

האגודה הישראלית למדעי הקרקע – Israel Soil Science Society

**כנס האגודה הישראלית
למדעי הקרקע
Israel Soil Science Society
Conference
2018**

26/02/2018, י"א אדר תשע"ח

הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית
Robert H. Smith Faculty of Agriculture , Food and Environment,
Rehovot, Israel



הוועדה המארגנת Organizing comitee

אשר בר-טל Asher Bar-Tal

ערן טס Eran Tas

רביד רוזנצווייג Ravid Rosenzweig

דוד ילין David Yalin

גיל אשל Gil Eshel

נפתלי לזרוביץ' Naftali Lazarovitch

עורך החוברת Book editor

דוד ילין David Yalin

תודה מיוחדת לנעמי מימון מזכירת החוג למדעי הקרקע והמים
על העזרה באירגון הכנס

האגודה הישראלית למדעי הקרקע מודה לנותני החסות לכנס
השנתי 2018:

דשן גת

כימיקלים לישראל



תוכן העניינים - Index

7

תוכנית הכנס – Program

הרצאות מוזמנות Keynote speakers

Jogn Ryan

ICARDA's Role in Agricultural Development of the Middle East Region: Issues, Challenges, and Research Strategies 8

Rainer Helmig, Thomas Fetzer, Katharina Heck, and Kilian Weishaupt

Modelling and analysis of soil-moisture processes in the subsurface: the influence of evaporation and salt precipitation in groundwater 9

תקצירים בעברית Hebrew abstracts

- 10 עדי אורן, אושרי רינות, נתיב רוטברט, מיכאל בוריסובר ואשר בר-טל
שיטת הפומיגציה בכלורופורם-מיצוי לקביעת ביומסה מיקרוביאלית בקרקע:
מה באמת מתמצה?
- 11 עומר אלון ירושלים ומשה שנקר
פיתוח מערכת לייצור דשן אורגני להזנת מערכות הידרופוניקה
- 12 נעם ארנון, אורי נחשון ומני בן-חור
יחסי גומלין בין מתח פנים לזווית מגע בקרקעות הידרופוביות והשפעתם על תהליכי זרימה
- 13 אור באסא, תום טופז, גיתי יהל, יאיר סוארי, הדר צדקה ובני חפץ
עומס ודינמיקה של חומרי הזנה באסטואר נחל אלכסנדר
- 14 שני בן משה, וג'ורא ריטבו
אורגנו-חרסית על בסיס תיאמין (ויטמין B1) לסילוק פנול ממים
- 15 אילן בן-נח, ושמוליק פרידמן
נשימת קרקע ונשימת שורשים
- 16 אילן בן-נח, ושמוליק פרידמן
תהליכי אוורור קרקעות טבעיים וחקלאיים
- 17 ארבל ברזניק, יעל מישאל, אלון בן גל ואורי נחשון
שינוי מרקם הקרקע להרחקת מלחים מבית השורשים בהשקיה בטפטוף
- 18 אלנתן גולן, צבי פלג ורן אראל
השפעת דישון ברמות שונות של חנקן, זרחן ואשלגן ותנאי השקיה על גידול
השומשום (*Sesamum indicum* L)
- 19 ארנון דג, יהודה הדר, אלון בן-גל, גרשון קלין ואורי ירמיהו
תגובה של רימון להזנה במאקרואלמנטים
- 20 איגי ליטאור, איריס זוהר ושי שחטר
שימוש בפסולת האלום למחזור זרחן משפכי רפתות והשבתו כדשן לגידולי שדה:
חסה כגידול בוחן

- מארק לייקין, מרסלו שטרנברג וגיל אשל**
21 השפעת צמחייה עשבונית חד שנתית בכרם יין על מבנה קרקע
- דביר מילר, אלה נסונובה, גיא לוי, מיכאל בוריסובר ועדי אורן**
22 תנועת חומר ההדברה Terbutryn בעמודות קרקע בהשפעת חומר אורגני מומס ממקור קומפוסט
- אורי נחשון, רועי קציר, אחמד נאסר ונעם וייסברוד**
23 ארכיטקטורה של קרומי מלח והשפעת המבנה על תהליכי אידי וזרימה
- תמיר קמאי ושמאל אסולין**
24 התאדות במדבריות עם מי תהום עמוקים: מודל אנליטי המשלב זרימה בפאזה נוזלית ובפאזה אדים
- מרינה קרפוב, בטינה זיורט, טורסטן רימטסמה, תמרה פולובסוב ובני חפץ**
25 טרנספורמציות חמצון-חיזור של אוקסיטרציקלין על שטחי פנים מינרליים של ברזל ומגן
- נועם רויטמן, רן אראל ומנחם מושליון**
26 טרנספיציה בלילה ככלי להנעת סידן אל הפרי והשפעתה על פוריות ואיכות העגבנייה בתנאי חום ומליחות
- גיא תמיר, אשר בר-טל, שמואל זילכה, אריה רוטבאום, עדי אורן, דגן עלי, גלעד פרוינד וניר דאי.**
27 השפעת רמות ה-pH והגיר במצע הגידול על התפתחות צמחי אוכמניות

תקצירים באנגלית English abstracts

- Harel Bavli and Nimrod Schwartz**
Effects of root exudates on nutrient transport in the rhizosphere 28
- Evyatar Ben-Mordechay, Jorge Tarchitzky, Yona Chen, Moshe Shenker and Benny Chefetz,**
Composted biosolids and treated wastewater as sources of pharmaceuticals for plant uptake in the agro-environment 29
- Shany Ben-Moshe and Alex Furman**
Modeling biogeochemical processes in soil aquifer treatment under dynamic hydraulic conditions 30
- Nirit Bernstein, Jonathan Gorelick and Sraya Koch**
Nutritional effects on plant development and gradients of therapeutic secondary-metabolites in medical cannabis 31
- Mikhail Borisover, Nadezhda Bukhanovsky and Marcos Lado**
Long-term uptake of phenol-water vapor follows similar sigmoid kinetics on prehydrated clay- and organic matter-rich sorbents 32
- Tea Colin, Efrat Shakartchy, Gil Eshel, Oshri Rinot and Yosef Steinberger**
Influence of agricultural long-term management on soil microbial functional diversity in a semi-arid agroecosystem 33

Maoz Dor,, Yael Mishael and Simon Emmanuel	
Direct measurement of nano mechanical properties of clay minerals with atomic force microscopy	34
Kelem Gashu, Isaac Zipori, Yehoshua Saranga and Uri Yeremiyahu	
Nitrogen, Phosphorus and Potassium Application Contributed to the Growth and Yield of Teff Production	35
Ilya Gelfand, Michael Abraha, Stephen K. Hamilton, Jiquan Chen, and Philip G. Robertson	
Effects of rewetting and available carbon on soil nitrous oxide emissions	36
Osnat Gillor, Olabiyi Obayomi, Maram Ja'afreh, Lusine Ghazaryan, Menachem Ben Hur, Menachem Edelstein, and Nirit Bernstein	
The fate of pathogens in wastewater irrigated soil	37
Escain Kiwonde,, Daniel Kurtzman, Ido Nitsan and Asher Bar-Tal	
Nitrogen fertilization of plants in the desalinated-water era. A study of interactions of nitrogen with chloride	38
Judith Kraut-Cohen, Dafi Lavi, Eli Argaman and Dror Minz	
The Effect of Tillage on microbial communities and soil	40
Daniel Kurtzman, Beeri Kanner, Yehuda Levy, Roi Shapira, Tuvia Turkeltaub, Ofer Dahan and Asher Bar-Tal	
In what root-zone N concentration does nitrate start to leach significantly? A reasonable answer from modeling field data and closed root-zone experiments	41
Ilil Levakov, Zeev Ronen and Ofer Dahan	
In-situ bioremediation treatment for vadose zone and groundwater polluted with perchlorate	42
Mor Meshulam, Zeev Ronen and Ali Nejdat	
Microbial biodegradation of polycyclic hydrocarbons in crude oil contaminated arid soil	43
Diriba Bane Nemera,, Asher Bar-Tal, Shabtai Cohen, Guy Levy, Victor Lukyanov and Jorge Tarchitzky	
Early response of tree and soil to tuff trenches following irrigation with treated waste water	44
Abraham Oluwafemi, Nimrod Schwartz and Uri Nachshon	
Salt transport and accumulation along inclined surfaces	45
John Okoth Omondi, Naftali Lazarovitch, Shimon Rachmilevitch, Uri Yermiyahu and Or Sperling	
Effect of fertigation on growth, yield and root quality of cassava	46

Amir Perez and Yael Mishael	
Simultaneous removal of pharmaceuticals from treated waste water by tailored clay sorbents	47
Iael Raij, Alon Ben-Gal and Naftali Lazarovitch	
Using drainage amount or chloride concentrations for evapotranspiration estimation in non-weighing lysimeters: numerical and field experiments	49
Nativ Rotbart,, Yotam Guetta,, Adi Oren, Yael Laor, Michael Raviv, Shlomit Medina, Guy Levy, Uri Yermiyahu, Moshe Shenker and Asher Bar-Tal	
Organic management effects on the dynamics of soil organic carbon and nitrogen pools	50
Itamar Shabtai and Yael Mishael	
Polycyclodextrin-montmorillonite composites: regenerable dual-site sorbents for removal of bisphenol a from wastewater	51
Efrat Shakartchy, Gil Eshel, Roey Egozi and Yosef Steinberger	
Orchard floor management effect on the soil free-living nematode communities	52
Tamar Shalem and Alex Furman	
Monitoring transport and equilibrium of heavy metals in soil using induced` polarization	53
Dina Shpasser, Anup Tathod and Oz M. Gazit	
Synthetic layered double hydroxides – understanding surface properties and synthesis variables	54
Kuzma Tsukanov and Nimrod Schwartz	
Electrical response of roots in hydroponic solution and soil	55
Alla Usyskin-Tonne,, Yitzhak Hadar and Dror Minz	
Wheat rhizosphere bacteria mitigate N ₂ O emissions	56
Gal Zakai, Katya Arnold and Nimrod Schwartz	
Interactions between humic acid and organic contaminant in soil and their effect on the electrical properties of soil	57
Avihai Zolti,, Yitzhak Hadar and Dror Minz	
Root microbiome response to treated wastewater irrigation	58
Bella B. Zviagina, Victor A. Drits and Olga V. Dorzhieva,	
K-dioctahedral micas 1M: FTIR features and identification criteria	59
Yael Zvulunov, Ayelet Fishman, Adi Ish Am Radian	
Self-regenerating clay biocomposites for formaldehyde remediation	60

