומר, היות שהיא פונקציה של פני השטח. באופן זה, מפחית השימוש בחומר בגודל ננומטרי את כמות החומר הדרושה עבור אותה מידה של ריאקטיביות. שטח הנווטכנולוגיה ויישומיו הרפואיים מפותח מאוד בארץ ובעולם וההשקעה הכספית בתחום נמצאת במגמת עלייה מתמדת. במדינת ישראל קיימים שישה מרכזי נווטכנולוגיה באוניברסיטאות השונות, שהמדינה תמכה והשקיעה בהם בעשור האחרון משאבים וכסף רב.

ההתפתחויות הנווטכנולוגיות נוגעות גם לתחום החקלאות. הודות להתגברות האתגרים ושינויי האקלים בעולם, חוקרים בעולם מחפשים בנווטכנולוגיה מקור חדש לשיפורים בתחום. כיום משתמשים בנווטכנולוגיות לעיבוד מזון, להפצה של מרכיבים פעילים, לאריזות

הטבלה הבאה מציגה שימושים אפשריים של ננוטכנולוגיה בחקלאות (Parisi et al., 2015)

שימושים	הננוטכנולוגיה	דוגמה
מוצרי הגנה על צמחים	ננו-קפסולות, ננו-אמולסיות, מערכות שחרור מבוקר של חומרים פעילים כנגד מחלות וחומרי הדברה.	ננו-אמולסיות המכילות שמן Neem כמערכת לשחרור מבוקר.
דשנים	ננו-קפסולות וננו-חלקיקים עבור שיפור הקליטה של חומרים מזינים בצמחים ושחרור של חומרים מזינים לאתרים ספציפיים בצמח.	דשנים מצופים בחלקיקי אבץ.
שיפור הקרקע ע"י שימור המים או הנוזלים בקרקע	ננו-חומרים כגון זאוליטים וחומרים קרמיים השומרים את הנוזלים בקרקע וגורמים לשחרור איטי שלהם לצמחים.	מוצרים משפרי קרקע המבוססים על ננו-טיט, לשמירת מים ולשחרורם.
טיהור מים	ננו-חומרים כמו ננו-חומרים קרמיים, חומרי סינון, וחומרים היכולים לקשור חומרים רעילים, לטיהור המים והסביבה.	מסננים מצופים חלקיקי TiO ₂ עבור התפלה פוטוקטליטית של מזהמים במים.
חיישנים	ננו-חומרים כגון צינוריות פחמן פעילות, וננו-פייברים המשמשים כחיישנים ביו-כימיים רגישים ביותר, למעקב מקרוב אחרי התנאים הסביבתיים בקרקע.	זיהוי חומרי הדברה ע"י ליפוזום המבוסס על ננו-חיישן.
מודיפיקציות גנטיות בצמחים	ננו-חלקיקים הנושאים דנ"א או רנ"א שיועברו לתאי צמחים לצורך שינוי גנטי או הפעלת תגובות הגנה.	חלקיקים של סיליקה (מזופורות) המשמשים להעברת דנ"א לתאי הצמח.
ננו-חומרים מצמחים	הפקה של ננו-חומרים מפסולת חקלאית באמצעות צמחים מהונדסים, חיידיקים וטכנולוגיות נוספות.	ננו-סיבים מחיטה ומסויה ליצירת ננו-הרכבים.



מקורות

- Berger M. (2014) Nanotechnology in agriculture , <https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=37064.php>
- <https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=37064.php>
- Parisi, C. , M. Viganì and E. Rodríguez-Cerezo. Agricultural nanotechnologies: what are the current possibilities? *Nano Today*. 2015 (10) 124-127.
- Shanti, B. Vijaya T. Mrudula and C.H. S. V. Naga Deepth. Novel applications of nanotechnology in life sciences. *J Bioanal Biomed*. 2011 (11) 1-4.

למרות הפוטנציאל הרב הגלום ביישום ננוטכנולוגיה בחקלאות, בתעשייה כמעט שלא נעשה שימוש בטכנולוגיות אלו. הסיבה העיקרית לכך היא חוסר אינטרס כלכלי מספיק אשר דורש השקעות ראשוניות גבוהות. עם זאת, לצד התפתחות הננוטכנולוגיה בתחומים השונים, מתפתח בקצב מהיר גם השימוש בננוטכנולוגיה בחקלאות. נראה שיישום הטכנולוגיה בחקלאות יתרום באופן משמעותי לתחום, הן מבחינת ניצולות והפחתת איבודים, הן בהיבטים סביבתיים ובריאותיים שונים והן ביתרון כלכלי.