תוכנית הכנס - Program

Coffee and registration כינוס והרשמה		7:30-8:30
Opening and introductory remarks – Asher Bar-Tal פתיחה וברכות – אשר בר-טל		8:30-8:40
Greetings from the Faculty dean ברכות דיקן הפקולטה		8:40-8:50
John Ryan – keynote speaker ICARDA's Role in Agricultural Development of the Middle East Region: Issues, Challenges, and Research Strategies		8:50-9:30
Plant nutrition session 1 מושב הזנת הצמח מנחה: אורי ירמיהו	Clay minerals session 1 מושב חרסיות מנחה: עדי רדיאן	9:30-10:35
שימוש בפסולת האלום למחזור זרחן משפכי רפתות והשבחת כדשן לגידולי שדה: חסה כגידול בחוק איגי ליטאור, איריס זוהר ושי שחטר	Synthetic layered double hydroxides – understanding surface properties and synthesis variables Dina Shpasser, Anup Tathod and Oz M. Gazit	9:35-9:55
Nutritional effects on plant development and gradients of therapeutic secondary-metabolites in medical cannabis Nirit Bernstein, Jonathan Gorelick and Sraya Koch	Long-term uptake of phenol-water vapor follows similar sigmoid kinetics on prehydrated clay- and organic matter-rich sorbents Mikhail Borisover, Nadezhda Bukhanovsky and Marcos Lado	9:55-10:15
השפעת רמת ה-pH והגיר במצע הגידול על התפתחות צמחי אונקמות גיאת תמיר, אשר בר-טל, שמואל זילכה, אריה רוטבאום, עדי אורן, דגן עלי, גלעד פרוינד ונירדאי	אורגנו חרסיות על בסיס B1 לסילוק פנול ממים ג'ורא ריטוב ושי בן משה	10:15-10:35
Poster session מושב פוסטרים		10:35-11:30
Plant nutrition session 2 מושב הזנת הצמח מנחה: אורי ירמיהו	Clay minerals session 2 מושב חרסיות מנחה: עדי רדיאן	11:30-12:30
השפעת דישון ברמות שונות של חנקן, זרחן ואשלגן ותנאי השקיה על גידול השומשום (Sesamum indicum L.) אלנתן גולן, צבי פלג ורן אראל	Direct measurement of nano mechanical properties of clay minerals with atomic force microscopy Maoz Dor, Yael Mishael and Simon Emmanuel	11:30-11:50
מגובה של רימון להזנה במאקרואלמנטים ארנון דג, יהודה הלר, אלון בן-גל, גרשון קליין ואורי ירמיהו	K-dioctahedral micas 1M: FTIR features and identification criteria Bella B. Zviagina, Victor A. Drits and Olga V. Dorzhieva	11:50-12:10
Effect of fertigation on growth, yield and root quality of cassava John Okoth Omond, Naftali Lazarovitch, Shimon Rachmilevitch, Uri Yermiyahu and Or Sperling	Self-regenerating clay biocomposites for formaldehyde remediation Yael Zvulunov, Ayelet Fishman and Adi Ish Am Radian	12:10-12:30
Lunch ארוחת צהרים		12:30-13:15
General assembly אסיפה כללית		13:15-13:30
פרס מוקדי דברי ברכה: משפחת מוקדי והרצאת הזוכה: מאיה בן-עמי - חידקים פתוגניים במערכות מים אפורים Mokady prize for outstanding PhD student		13:30-13:55
Rainer Helmig - keynote speaker Modelling and analysis of soil-moisture processes in the subsurface: the influence of evaporation and salt precipitation in groundwater		13:55-14:35
Microbiology session מושב מיקרוביולוגיה מנחה: אדי ציטרין	מושב פיזיקה של הקרקע והידרולוגיה Soil physics and hydrology session מנחה: נפתלי לורוביץ	14:40-16:20
Influence of agricultural long-term management on soil microbial functional diversity in a semi-arid Agroecosystem Tea Colin, Efrat Shakartchy, Gil Eshel, Oshri Rinot and Yosef Steinberger	נשימת קרקע ונשימת שורשים שמוליק פרידמן ואילן בן נוח	14:40-15:00
Root and soil microbiome response to treated wastewater irrigation Avihai Zolti, Yitzhak Hadar and Dror Minz	ההליכי אורור קרקעות טבעיים וחקלאיים אילן בן נוח ושמוליק פרידמן	15:00-15:20
The fate of pathogens in wastewater irrigated soil Osnat Gillor, Olabiyi Obayomi, Maram Ja'afreh, Lusine Ghazaryan, Menachem Ben Hur, Menachem Edelstein and Nirit Bernstein	התאדות במדבריות עם מי תהום עמוקים: מודל אנליטי המשלב זרימה נזלית ונפגדות אדים תמיר קמאי ושמאל אסולין	15:20-15:40
Wheat rhizosphere bacteria mitigate N2O emissions Alla Usyskin-Tonne, Yitzhak Hadar and Dror Minz	ארכיטקטורה של קרומי מלח והשפעת המבנה על ההליכי אידי זרימה אורי נחשון, רועי קציר, אחמד נסר ונעם וייסברוד	15:40-16:00
In-situ bioremediation treatment for vadose zone and groundwater polluted with perchlorate Illil Levakov, Zeev Ronen and Ofer Dahan	In what root-zone N concentration does nitrate start to leach significantly? A reasonable answer from modeling Mediterranean field data and closed root-zone experiments Daniel Kurtzman, Beeri Kanner, Yehuda Levy, Roi Shapira, Tuvia Turkeltaub, Ofer Dahan and Asher Bar-Tal	16:00-16:20
Coffee break קפה הפסקת		16:20-16:40
Irrigation and transpiration session מושב השקיה וטרנספירציה מנחה: תמיר קמאי	Soil chemistry session מושב כימיה של הקרקע מנחה: משק שנקר	16:40-17:40
טרנספירציה בלילה ככלי להנעת סידן אל הפרי והשפעתה על פוריות ואיכות העגבנייה בתנאי חום ומליחות נועם רויטמן, רן אראל ומנחם מושליין	Effects of rewetting and available carbon on soil nitrous oxide emissions Ilya Gelfand, Michael Abraha, Stephen K. Hamilton, Jiquan Chen and Philip G. Robertson	16:40-17:00
Using drainage amount or chloride concentrations for evapotranspiration estimation in non-weighing lysimeters: numerical and field experiments Iael Rajj, Alon Ben-Gal and Naftali Lazarovitch	טרנספורמציות חמצן-חיזור של אוקסיטרציקלין על שטחי פנים מינרליים של ברזל ומנגן מרינה קרפוב, בטינה זיורט, טורסטן רימטסמה, תמרה פולובסוב ובני חפץ	17:00-17:20
שינוי מרקם הקרקע להרחקת מלחים מבתי השורשים בהשקיה בטפטוף ארבל ברוניק, יעל מישל, אלון בן גל ואורי נחשון	שיטת הפמיגציה בלורופורם-מיצוי לקביעת ביומסה מיקרוביאלית בקרקע: מה באמת מתמצה? עדי אורן, אושרי רינות, נתיב רוטברט, מיכאל בוריסובר, ואשר בר-טל	17:20-17:40

ICARDA's Role in Agricultural Development of the Middle East Region: Issues, Challenges, and Research Strategies

*John Ryan*¹

1 - International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Syria
(ryanjohn1944@gmail.com)

The author will present a broad overview of the global international agricultural research centers under the auspices of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), highlighting the background to their establishment, mission, achievements, and evolution, and challenges to their survival. This sets the scene to a brief description of the International Center for Agricultural in the Dry Regions (ICARDA), which is relevant to the Middle East. Topics highlighted include research for development programs, interactions with the various national programs in their mandate countries, and funding base. Emphasis will be given to cereals, food and forage legumes, small ruminants, natural resources management, and socioeconomic issues.

Modelling and analysis of soil-moisture processes in the subsurface: the influence of evaporation and salt precipitation in groundwater

Rainer Helmig¹, Thomas Fetzer¹, Katharina Heck¹, and Kilian Weishaupt¹

1 - Department of Hydromechanics and Modelling of Hydrosystems Institute for Modelling Hydraulic and Environmental Systems, University of Stuttgart, Germany (Rainer.Helmig@iws.uni-stuttgart.de)

Soil-moisture processes in the subsurface play a crucial role in the hydrological cycle and the groundwater budget. This zone is subject to both natural and human-induced disturbances, resulting in continually changing soil structure and hydraulic and mechanical properties. The mass- and heat-flux processes across the land/atmosphere interface controlled by the dynamic interaction between the atmospheric boundary layer and the land surface in conjunction with the natural and induced heterogeneities control the spatial and temporal distribution of soil moisture in this shallow and complex zone of the subsurface. Understanding soil-moisture conditions in this zone is of interest in various applications in hydrology, such as land-atmospheric interaction, soil evaporation and evapo-transpiration, climate modelling as well as emerging problems in assessing the risk of, for example, the leakage of carbon dioxide or methane from deep geological formations to the shallow subsurface that affects groundwater quality and vegetation. In this lecture, we will explain the relevant processes of mass, momentum and energy transfer at the interface between a free-flow and a porous-media system and provide a new coupling concept for modelling coupled porous-medium and free flow with application to evaporation and salt-precipitation processes. A comparison study will show the advantages and disadvantages in comparison with classical approaches.

שיטת הפומיגציה בכלורופורם-מיצוי לקביעת ביומסה מיקרוביאלית בקרקע: מה באמת מתמצה?

עדי אורן¹, אושרי רינות¹, נתיב רוטברט^{1,2}, מיכאל בוריסובר¹ ואשר בר-טל¹

1 - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מכון וולקני (adior@agri.gov.il)
2 - החוג למדעי הקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית

מבוא: הביומסה המיקרוביאלית בקרקע נחשבת למדד הרגיש והשימושי ביותר לפוריות הקרקע וכאינדיקטור להשפעות פעילות האדם, תנאי הסביבה והממשק החקלאי. השיטה המקובלת לקביעת ביומסה מיקרוביאלית הינה פומיגציה בכלורופורם-מיצוי בה נמדדת תכולת פחמן ו/או חנקן במיצוי מימי של דוגמת קרקע שעברה פומיגציה באדי כלורופורם (תהליך הגורם הרס דופן התא ומאפשר מיצוי תוכנו) תוך החסרת ערכים המתקבלים עבור דוגמת ביקורת שלא עברה פומיגציה והמשקפים מרכיבים שאינם תאיים במיצוי.

מטרת המחקר היתה בחינת הנחת היסוד המרכזית העומדת בבסיס השיטה והיא כי עקב פומיגציה בכלורופורם משתחרר מהקרקע אך ורק חומר תאי ולא חומר אורגני ממקור שאינו תאי, דבר שעשוי לגרום הערכת יתר בקביעת הביומסה.

שיטות העבודה: פומיגציה בכלורופורם, מיצוי הקרקע וקביעת פחמן וחנקן מיקרוביאלי בוצעו על פי הפרוטוקול המקובל. בנוסף, אופיינו תכונות בליעת אור וספקטרום העירור-פליטה (פלואורסנציה) של מיצויי הקרקע (פומיגציה וביקורת) תוך ניתוח כמותי-יחסי של מרכיבים חלבוניים (חומר תאי) והומיים (חומר אורגני קרקעי שאינו תאי).

עיקר התוצאות: (1) תכונות בליעת אור העידו כי החומר המשתחרר מהקרקע עקב פומיגציה בכלורופורם הינו אליפטי בעיקרו, דבר התומך בתכולה דומיננטית של חומר תאי; (2) מתקיים שחרור מרכיבים הומיים/פולביים פלואורסנטיים עקב פומיגציה, אך זאת ככל הנראה בהיקף זניח; (3) מרכיבים פלואורסנטיים חלבוניים מתמצים רק מקרקע שעברה פומיגציה (אין חומר תאי במיצוי הביקורת).

מסקנות: (1) סימוכין להנחת היסוד בבסיס השיטה; (2) הצעת שימוש במרכיב הפלואורסנטי החלבוני במיצוי הקרקע לאחר פומיגציה כסמן רגיש לפעילות ביולוגית בקרקע (בנוסף על מדד הביומסה הכללי).

פיתוח מערכת לייצור דשן אורגני להזנת מערכות הידרופוניקה

עומר אלון ירושלים¹ ומשה שנקר¹

1 - המחלקה למדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית, רחובות
(omer.jeru@gmail.com)

הדרישה העולמית לתוצרת חקלאית הולכת וגוברת, ונראה שתמשיך לעשות כן בעשורים הקרובים, עם תוספת של 2.1 מיליארד אנשים וגידול בהכנסות לאדם עד שנת 2050 (United Nations, 2017; Tilman et al., 2011). הכשרת שטחי עיבוד נוספים ושימוש אינטנסיבי יותר בשטחי החקלאות הקיימים יסייעו לענות על צורך זה. עם זאת, לחקלאות היום, כבר יש חלק גדול בפגיעה באקולוגיה: זיהום של מי שתיה ומי ים, שטחים מעובדים מצמצמים את אזורי המחיה של בעלי החיים ופוגעים במגוון הביולוגי, כרבע מגזי החממה הנפלטים ממקורות אנתרופוגניים מגיעים מחקלאות ודישון (Burney et al., 2010). האוכלוסיה העולמית הולכת והופכת לאמידה יותר מבחינה כלכלית. אחת מן ההשלכות של מגמה זו היא דרישה גוברת למוצרי מזון לאדם (per capita) ויכולת לשלם יותר על מגוון גדול של מאכלים. אנשים נוטים להחליף מוצרי יסוד כאורז וחיטה, במוצרי בשר, עוף, שמנים, פירות וירקות. למעבר התזונתי הזה יש השלכות סביבתיות, שכן למוצרי מזון מן החי למשל, יש דרישות ייצור גבוהות יותר בהיבט המים והקרקע וזיהום האוויר (Godfray and Garnett, 2014).

על רקע זה מובן כי יש חשיבות רבה לפיתוח שיטות ייצור מזון המנצלות פחות משאבי שטח, מים, מחצבים, חומרי הדברה ודשנים סינתטיים עבור ייצור מזון. הידרופוניקה הינה טכניקת גידול שבה נוח למחזר את תמיסת ההזנה בה שוהים שורשי הצמחים. בטכנולוגיה זו מתבצע שימוש חוזר במים ודשן תוך מזעור הפליטה של חומרים מסביבת הגידול אל הסביבה האקולוגית. השיטה מאפשרת ניצול שטח מיטבי ומהווה בחלק מהגידולים אלטרנטיבה מודרנית חסכונית לשיטות הקונבנציונליות. עבודה זו באה לבחון היתכנות מערכת המפיקה את חומרי ההזנה הדרושים לגידולים הידרופוניים מתוצרי לוואי של תעשיית המזון. מערכת כזו, תאפשר צמצום רדיקלי של פגיעה במשאבי הסביבה בעבור גידול תוצרת חקלאית באיכות גבוהה, ובכך תאפשר ייצור מזון רווחי תוך שמירה על הסביבה.

חומר הגלם איתו אנו עובדים הינו (CSL) Corn steep liquor, תוצר לוואי של תעשיית עיבוד התיירס. חומר זה עשיר בחנקן (כ-3%) ובמינרלים נוספים. בעבודה זו יש שימוש בריאקטורים ביולוגיים על מנת לחמצן את החנקן האורגני ב-CSL לניטראט ובכך להתאים אותו להזנת צמחים במערכות הידרופוניקה. המערכת מבוססת על מערך של 2 ריאקטורים בטור, הראשון אנאירובי מסוג Up flowing anaerobic sludge (UASB) blanket, ולאחריו ריאקטור אירובי מסוג Moving bed biofilm reactor (MBBR). בשלב האנאירובי מתרחשת מינרליזציה של החנקן האורגני ליצירת אמוניה ובשלב האירובי האמוניה מחומצנת ע"י ביופילם ניטריפיקנטי לניטראט. התוצר הסופי, יכיל חנקן ביחס $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ רחב. שמירה על יחס זה חשובה מאד בהזנה הידרופונית בכדי למנוע הרעלת אמוניה. פרמטר חשוב נוסף בתוצר הוא COD נמוך המונע סביבת שורש ענייה בחמצן. החומר האורגני הפריק ב-CSL יהפוך לחומצות אורגניות קצרות המסייעות להתפתחות הצמח ולהתמודדותו עם מחלות ומזיקים.

היות וחומרי הגלם של התהליך הם תוצר לוואי של תהליך תעשייתי, הצלחת התהליך תייצר אלטרנטיבה ישימה גם מבחינה כלכלית עבור המגדלים וכתוצאה מהתפשטותה באופן נרחב תביא להפחתה משמעותית בפגיעה בסביבה.

יחסי גומלין בין מתח פנים לזווית מגע בקרקעות הידרופוביות והשפעתם על תהליכי זרימה

נעם ארנון^{1,2}, אורי נחשון¹ ומני בן-חור¹

1 - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני (noam.arnon@mail.huji.ac.il)
2 - המחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות, מזון ואיכות סביבה, האוניברסיטה העברית

קרקעות חקלאיות רבות בארץ ובעולם, סובלות מחלחול איטי ומחסור באחידות הרטבת בית השורשים, דבר המוביל לפגיעה באיכות ובכמות התוצרת החקלאית. אחד הגורמים המרכזיים להרטבה לא אחידה הוא חלחול לאורך נתיבים מועדפים של מי ההשקיה והגשם כתוצאה מעלייה ברמת ההידרופוביות של הקרקע. הקרקעות החקלאיות נוטות להפוך להידרופוביות כתוצאה מציפוי חלקיקי הקרקע בחומרים אורגנים עקב השקיה במי קולחין והוספת חומרים אורגנים לקרקע כחלק מהפעילות החקלאית. במחקר זה אנו בוחנים את הקשר בין זווית המגע בין המים לקרקע לתכונות ההידראוליות של הקרקע והשפעת ההידרופוביות על צורת הרטבת הקרקע.

לשם כך בוצעו ניסויי עמודות Water Drop Penetration Test, וניסויי זרימה בתאי HELE-SHAW בקרקעות הידרופוביות והידרופיליות. שינוי זווית המגע נעשה ע"י הוספה של סורפקטנט שמטרתו להקטין את זווית המגע בין הקרקע למים. ההשפעה המשולבת של השינויים בזווית המגע ובמתח הפנים של מי ההשקיה על תהליכי הרטבת הקרקע הינה חשובה ביותר מבחינה אגרו-טכנית אך איננה פשוטה לכימות ולהבנה מכיוון שקרקעות בעלות תכונות שונות, רמות רטיבות שונות ורמות הידרופוביות שונות משפיעות באופן שונה על תהליכי הזרימה והרטבה. בעבודה זו נאפיין את התכונות העיקריות המשפיעות על זווית המגע, את הקשר שבין תכונות הקרקע למידת השפעת ההידרופוביות על תהליכי החדור והרטבה ועל צורת הזרימה בפני ובעומק הקרקע.

עומס ודינמיקה של חומרי הזנה באסטואר נחל אלכסנדר

אור באסא¹, תום טופז¹, גיתי יהל², יאיר סוארי², הדר צדקה² ובני חפץ¹

- 1 - המחלקה למדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות (orbassa@gmail.com)
- 2 - בית הספר למדעי הים, המרכז האקדמי רופין, מכמורת

נחלי החוף בישראל מהווים ככל הנראה מקור אספקה חשוב של חומרי הזנה (נוטריינטים) המגיעים מהיבשה אל הסביבה החופית. באסטוארים של נחלי החוף, האזור בו נפגשים מי הנחל עם מי הים לפני כניסתם לים הפתוח, מתקיימים תנאים גיאוכימיים ייחודיים האופייניים לסביבת האסטואר ועשויים להשפיע רבות על גורל חומרי ההזנה. עד כה, לא כומתו שטפי חומרי ההזנה לאורך השנה ולא נבחנו התהליכים הדומיננטיים המשפיעים על מאזנם במהלך זרימתם באסטואר הנחל.

עבודה זו, אשר מהווה חלק ממחקר מקיף המנסה לאפיין את התהליכים המתרחשים באסטוארי ארץ ישראל, מתמקדת בעומס חומרי ההזנה המגיעים אל האסטואר של נחל אלכסנדר וזרמים החוצה לים, ובהבנת התהליכים המשפיעים על גורלם בסביבה זו. העבודה נעשית בדגש על ההבדלים במשטרי זרימה שונים, זרימות בסיס, המורכבות בעיקרן מקולחים ברמה שניונית, וזרימות שיטפוניות אשר מנקזות נגר וסחף מהשדות החקלאיים הנמצאים באגן ההיקוות.

במהלך העבודה נדגמת זרימת הבסיס לאורך האסטואר אחת לחודש ב-4 תחנות קבועות. דגימות מים נאספות מפני השטח המתוקים והמים העמוקים והמלוחים של האסטואר. הזרימות השיטפוניות של עונת החורף 2016-2017 נדגמו בתדירות גבוהה בכניסה וביציאה מהאסטואר. התרומה הכוללת של זרימות שיטפוניות לשטף חומרי ההזנה השנתי הסתכמה בכ-25% מסך השטף של חנקן אנאורגני (DIN) וכ-15% מכלל הפוספט.

ממצאי המחקר מראים כי בעת זרימות בסיס מתרחשים תהליכים משמעותיים אשר משפיעים על הרכב חומרי ההזנה ומקטינים משמעותית את השטפים היוצאים אל הים. תהליכים אילו אינם מתרחשים באותן עוצמות בזרימות שיטפוניות משמעותיות כך ששטף חומרי ההזנה אינו מרוסן באסטואר ויוצא ישירות אל הים.

אורגנו-חרסית על בסיס תיאמין (ויטמין B1) לסילוק פנול ממים

שני בן משה^{1,2} וגיורא ריטבו^{1,2}

1- המעבדה לכימיה פיסיקלית סביבתית, מיג"ל, מכון מחקר גלילי (benmoshe.shany@gmail.com)
2 - החוג למדעי הסביבה, המכללה האקדמית תל חי

חרסיות ואורגנוחרסיות משמשות זה שנים רבות לספיחת מזהמים ממים. בעוד שחרסיות טבעיות מצטיינות בעיקר בספיחת קטיונים, אורגנוחרסיות על בסיס מולקולות שונות, מסוגלות לקשור מזהמים חסרי מטען. פנול, אשר מהווה תוצר לוואי של תהליכים תעשייתיים רבים, מוגדר כמזיק למערכות אקולוגיות ובריכוזים גבוהים מסוכן אף לבני אדם. אורגנוחרסיות מוכרות המוצעות בספרות לספיחת פנול ממים כוללות מולקולות אמוניום רביעוני, צבעים אורגניים או מולקולות פוספוניום. בעוד שרוב החומרים האלו אינם בהכרח רעילים, הם נחשבים לא בטוחים לשימוש ואינם מאושרים לשימוש במים המיועדים לשתיה.

בעבודה זו, אנו מציעים שימוש בויטמין הקטיוני תיאמין (ויטמין B1) לצורך יצירת אורגנוחרסית לא טעונה שתאפשר ספיחת פנול ממים. ניסויי ספיחה של תיאמין על ארבע חרסיות שונות (מונטמורילוניט, ספיליט, הקטורט והאלוסייט) חשפו כי תיאמין נקשר בשיעור שונה לכל אחת מהחרסיות. עבור ספיליט והאלוסייט התקבלה איזותרמה לינארית (partitioning mechanism, "מקדם חלוקה") בעוד עבור הקטורט התקבלה איזותרמה דמוית לנגמיר. עבור מונטמורילוניט התקבלה איזותרמה מתאימה למודל ה-DMM (Dual-mode model), הכולל שילוב של לנגמיר ומקדם חלוקה. מטען אלקטרוקניטי של האורגנוחרסית השונות נמדד במכשיר PCD (Particle Charge Detector), והתוצאות חשפו כי ברמות מסוימות של B1 התקבלו במונטמורילוניט והקטורט, חלקיקים ניטראליים. ניסויי ספיחה של פנול על אורגנוחרסית ע"ב תיאמין ומונטמורילוניט הוכיח כי פנול אכן נספח על גבי האורגנוחרסית וכן כי איזותרמת הספיחה מתאימה אף היא למודל DMM ($r^2=0.9964$). ניסוי שחרור הראו שבתהליך לא משתחרר B1 מהקומפלקס. בניסויי עמודה שנערכו, הוכנה עמודה בה עורבב חול עם 2% אורגנוחרסית ע"ב B1 ומונטמורילוניט (עמודת הניסוי) וכן עמודת ביקורת בה עורבב חול עם 2% מונטמורילוניט טבעית, תמיסת פנול הוזרמה מראש העמודות בשטף קבוע. מניסויים אלו עלה כי בעמודת הניסוי, לא נמצא פנול בתמיסה שנאספה ביציאה מהעמודה עד ל-80 נפחי נקבובים. לאחר תום ניסויי העמודה, תכולת עמודת הניסוי נאספה, הופרדה לחול ואורגנוחרסית, ופרקציית האורגנוחרסית נמדדה במכשיר FT-IR. המדידה ב-FT-IR חשפה כי לספקטרום של האורגנוחרסית מעמודת הניסוי נוספו פיקים האופייניים לחתימה הספקטרלית של פנול ואשר לא מופיעים בספקטרום המקורי של האורגנוחרסית.

לסיכום, בעבודה זו נמצא כי אורגנוחרסית על בסיס תיאמין הינה מצע אפקטיבי לספיחת פנול ממים, בעיקר בריכוזי פנול נמוכים, בהם הספיחה היא באפיניות גבוהה במיוחד. יתרון בולט של מצע זה הוא היות התיאמין מרכיב ברמת FOOD GRADE, והאפשרות להשתמש בו במים המיועדים לשתיה. ניסויי הספיחה שערכנו חשפו כי אורגנוחרסית ע"ב תיאמין הינה בעלת קיבולת ספיחה גדולה בכסדר גודל בהשוואה לאורגנוחרסיות לספיחת פנול שמתועדות בספרות. המשך מחקר דרוש לשם חשיפת מנגנון הספיחה המדויק, שכלול שיטת השימוש במצע, בדיקת כדאיות כלכלית וישימות.

נשימת קרקע ונשימת שורשים

אילן בן-נח^{1,2} ושמוליק פרידמן¹

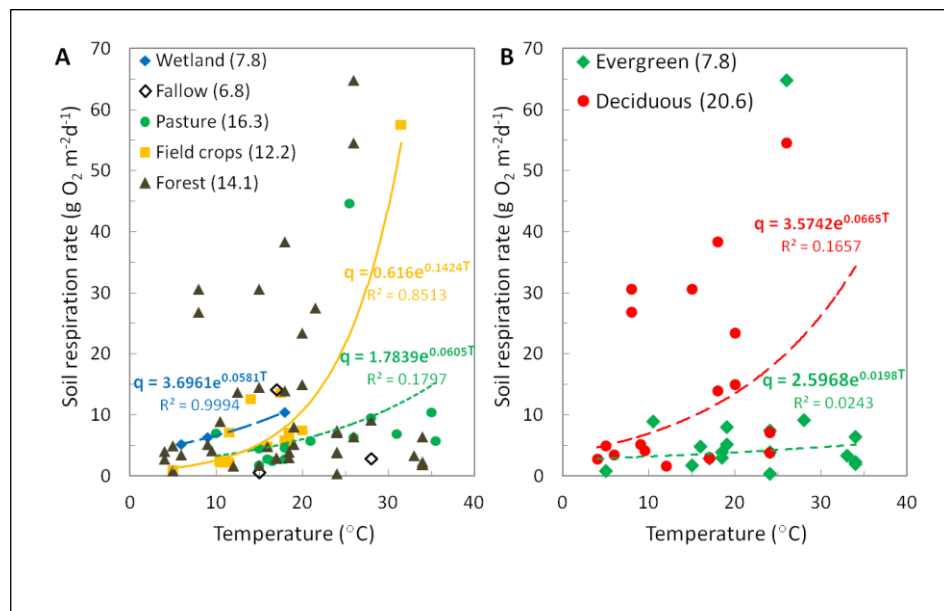
1- המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, ראשון לציון

(llan.bennoah@mail.huji.ac.il)

2 - האוניברסיטה העברית, הפקולטה לחקלאות, רחובות

נשימת קרקע אירובית היא תהליך יצירת אנרגיה בשורשי צמחים ובאכלסיה מיקרוביאלית שקולטים חמצן ומשחררים פחמן דו-חמצני (פד"ח) ביחס מולרי של פד"ח משתחרר לחמצן נקלט (respiratory quotient) שיכול להיות שונה מאד מ-1 כתלות באכלסיה הנושמת ובתנאי הסביבה. מקור החמצן הוא באטמוספירה, ואליה גם משתחרר הפד"ח. קצבי נשימה (ליחידת שטח) אופייניים של קרקעות – כלומר קצבי חילוף הגזים עם האטמוספירה – הם בין גרמים בודדים לעשרות גרם חמצן למ"ר ליום, כתלות בתכסית הקרקע, בטמפרטורה שלה (תרשים למטה) ובגורמים אביוטיים וביוטיים נוספים. קשה למדוד את קצבי הנשימה in-situ של שורשי הצמחים ושל האכלסיה המיקרוביאלית בנפרד, ומדידות בתנאים מופרים מקבלים בדרך-כלל ערכים דומים. קצבי הנשימה של שורשי צמחים הם מקסימליים באזור החלוקה וההתמיינות בקרבת כיפת השורש, כ- 20 מ"ג חמצן למטר שורש ליום, ונמוכים יותר באזורים האחרים. מאגר החמצן בשכבות הנושמות של הקרקע מספיק לנשימה של שעות עד ימים בודדים, ולכן יש צורך בקצב חילוף גזים מספק עם האטמוספירה. מנגנון החילוף העיקרי הוא דיפוזיה של חמצן מהאטמוספירה אל עומק הקרקע ושל פד"ח מעומק הקרקע לאטמוספירה. תהליכי דיפוזיה רלוונטיים נוספים הם הדיפוזיה של חמצן אל השורש הבודד ובתוך אגרגטים. מניתוח של תהליכי הדיפוזיה עולה שבדרך-הכלל התהליכים שמגבילים את קצב נשימת השורשים הם הדיפוזיה של החמצן לעומק הקרקע ודרך שכבת המוצילג שמקיפה את השורש.

Ben-Noah, I., and Friedman, S.P. 2018. Review and evaluation of root respiration and of natural and agricultural processes of soil aeration. *Vadose Zone J.*, doi:10.2136/vzj2017.06.0119.



תהליכי אוורור קרקעות טבעיים וחקלאיים

אילן בן-נח^{1,2} ושמוליק פרידמן¹

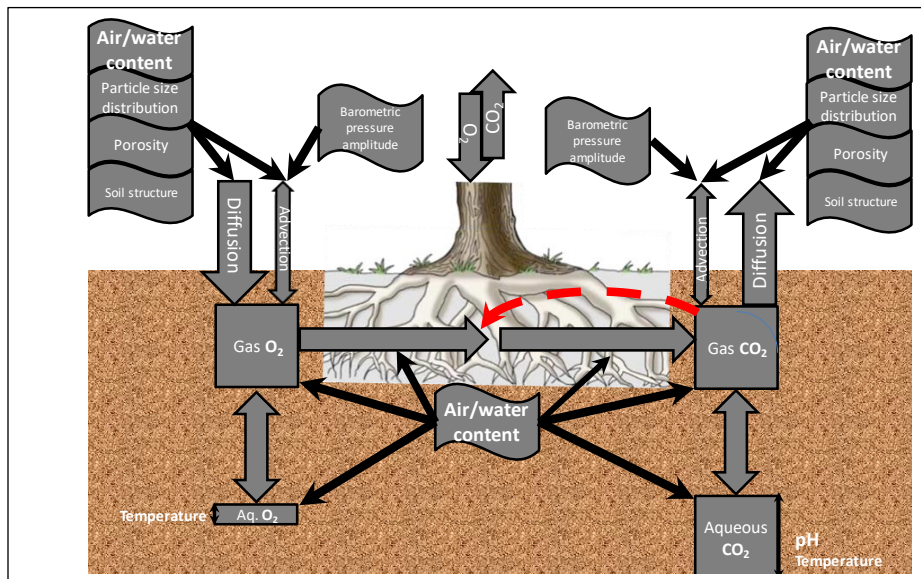
1- מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, בית דגן (lan.bennoah@mail.huji.ac.il)
 2 - האוניברסיטה העברית, הפקולטה לחקלאות, רחובות

מצב אוורור הקרקע מתאר את כמות והרכב הגזים באוויר הקרקע. מחקרים רבים הראו את הקשר השלילי בין מחסור בחמצן ועודף פחמן דו חמצני (פד"ח) על מספר רב של פרמטרים צמחיים כגון דיות, יבול, התארכות שורשים, עמידות למחלות, עמידות לעקות אחרות ועוד. אוורור טבעי של הקרקע מתרחש בעיקר באמצעות דיפוזיה של חמצן מהאטמוספירה אל עומק הקרקע ושל פד"ח מעומק הקרקע לאטמוספירה. בנוסף ישנם מספר מנגנוני אוורור אדוקטיביים, הנובעים משינויים בלחץ הברומטרי, בטמפרטורת הסביבה ובמשטר הרוחות.

מחסור בחמצן בקרקע הינה תופעה נפוצה בעיקר בקרקעות דקות מרקם (חרסיתיות) תחת משטר השקיה אינטנסיבי. מכיוון שתהליכי אוורור הקרקעות מושפעים מאוד (לרעה) מתכולת המים בקרקע, בתנאים מסוימים, לא ניתן להימנע מאוורור לקוי מבלי ליצור עקה חמורה יותר של זמינות מים בקרקע.

בספרות המדעית הוצעו מספר שיטות לשיפור אוורור הקרקע כגון: הוספת חמצן למי ההשקיה, השקיה במי-חמצן, החדרת אוויר לתת-הקרקע ועוד. חלק משיטות אלו הראו תוצאות חיוביות. עם זאת, פרט לחריש, אף אחת מהטכניקות המוצעות אינה משמשת בפרקטיקה החקלאית בצורה נרחבת. סיבות אפשריות לכך הינן: הפוטנציאל הנמוך של חלק מהשיטות הנובע מכמות החמצן המוגבלת המוחדרת ו/או מחסור בכלים שימושיים לתכנון מערכות אוורור יעילות.

Ben-Noah, I., and Friedman, S.P. 2018. Review and evaluation of root respiration and of natural and agricultural processes of soil aeration. *Vadose Zone J.*, doi:10.2136/vzj2017.06.0119.



שינוי מרקם הקרקע להרחקת מלחים מבית השורשים בהשקיה בטפטוף

ארבל ברזניק^{1,2}, יעל מישראל², אלון בן גל³ ואורי נחשון¹

- 1- המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני (arbel155@gmail.com)
- 2 - המחלקה למדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים
- 3 - מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף מדבר, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני

השקיה בטפטוף היא שיטה יעילה לשימוש במים באיכויות נמוכות אך כאשר משתמשים במים בעלי ריכוז גבוה של מלחים שיטה זו אינה יעילה בשטיפת המלחים ועלולה לגרום להמלחת הקרקע ולפגיעה ביבול. בדרך כלל, שימוש במים מליחים מלווה בהשקיה בעודף, דבר אשר עוזר לדחוק את המלחים ולשמור על רמת מליחות נמוכה בבית השורשים ובכך למנוע נזקי המלחה. השקיה בעודף לדחיקת המלחים אינה יעילה ולעיתים אינה מקיימת מכיוון שהיא צורכת כמויות גדולות של מים ובמקרים רבים מובילה להמלחת מי התהום. במחקר זה אנו מציעים מודל חדש שמטרתו לשמור על מליחות נמוכה בבית השורשים ללא הצורך בהשקיה בעודף ע"י יצירת אזור מועדף לגדילת שורשים ושטיפת מלחים. המודל המוצע הינו מניפולציה של מרקם הקרקע בבית השורשים, ע"י שילוב נפח קרקע בעלת מרקם גס, מתחת לטפטפת, היכן שהצמח נשתל, ומסביבה קרקע בעלת מרקם דק. השערת המחקר היא שהשוני בתכונות ההידראוליות בין המרקם הדק לגס והמחסום הקפילרי בין שניהם יגרמו לזרימה חד כיוונית של המים המליחים מכיוון הטפטפת דרך הקרקע בעלת המרקם הגס, אל הקרקע בעלת המרקם הדק. מהלך זרימה שכזה יגביר את יעילות שטיפת המלחים ויקדם הצטברות מלחים בקרקע הדקה, ללא יישום כמויות מים גדולות. המודל המוצע נבדק בסדרת ניסויי ליזימטרים ו-Hele-Shaw (תאי זרימה), יחד עם מודל זרימה דו מימדי אשר נבנה ב-Hydrus-2D. התוצאות הראו כי עבור הקרקע שעברה מניפולציה, מלחים הצטברו מחוץ לנפח הקרקע הגסה, בחלקים העליונים של הקרקע הדקה, אשר הייתה בעלת מוליכות חשמלית (EC) בסדר גודל של 3.6 dS/m במדידה ממיצוי 1:1. באזור בעל המרקם הגס, היכן שרוב השורשים התפתחו, ריכוז המלחים היה נמוך בהרבה, עם ערכי מוליכות חשמלית של 1 dS/m . אזור זה, אשר יחסית נקי ממלחים, מספק נפח קרקע אשר אינו מלוח, אך עדיין בעל תכולת רטיבות גבוהה מספיק לתמוך במערכת שורשים בריאה. מצד שני, תחת תנאים של קרקע בעלת מרקם הומוגני דק, נצפתה הצטברות מלח משמעותית במרכז בית השורשים, עם ערכי מוליכות חשמלית של עד 8.3 dS/m בפני השטח. ממדי הצמחים שגדלו בקרקע שעברה מניפולציה היו דומים לצמחים שגדלו בקרקע ההומוגנית הדקה, דבר אשר מעיד על צריכת מים דומה של הצמחים ומדגיש כי מקור ההבדלים בהתפלגות המלחים הינו רק כתוצאה מהשוני במרקם הקרקע בין שני הטיפולים. בנוסף, בקרקע שעברה מניפולציה, שורשים התפתחו עד לעומק של 20 ס"מ לערך, בתוך הגס, ואף קצת מחוצה לו. לעומת זאת, עבור הקרקע ההומוגנית דקת המרקם השורשים התרכזו ב-10 ס"מ העליונים, קרוב לטפטפת. לכן ניתן להסיק כי המניפולציה של מרקם הקרקע יצרה אזור בעל תנאי גידול מועדפים, מאחר והיא שמרה על רמת מליחות נמוכה בבית השורשים וסיפקה כמויות מספקות של מים וחומרי הזנה לצמיחה תקינה של הצמח.

השפעת דישון ברמות שונות של חנקן, זרחן ואשלגן ותנאי השקיה על גידול השומשום (*Sesamum indicum* L.)

אלנתן גולן^{1,2}, צבי פלג² ורן אראל¹

1 - מנהל המחקר החקלאי - מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף מדבר (elnatan.golan@mail.huji.ac.il)
2 - הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש ר.ה. סמית, אוניברסיטה העברית, רחובות

שומשום (*Sesamum indicum* L.) הוא גידול שמן בעל חשיבות כלכלית, חברתית והיסטורית רבת שנים. בשנים עברו, גידול השומשום היה נפוץ מאוד בארץ, אולם בשל אופי גידול לא מסיים, פתיחה ספונטנית של ההלקטים והצורך באיסוף ידני, הגידול הפך ללא כדאי כלכלית. כיום, עיקר גידול השומשום מתרכז במדינות מתפתחות, בהן כוח עבודה זול, תחת ממשק גידול אקסטנסיבי: גידול בעל, בעומד זריעה נמוך והזנה מועטה. לפיכך בהיותו גידול "יתום", קיימים פערי ידע רבים המקשים לנצל את פוטנציאל היבול של השומשום. פיתוח ממשקים אגרוטכניים יעילים יוכלו לתרום רבות להעלאת יבולי השומשום ולהפיכת הגידול לריווחי בתנאי חקלאות אינטנסיבית. מטרת המחקר הנוכחי היא לבחון את תגובת השומשום לדישון תחת תנאי זמינות מים שונים. בקיץ 2017 נערכו הניסויים הבאים: 1. ניסוי מבוקר עם 5 זני שומשום מובילים שגודלו בעציצים במצע פרלייט בבית רשת (מרכז מחקר גילת). 2. שני ניסויי שדה - בחוות גילת ובחוות הניסיונות של הפקולטה לחקלאות ברחובות. הטיפולים כללו טווחים שונים של ריכוזי N:P:K כאשר בשדה נבחנו הריכוזים השונים גם תחת שתי רמות השקיה, מלאה וגרעונית. פותח פרוטוקול לדיגום עלים ונמצאה עלייה מובהקת בריכוז יסודות ההזנה בעלה עם העלייה בריכוזם בתמיסת ההשקיה. במהלך העונה נלקחו מדדים פיזיולוגיים וניתן היה לראות שבהשקיה הגרעונית הייתה ירידה בקצב הפוטוסינתזה ובפוטנציאל המים בטיפולי החנקן הגבוהים. התוצאות שנלקחו מבית הרשת בסוף העונה הראו שעלייה ברמת החנקן הגבירה את הצימוח הווגטיבי ומשקל הזרעים עד לרמה מסוימת, וממנה והלאה חלה ירידה, עלייה בזרחן לוותה אף היא בעידוד הצימוח והיבול עד להתמתנות ברמות הגבוהות. בטווח ריכוזי האשלגן שנבחנו לא נמצאה השפעה מובהקת על המדדים הנבחנו. בחינה של מדדי איכות העלתה שרק טיפולי הזרחן השפיעו על משקל הזרע הבודד, על ריכוז הפנולים והובילו לירידה מובהקת בתכולת השמן בזרע. בשדה- תוספת חנקן וזרחן גרמו לעלייה משמעותית ביבול ובגידול הווגטיבי רק בתנאי השקיה מלאה. התוצאות מצביעות על השפעה מובהקת של הזנה בתנאים אינטנסיביים בלבד ולכן אנו מסיקים שיש להתאים את תכנית הדישון לזמינות המים במהלך הגידול. היסודות השונים משפיעים בצורה שונה על הצמח ויש להתאים את תכנית הדישון לייעוד של היבול: שמן, טחינה או אפייה. פרוטוקול דיגום העלים שפותח מהווה כלי לאבחון מוקדם להפקת יבול מיטבי. תוצאות ניסויים אלו והניסויים הבאים יאפשרו המשך פיתוח פרוטוקול דישון וכלים דיאגנוסטיים לממשק גידול אינטנסיבי המתאים לארץ ויתרמו להחזרת השומשום כגידול קיץ חדש ישן במזרע בישראל.

תגובה של רימון להזנה במאקרואלמנטים

ארנון דג¹, יהודה הלר^{1,2}, אלון בן-גל¹, גרשון קליין³ ואורי ירמיהו¹

1 - מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, מרכז מחקר גילת (arnondag@agri.gov.il)

2 - הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

3 - דשנים – כיל, חיפה

שטחי מטעי הרימון בארץ ובעולם עלו באופן משמעותי בעשור האחרון, עם ההכרה בערכו הבריאותי של המיץ. בישראל, הרימון ממוקם מספר שניים מבחינת היקף היצוא מבין ענפי המטע. עם העלייה בהיקף ואינטנסיביות הגידול, נותרו פערי ידע גדולים, ביניהם אפיון דרישות ההזנה של הגידול. במחקר הנוכחי נבחנה תגובתם של עצי רימון מהזן הבכיר – 'עמק' ומהזן האפיל – 'וונדרפול' לריכוזים שונים של חנקן (8 ריכוזים ב'וונדרפול' ו-3 ב'עמק'), אשלגן וזרחן במי ההשקייה (3 רמות נבחנות בכל זן לכל אחד משני היסודות), כל זן בכל ריכוז דשן נבחן בארבע חזרות. העצים גודלו במיכלים של 500 ליטר, במצע פרלית. פרט ליסוד הנבחן, כל יתר היסודות (מיקרו ומאקרואלמנטים) סופקו בריכוז זהה. העצים הושקו מדי יום בנפח השקייה הגבוה ב-30% מצריכת המים של העץ בכדי לאפשר קבלת נקז ושטיפת מלחים, הניסוי נמשך שנתיים. מדדי הצימוח שנבדקו (נפח נוף, LAI והיקף גזע הלכו ועלו מ-5 ח"מ חנקן ועד 70 ח"מ, עליה נוספת בריכוז החנקן, הביאה לירידה מתונה במדדים אלו. צריכת המים של העצים, הגיבה באופן דומה. ריכוז זרחן נמוך של 1 ח"מ הביא לירידה מובהקת ברמת הפוטוסינתזה של העצים ובעקבותיה לעיכוב בצימוח העצים, בשני הזנים, ביחס לטיפולים שקיבלו 10 ו-20 ח"מ זרחן (על אף שלא נצפו סימפטומים ויזואלים למחסור). בין טיפולי האשלגן (200, 100 ו-20 ח"מ) לא נמצאו הבדלים משמעותיים מבחינת מדדי הצימוח, מה שעשוי להעיד על צריכת אשלגן נמוכה מהמקובל בגידול זה. היבול הושפע אף הוא מריכוזי המאקרואלמנטים במי ההשקייה; ריכוזי חנקן נמוכים של 5 ו-10 ח"מ חנקן הביאו לירידה ניכרת ביבול בהשוואה לריכוזים גבוהים יותר, כאשר ב-40 ח"מ חנקן התקבל היבול המיטבי. טיפול זרחן נמוך (1 ח"מ) הביא לירידה של 50% ביבול, חלקה היתה קשורה לירידה בשיעור הפרחים הדו-מיניים בטיפול זה. טיפולי האשלגן לא השפיעו באופן ניכר על הפוריות. טיפולי הזרחן הנמוך, פגעו לא רק בצימוח וביבול, אלא גם הורידו את איכות הפרי והביאו לעלייה מובהקת בשיעור הפרי הסדוק והפרי בו התפתח ריקבון פנימי. הממצאים מעידים על חשיבות בקרת רמת ההזנה לקבלת יבול ואיכות פרי מיטביים ברימון. על בסיס תוצאות בדיקות העלים שנערכו, מסתמן שיש להעלות את הסטנדרט הנהוג כיום לאפיון מחסורים בזרחן ברימון, שכן הטיפול אשר קיבל 1 ח"מ זרחן, הציג ערכים בתחום הנורמה מבחינת זרחן בעלים בעוד שיבולו בפועל נפגע משמעותית. מאידך מסתמן שניתן להוריד את ערכי הסף לאשלגן שכן, גם טיפולים שהציגו ערכים נמוכים מסף המקובל למחסור, הניבו יבול מלא. יש כמובן, להמשיך במחקר עוד שנה לפחות ובהמשך לאשרר את התוצאות בניסויי שדה בכדי לבסס את המסקנות.

שימוש בפסולת האלום למחזור זרחן משפכי רפתות והשבתו כדשן לגידולי שדה: חסה כגידול בוחן

איגי ליטאורי¹, איריס זוהר¹ ושי שחטר¹

1 - מיגל מכון מחקר בגליל והמכללה האקדמית תל חי (litaori@telhai.ac.il)

זרחן הוא משאב שאינו מתחדש ובקצב השימוש הגלובלי הנוכחי יתכן שעתודות הזרחן יתכלו בעוד 150-100 שנים. הזרחן נמצא בריכוז גבוה בשפכים בכלל ובשפכי רפתות בפרט (60-100 מג"ל) ומתקני הטיפול בשפכים עירוניים מתקשים להתמודד עם ריכוזים אלה. מציאת תהליך להרחקת זרחן משפכים לשם שימוש חוזר כדשן מהווה פתרון יצירתי לקיום חקלאות בר-קיימא. בוצת האלום היא פסולת הנוצרת במתקני טיפול במי שתייה וידועה כבעלת יכולת ספיחה גבוהה לזרחן. במחקר זה נבחנה ההיפותזה שאלום מועשר בזרחן משפכי רפתות יכול להוות מקור זרחן לגידול חקלאי – חסה רומית מסוג "רם" (*Lactuca sativa*) כמקרה בוחן. בוצת האלום שנלקחה מאתר אשכול, הובאה לרווייה בזרחן על ידי טלטול עם שפכי רפת לאחר הרחקת מוצקים מרחפים. במהלך המחקר בוצעו שלושה מחזורי גידול. המחזור הראשון בוצעו בפרלייט וטוף ושני המחזורים האחרונים בוצעו בקרקע אלוביאלית חומה. כל מחזורי הגידול בוצעו בתנאים מבוקרים בבתי רשת בעציצים של 10 ליטר בחוות המטעים בעמק החולה. בוצת האלום המועשרת בזרחן כ-500 מ"ג/ק"ג זרחן אולסן הוספה למצע הגידול בריכוזים שונים ופרמטרים שונים במשך ובסוף הגידול הושוו למצעים שקיבלו דשן נוזלי ללא זרחן (N-P-K 6-0-8). דשן נוזלי (N-P-K 7-3-7), ודשן מוצק (מולטיקוט 4) אנאורגני, דשן ללא זרחן (N-P-K 6-0-8) ששימש כבקרה בכל מחזורי הגידול. מהניסוי במצעים אינרטיים נמצא כי בוצת האלום משחררת את הזרחן הזמין בעיקר במהלך הימים הראשונים ורובו לא מגיע לצמח אלא נשטף מהמצע. בנוסף, נמצא כי הביומסה בטיפול האלום הגיעה רק לכ-20% לעומת הביקורות החיוביות במצעים האינרטיים. במחזור הגידול השני בקרקע הביומסה בטיפול האלום הגיעה ל-111% לעומת הבקרה. גובה השתילים בסוף מחזור הגידול היה 28-31 ס"מ בכל הטיפולים פרט לביקורת ללא זרחן (18.5 ס"מ). ריכוזי הזרחן בתשטיפים בכל הטיפולים היו נמוכים (>0.2 מג"ל). בטיפול האלום לא נמצא מחסור בזרחן בצמח (0.36%) או בקרקע (25 מ"ג/ק"ג). מחזור הגידול השלישי בחן את ההשפעה של הוספת אלום בריכוזים של 0, 30, 45, 70 ו-100 גרם/עציץ על הביומסה ועל ריכוזי הזרחן והחמרן בצמח. נמצא קשר מעריכי חיובי ($R^2=0.99$, $P<0.001$) בין הוספת אלום ליבול, אך לא נמצא קשר בין הוספת האלום לריכוזי הזרחן או החמרן בצמח. תוצאות המחקר מראות כי הוספה של 9 עד 13 טון/הקטר של בוצת אלום מועשרת בזרחן לקרקע אלוביאלית ענייה בזרחן, מספקת זרחן לגידול באופן מיטבי ובטוחה לשימוש ללא חשש להרעלת חמרן כתוצאה מהוספת האלום. נמצא כי בוצת האלום המועשרת בזרחן משפכי רפתות יכולה להוות מקור זרחן לצמח ואף יכולה להתחרות עם הדשנים הכימיים הקיימים כיום, אך יש לפתח שיטות יישום אופטימליות לקרקעות שונות ולאפיין את השפעתן על הקרקע לאורך זמן במחקר שדה.

השפעת צמחייה עשבונית חד שנתית בכרם יין על מבנה קרקע

מארק לייקין^{1,2}, מרסלו שטרנברג¹ וגיל אשל²

1 - בית הספר למדעי הצמח ובטחון מזון, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב (markleikin@mail.tau.ac.il)
2 - התחנה לחקר הסחף, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית דגן

אוכלוסיית העולם הולכת וגדלה בקצב חסר תקדים בהיסטוריה של האנושות, וביחד איתה עליה ברמת החיים והביקוש למזון. במקביל היקף הקרקעות המתאימות והזמינות ליצור מזון קטן הן בגלל תהליכי הגרעה בבריאות הקרקע בעקבות פעילות חקלאית אינטנסיבית וניהול לא מיטבי הגורם לסחיפת קרקעות, המלחה וניתרון באזורים היבשים והחמצה באזורים הלחים. בנוסף הסבה מתמשכת של קרקעות חקלאיות לטובת מגורים תעשייה ותשתיות מגבירה תופעה זו. על מנת להבטיח את ביטחון המזון של הדורות הבאים ולהקטין את השפעות השליליות על פעילות חקלאית על הסביבה, ישנה חשיבות רבה לשמירה ושיפור בריאות הקרקעות החקלאיות תוך כדי יצרנות מזון אופטימאלית וברת קיימא.

כרמי יין בישראל זוכים לעדנה מחודשת בשנים האחרונות. כמו כן ישנה עלייה מתמדת בהיקף חדירת חיפוי הצמחי בכרמים ככלי למניעת סחף קרקע. מסיבות של חשש מכלאיים, לא ניתן לזרוע גידולי כיסוי בכרמי יין שעומדים בפיקוח כשרות. מכאן שהפרקטיקה המקובלת היא התבססות על צמחייה עשבונית טבעית, שלרוב דוכאה על ידי עיבודים והדברה כימית שהובילה להפחתה במגוון המינים ושינוי בהרכב הצומח הטבעי. מחקרים רבים הראו שלחיפוי צמחי מלא ורציף של פני הקרקע בשטחים חקלאיים ישנו תפקיד חשוב בהגנה מפני סחיפת קרקע, בהקטנת אובדן מי הגשם כנגר עילי ופוטנציאל למחזור יסודות הזנה בקרקע והקטנת אובדנם לסביבה. המבנה המורפולוגי של הקרקע מושפע מהרכב המינרלוגי, מחזורי יבוש והרטבה, תכולת חומר האורגני ומפעילות ביולוגית בקרקע. מצד שני, למבנה הקרקע יש חלק חשוב ביציבות הקרקע, רגישותה לסחיפה, מעבר המים(חידור, תאחיזה, ניקוז ואידוי), קצב חילופי הגזים, זמינותם והימצאותם של נוטריינטים ובאמצעות כך משפיע על פעילותם והתפתחותם של צורות החיים השונות בקרקע ועל גבי הקרקע. כמו כן ידוע כי תכונות הקרקע משפיעות על הרכב הצמחייה העשבונית הגדלה בקרקע ובסביבת השורשים מתקיימת פעילות ביולוגית ענפה. אך מעט ידוע כיצד הרכב הצמחייה משפיע על מבנה הקרקע.



מטרת המחקר היא לבחון את השפעות הרכב של צמחייה עשבונית בכרמי יין על מבנה המורפולוגי של הקרקע. המחקר נערך בכרמי יין הנטועים על קרקעת טרה רוסה שבגליל העליון, בעלי ממשקי עיבוד שונים במשך כעשור.

תנועת חומר ההדברה Terbutryn בעמודות קרקע בהשפעת חומר אורגני מומס ממקור קומפוסט

דביר מילר^{1,2}, אלה נסונובה², גיא לוי², מיכאל בוריסובר² ועדי אורן²

1 - המחלקה למדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית (dvir.miller@mail.huji.ac.il)
2 - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני

יישום תוספים אורגנים מקובל מאוד במערכות חקלאיות לשם העשרת הקרקע בחומר אורגני ושיפור מבנה הקרקע ופוריותה. אולם, פרקטיקה זו עשויה להשפיע גם על התנהגות וגורל תרכובות אורגניות שונות כולל אגרוכימיקלים כגון חומרי הדברה המצויים בקרקע, באמצעות (1) אינטראקציות ספיחה של התרכובת האורגנית לפאזה המוצקה (הגוררת קיבוע של התרכובת) (2) תחרות של התרכובת עם מרכיביו של החומר האורגני המומס על קישור לאתרי ספיחה בקרקע ו/או קישור שלה לחומר האורגני המומס, כתלות בהרכבו הכימי מחד ובאופיה הכימי של התרכובת האורגנית מאידך. לתהליכים אלו השפעה על זמינותם הביולוגית של תרכובות אורגניות שונות וחלחולם לעומק הקרקע אל עבר מי תהום.

מטרת המחקר המרכזית הינה להעריך את השפעתם של תשטיפי תוספים אורגנים, על סמך ניתוח מעמיק של תכונותיהם הכימיות והפיזיקליות, על תנועת תרכובות אורגניות שונות בקרקע. הדגש במחקר זה ביחס לידע הקיים כיום, הוא ניתוח ההרכב הכימי תוך מתן דגש על מאפייני החומר האורגני של התוסף בשיטות שונות, על מנת להבין את השפעתו על תנועת התרכובות. בניסוי זה נבחנה השפעתו של תשטיפ קומפוסט זבל רפת ולול לאחר 180 ימי קומפוסטציה, על ניידות חומר ההדברה ההידרופובי Terbutryn – בעמודות קרקע בתנאי זרימה רוויה, בשתי קרקעות, לס (17% חרסית) מפטיש, צפון-מערב הנגב וגרומוסול (71% חרסית) מעין חרוד, עמק יזרעאל. בניסוי נעשה שימוש בדוגמאות קרקע בעלות תכולת חומר אורגני נמוכה, שנדגמו מעומק 60-100 ס"מ, כדי להביא למקסימום את השפעת החומר האורגני המסיס שמקורו בתוסף. החומר האורגני המומס יושם בריכוז גבוה (160 מ"ג/ל") כדי לדמות תנאים של אירוע גשם לאחר פיזור תוסף על פני הקרקע. ריכוז ה- Terbutryn שהוסף לתשטיפ היה 0.5 מ"ג/ל". לאחר מכן נתבצעה שטיפה של הקרקעות במים מזוקקים (המדמים מי גשם) על מנת לקבל אינדיקציה לגבי מידת הספיחה והשחרור של התרכובת האורגנית שנבדקה.

בשני סוגי הקרקעות שנבדקו לא נצפה שינוי ניכר בתנועת התרכובת בנוכחות חומר אורגני מומס בהשוואה לתנועתו במים מזוקקים. בניסוי השטיפה במים חל עיכוב מסוים בשחרור התרכובת מהקרקע, מה שמצביע על קשירה חזקה לחלקיקי הקרקע. תוצאות הניסוי מצביעות על כך שתשטיפים שמקורם בתוספים אורגנים המיושמים בקרקע, לא ישפיעו על תנועת חומר ההדברה Terbutryn בעומק הקרקע לכיוון מי תהום.

ארכיטקטורה של קרומי מלח והשפעת המבנה על תהליכי אידוי וזרימה

אורי נחשון¹, רועי קציר¹, אחמד נאסר¹ ונעם וייסברוד²

1 - מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, בית דגן (urina@gmail.com)
2 - מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון

מספר עבודות מהשנים האחרונות הראו כי קרומי מלח המצטברים כתוצאה מתהליכי אידוי בפני השטח של קרקעות גורמים להקטנת קצבי האידוי, אפילו בקרקעות בעלות תכולת רטיבות גבוהה בפני השטח. חישובים תאורטיים ועדויות שונות הצביעו על כך כי המלח מהווה מחסום המאט את תנועת אדי המים בין הקרקע לאטמוספירה. יחד עם זאת, ההסבר לתופעה לא היה ברור מכיוון שהמלח יושב על הקרקע ובא עמה במגע ישיר ולכן – היה מצופה כי תמיסת הקרקע תמשיך לזרום דרך שכבת המלח בזרימה נימית והאידוי יתרחש מעל פני המלח החשופים לאטמוספירה.

במחקר זה בחנו את מבנה קרום המלח, את אופי התגבשותו ואופי המגע שבינו לבין הקרקע, בעבור מספר סוגי קרקעות. כל זאת נעשה תוך שימוש בצילומים ברזולוציה גבוהה ובסריקות תלת ממדיות בסורק CT. התצפיות הראו כי קרום המלח מתפתח מתוך מספר מצומצם של גרעיני התגבשות ראשוניים, הבאים במגע עם הקרקע, וכי הוא גדל לצדדים וכלפי מעלה, ללא מגע ישיר בין רוב חלקי הקרום והקרקע. כתוצאה מכך, עיקר תהליך האידוי מתרחש מתחת לקרום המלח, בפני הקרקע, ומעבר אדי המים מתרחש בדיפוזיה (איטית מאוד) דרך קרום המלח ה"מרחף". תופעות דומות נצפו גם בשדה ובכך ניתן הסבר פיזיקלי המסביר מדוע קרומי המלח גורמים להקטנת האידוי כתוצאה מריסון מעבר אדי המים בין הקרקע לאטמוספירה.

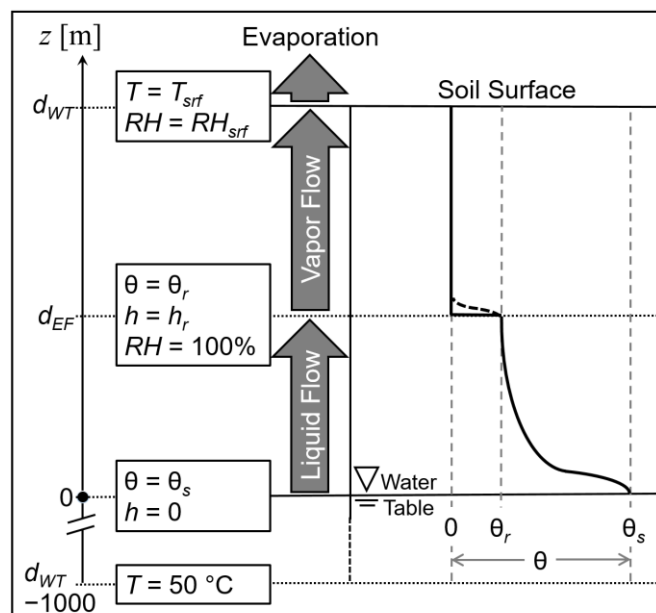
התאדות במדבריות עם מי תהום עמוקים: מודל אנליטי המשלב זרימה בפאזה נוזלית ובפאזה אדים

תמיר קמאי¹ ושמואל אסולין¹

1 - מנהל המחקר החקלאי – מרכז וולקני, ראשון לציון (tamirk@agri.gov.il)

תהליך האיידוי מהווה חלק משמעותי במחזור המים בסביבות צחיחות מאוד. מדבריות אלו מאופיינות במי תהום עמוקים עם העשרה זניחה, כאשר המים זורמים מפני מי התהום אל פני השטח ומתאדים. אנו מציעים מודל אנליטי שחוזר את קצב האיידוי ואת מיקום חזית האיידוי. המודל מתחשב בעומק מי התהום, בתנאים האטמוספריים, בגרדיאנט הגיאותרמי, ובמאפיינים ההידראוליים של הקרקע. המודל מניח מצב של זרימה יציבה עם שני אזורי זרימת מים המופרדים על ידי חזית האיידוי, זרימה בפאזה נוזלית ממי התהום אל החזית וזרימה בפאזה אדים משם אל פני השטח. הכוחות המניעים את הזרימה הם הגרדיאנטים בלחץ המים עבור הפאזה הנוזלית (דרסי), והגרדיאנטים בטמפרטורה ובלחות היחסית עבור פאזה האדים (בדיפוזיה). חיזוי קצבי האיידוי על ידי המודל מיושם עבור סוגי קרקע שונים. כמו כן, נבדקת השפעת המודלים שמתארים את תכונות הקרקע, עומק מי התהום והתנאים האטמוספיריים. קצב האיידוי עולה ככל שמי התהום רדודים יותר, וככל שבאטמוספירה הטמפרטורה עולה ו/או הלחות היחסית יורדת. קצב האיידוי יורד בצורה מעריכית עם ירידת מפלס מי התהום, ומתקרב לערך קבוע של כ-0.02 מ"מ בשנה בתנאים אטמוספריים אופייניים ועומק מי תהום מתחת 500 מ'. השפעת סוג הקרקע על קצב האיידוי הינה משמעותית כאשר עומק מי התהום קטן מ-300 מ'.

האיור מתאר בצורה סכמתית את התהליכים במודל, עם עומק מי תהום (d_{WT}) בקואורדינטה $z = 0$. איידוי בפני השטח בטמפרטורה (T) ולחות יחסית (RH) אטמוספריים: T_{srf} ו- RH_{srf} . זרימת המים כלפי מעלה ממי התהום לפני הקרקע מחולקת לשני אזורים: (תחתון) פאזה נוזלית, עד חזית האיידוי ב- d_{EF} , מונעת על ידי פוטנציאל המים בין $h = 0$ ו- $h_r = -\infty$, בתכולות רטיבות (θ) בין θ_s ו- θ_r , בהתאמה; ומחזית האיידוי, (עליון) פאזה אדים, מונעת על ידי גרדיאנטים של T ו- RH , ב- $\theta = 0$ (במודל מזניחים את המעבר בין θ_r ל- 0 , המסומן בקו לא רציף).



טרנספורמציות חמצון-חיזור של אוקסיטטרציקלין על שטחי פנים מינרליים של ברזל ומנגן

מרינה קרפוב¹, בטינה זיורט², טורסטן רימטסמה², תמרה פולובסוב¹ ובני חפץ¹

- 1 - המחלקה למדעי הקרקע והמים, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים (marina.karpov@mail.huji.ac.il)
- 2 - המחלקה לכימיה אנליטית, מרכז הלמהולץ למחקר סביבתי – UFZ, גרמניה

הממשק החקלאי בישראל כולל השקייה במים מושבים אשר מכילים, בין היתר, חומרים רפואיים ומזהמים אורגניים. אחד התהליכים המשפיעים על התנהגות חומרים רפואיים בסביבה הוא טרנספורמציות חמצון חיזור על שטחי פנים ראקטיביים דוגמת אלו המכילים ברזל ומנגן.

בעבודת מחקר זו נבחנה קינטיקת הספיחה והחמצון של אנטיביוטיקה הנמצאת בשימוש נרחב וידועה כמזהם סביבתי, אוקסיטטרציקלין (oxytetracycline), על ידי שני מינרלים, וכן נלמדו והשוו מנגוני החמצון. על מנת ללמוד את הספיחה והחמצון של אוקסיטטרציקלין על שטחי פנים מינרליים נעשה שימוש במונטמורילוניט מועשרת ב- Fe^{+3} ובירנסיט ($\delta-MnO_2$). בוצעו ניסויי הרחקה וניטור המגיבים והתוצרים של התגובות. תהליכי חמצון חיזור אופיינו על פני השטח ובתמיסה ותוצרי הפירוק של אוקסיטטרציקלין אופיינו באמצעות HR-LC/MS. בעבודה זו בוצע מחקר השוואתי מפורט על חימצון אוקסיטטרציקלין וחיזור שטחי הפנים המינרליים.

עבור שני המינרלים שנלמדו, התקבלה הרחקה מלאה של אוקסיטטרציקלין מהתמיסה בתוך שעה מרגע הוספתו לתרחיף המינרלים. היעלמותו לוותה בחיזור יוני מתכת על פני השטח של המינרלים ושחרורם משטחי הפנים אל התמיסה בנוסף לחמצון של אוקסיטטרציקלין שהתבטא בהיווצרות תוצרי פירוק על פני השטח ובתמיסה. מנגן מסיס שהשתחרר מפני השטח של בירנסיט היה גבוה פי 7 מריכוז הברזל המסיס שהשתחרר ממונטמורילוניט מועשרת ב- Fe^{+3} (בריכוז מזהם נתון). תוצרי הפירוק של אוקסיטטרציקלין בנוכחות שני המינרלים אופיינו והוצעו מנגוני פירוק מולקולריים לכל מערכת. 54 תוצרי פירוק של אוקסיטטרציקלין התקבלו בנוכחות של בירנסיט באמצעות מנגון פירוק רדיקלי ו-29 בנוכחות מונטמורילוניט מועשרת ב- Fe^{+3} כאשר הרוב המוחלט של תוצרי הפירוק נבדלו בין המערכות. נצפו הבדלים משמעותיים בזמני התגובה ובמנגוני הפירוק עבור כל מינרל: פירוק מלא של המזהם בתוך כ-10 דקות ושחרור מהיר של תוצרים מפני השטח של בירנסיט לעומת ספיחה מלאה בתוך שעה, ואחריו שחרור איטי של תוצרי פירוק בנוכחות מונטמורילוניט מועשרת ב- Fe^{+3} . מהתוצאות עולה כי בירנסיט הינה מחמצן יעיל ואילו מונטמורילוניט מועשרת ב- Fe^{+3} הינה סופח יעיל של אוקסיטטרציקלין.

הממצאים ממחקר זה מתארים את מנגון הפירוק של אוקסיטטרציקלין בזמני אינקובציה ארוכים (עד שבוע), ולראשונה בוחנים את יכולת הפירוק של אוקסיטטרציקלין באמצעות Fe^{+3} הקשור לפני שטח. התוצאות שופכות אור על התנהגותו הסביבתית של אוקסיטטרציקלין בנוכחות שטחי פנים ריאקטיביים.

טרנספירציה בלילה ככלי להנעת סידן אל הפרי והשפעתה על פוריות ואיכות העגבנייה בתנאי חום ומליחות

נועם רויטמן^{1,2}, רן אראל¹ ומנחם מושליין²

1 - מרכז מחקר גילת לחקלאות על סף מדבר- מכון וולקני (noam.roitman@mail.huji.ac.il)
2 - הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש ר.ה. סמית, רחובות

העגבנייה היא בין הירקות המובילים בעולם בהיקף הצריכה. בישראל, גידול עגבניית מאכל נעשה בעיקר בבתי צמיחה, רובו מרוכז בדרום, באזור המאופיין בטמפרטורות גבוהות ושימוש במים שוליים. בתנאים אלו קיים קושי בהובלת סידן אל המבלעים. זאת כיוון שסידן נע בעצה, בזרם הטרנספירציה, ולכן מתרכז בעלים. זמינות נמוכה של סידן לפרי עלולה לגרום לשחור פיטם (BER) ופגיעה באיכות הפרי. בנוסף לתנאי הסביבה קיימת שונות גנטית רחבה בנטייה להיווצרות BER הנובעת בעיקר מקצב צימוח העגבנייה, גודלה, צורתה ואופן התפתחות צינורות ההובלה.

צמחים רבים וביניהם העגבנייה מאבדים כמות משמעותית של מים דרך הפיוניות בלילה. דיות של מים בלילה שונה באופן משמעותי בין זני עגבנייה ויכולה להגיע עד 30% מהאידיוי ביום. לדיות בלילה בצמחים אין השפעה חיובית על תהליכים פוטוסינתטיים ותפקידה הפיזיולוגי בצמח אינו ידוע. אנו משערים שהדיות בלילה מגבירה את קליטת הנוטריינטים מן הקרקע ומשפרת שינוע מינרלים בצמח. לבחינת השערה זו, צמחי עגבנייה גודלו במספר ניסויים במרכז מחקר גילת.

בניסוי ראשוני נוכחנו שהוספת סטרונציום (כאנלוג לסידן) מנעה לחלוטין היווצרות BER בעגבנייה. בניסויים בהם ביצענו מניפולציות בקצב הטרנספירציה בלילה לבחינת ההשפעה על קליטה וחלוקה של סידן (סטרונציום) בצמח, נמצא קשר בין מידת ההתאדות הלילית למידת קליטת הסטרונציום בצמח. בניסוי בו השווינו את קליטת הסטרונציום והחלוקה לאברי הצמח בלילה לעומת היום. פולס של 4mM סטרונציום ניתן למשך 10 שעות ובסיומם הצמחים נקצרו ונקבעה המסה וריכוז הסטרונציום. טרנספירציה בלילה היוותה 5-10% משיעורה ביום. כמות הסטרונציום שנקלט ביום (מ"ג לצמח) הייתה פי שתיים מהלילה. לעומת זאת, קליטת הסטרונציום לפרי בלילה הייתה גבוהה פי 10 מקליטתו לפרי ביום. שיעור הסטרונציום שנקלט בפרי היה נמוך מ-10% משיעור קליטתו בנוף.

התוצאות עד כה תומכות בהשערת המחקר. בכוננתנו לאפיין את הקשר בין קצב הדיות בלילה לבין הובלת הסידן אל האברים הפרודוקטיביים בצמח.

השפעת רמות ה-pH והגיר במצע הגידול על התפתחות צמחי אוכמניות

גיא תמיר¹, אשר בר-טל², שמואל זילכה², אריה רוטבאום², עדי אורן², דגן עלי^{1,2},
גלעד פרוינד¹ וניר דאי²

1 - מו"פ ההר המרכזי (scagtamir@gmail.com)

2 - מנהל המחקר החקלאי-מרכזי וולקני, בית דגן

שטחי הגידול של צמחי אוכמניות גדלים, ואף צפויים להמשיך ולגדול כתוצאה מהביקוש ההולך וגובר לפרי הודות לתכונותיו הבריאותיות. גידול זה יחייב את הרחבתם של שטחי גידול האוכמניות לקרקעות שאינן מיטביות לגידולם ($pH > 5.5$). רוב רובם של המחקרים מייחסים את הפגיעה בהתפתחות הצמחים לזמינות נמוכה של יסודות הקורט. מטרת המחקר הייתה לבחון את ההשפעה של ה-pH והגיר על התפתחות הביומסה וקליטת יסודות ההזנה של צמחי אוכמניות. צמחוני אוכמניות, מזן ה-Ochlockonee, גדלו במצע תרבית בארבע רמות של pH: 5, 6, 7 ו-8 וטיפול נוסף ב-1% גיר אנליטי ($pH \sim 7$). בופרים ביולוגיים בריכוז 2 mM: MES (6), BES (7) ו-Tricine (8) הוספו למצע הגידול במטרה להפחית שינויים ב-pH לאורך תקופת הגידול. משקל הנוף והשורש של הצמחים וריכוז יסודות ההזנה באברי הצמח נקבעו לאחר שלושה חודשי גידול. נמצא כי, משקלי השורש והנוף ירדו ככל שערך ה-pH היה גבוה יותר. תוספת גיר למצע הגידול הובילה לעיכוב בהתפתחות הצמח, והמשקל של צמחים בטיפול זה היה נמוך ב-50% בהשוואה למשקל הצמחים שגדלו באותו pH ללא נוכחות גיר. לא נמצא קשר ישר בין ריכוז יסודות מסוימים בנוף ובשורש למשקל הצמח. ריכוזי הסידן, המגנזיום, הברזל והמנגן היו גבוהים יותר בנוף של צמחונים שגדלו בטיפול הגיר בהשוואה לזה ללא הגיר. בנוסף, ריכוז הסידן בשורש היה גבוה יותר בטיפול הגיר בהשוואה לטיפול ללא גיר, בניגוד לריכוז המנגן שנמצא גבוה יותר ללא נוכחות גיר. שיעורי הקליטה של כל יסודות ההזנה ליחידת שורש היו הנמוכים ביותר בצמחים שגדלו ב-pH 8. אולם, שיעורי הקליטה של רוב יסודות ההזנה ליחידת שורש ובמיוחד זה של הסידן נמצאו גבוהים יותר בתוספת גיר בהשוואה ליתר טיפולי ה-pH. כמות הסידן בשורש של טיפול הגיר הייתה גבוהה יותר בהשוואה ליתר הטיפולים ללא גיר. תוצאות אלה נמצאות בהתאמה לתוצאות ראשוניות שהתקבלו בניסוי בהידרופוניקה שערכנו, בו הראנו שהסידן מצטבר על גבי ובתוך השורש בתנאים של pH ניטרלי ובסיסי. הצטברות של סידן על גבי השורש ובתוך הצמח (שורש ונוף) יכולה לרמוז על שקיעתו כתוצאה מאינטראקציה עם חומצות אורגניות (אוקסלט וציטרט). תוצאות אלו ודומות שהתקבלו גם בניסוי גידול בכלים, מצביעות על כך שההשפעות השליליות של ערכי pH נייטרלים ובסיסים ושל גיר במצע הגידול נובעות ממנגנונים שונים ולא רק ממחסור ביסודות הזנה.

Effects of root exudates on nutrient transport in the rhizosphere

Harel Bavli¹ and Nimrod Schwartz¹

1 - Department of Soil and Water Sciences, The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, 7610001, Israel (harel.bavli@mail.huji.ac.il)

Root exudates are organic compounds exuded by the plant root. They found to shape the properties of the rhizosphere (the soil in close vicinity to the root) for example by providing defense against pathogens, maintaining stability during drying/wetting cycles, change the chemical composition of the soil, impact the hydraulic properties of the rhizosphere and more. Due to the relation between flow and transport properties, we suggest that root exudates will also affect nutrient transport properties.

To examine the influence of exudates on nutrient transport, we measured the distribution of chemical components in the rhizosphere of wheat grown in sandy soil. We used scanning electron microscope (SEM) equipped with energy-dispersive X-ray spectroscopy detector (EDS) to get high-resolution images of the concertation distribution. Our results show high concertation of carbon near the root, possibly related to the presence of exudates. In addition, a potassium gradient toward the root, with the lowest concentration at the root-soil interface was also observed.

To examine the interactions between root exudates and the soil, we used Soil batch experiment with synthetic root exudates. We show that in sandy soil, multiple elements were released into the fluid phase, while in the clayey soil, calcium and phosphorous were the two primary elements released. We suggest that those elements were released due to several chemical mechanisms affected by pH change, increase organic content and cation exchange.

Currently, we examine the influence of exudates on reactive transport properties of soil using a breakthrough flow experiments. The results of this study will allow us to gain an understanding of the impact of root processes on nutrient transport in the rhizosphere.

Composted biosolids and treated wastewater as sources of pharmaceuticals for plant uptake in the agro-environment

Evyatar Ben-Mordechay^{1,2}, Jorge Tarchitzky¹, Yona Chen¹, Moshe Shenker¹, and Benny Chefetz^{1,2}

- 1 - Department of Soil and Water Sciences, the Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, the Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel (Evyatar.mordechay@mail.huji.ac.il)
2 - The Hebrew University Center of Excellence in Agriculture and Environmental Health, Jerusalem, Israel

Treated wastewater (TWW) and biosolids introduce pharmaceutical compounds (PhCs) into the agroecosystem. Once in the field, several processes can affect their fate, among them are physical, biological and chemical processes leading to degradation, transformation or preservation within the soil environment. PhCs may also be taken-up by plants and be introduced into the food-chain. In this study, tomato, wheat, and lettuce were grown in lysimeters containing three soils. Crops were grown in soils amended with/without biosolids and irrigated with TWW or fresh water. At the end of the growing season, plant and soils samples were taken and analyzed for different PhCs and metabolites.

Of the studied PhCs, carbamazepine was the only compound detected in both TWW and biosolids and in all plant parts. In plants grown in soils irrigated with TWW, concentrations were higher as compared to plants grown in the same soils amended with biosolids. This was not surprising since the amount of carbamazepine introduced to the soil via TWW was significantly higher than with biosolids. Calculated bioconcentration factors (C in plant / C in soil) were significantly lower for biosolids application as compared to TWW irrigation, probably due to an increase in the adsorptive properties of the amended soils. As for the combined application (TWW irrigation and biosolids application) a decrease in the bioavailability was observed in the last growing season, probably as a result of decomposition of the biosolids in the soil. In addition to carbamazepine, its metabolites were detected in notable concentrations in the different plant parts.

In this study, biosolids and TWW were used as sources for PhCs for plants grown under field conditions. It was found that while TWW is source for PhCs, biosolids can act as both sink and source. In addition, we have shown the importance of in-plant metabolism of the total uptake.

Modeling biogeochemical processes in soil aquifer treatment under dynamic hydraulic conditions

Shany Ben-Moshe¹ and Alex Furman¹

1 - Civil and Environmental Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa (benmoshe.shany@gmail.com)

Each year, around 120 million m³ of wastewater are reclaimed in the SHAFDAN site. The SHAFDAN's Soil Aquifer Treatment system (SAT), which is based on treated wastewater infiltration through infiltration ponds and into the aquifer, serves as a tertiary treatment. In the process of water infiltration through the vadose zone, the vadose zone serves as a natural filter, degradation of organic matter occurs due to bacterial activity and redox reactions such as nitrification and denitrification take place. The incorporation of SAT system into the water treatment process in the SHAFDAN enables the production of high quality water, suitable for unlimited irrigation. This leads to better water resource management and is a crucial part of the effort to preserve agriculture. To date, around 70% of the Negev region agriculture is based on the SHAFDAN's reclaimed water. Alongside their many advantages, SAT systems are highly susceptible to clogging events caused by the increasing loads of wastewater entering the infiltration ponds. To assure long term sustainability of existing SAT sites, a deep understanding of the nature of vadose zone wastewater flow and fate is needed.

This research will focus on the construction of a model, aiming to describe quantitatively the main hydraulic and bio-chemical processes in the vadose zone during water infiltration. Our main goals include finding the optimal operation conditions for the SHAFDAN's SAT system in terms of flooding and drying periods, flooding time and infiltration rate as well as phrase some conclusions referring to the operation of SAT systems in general. The model will integrate the basic unsaturated water flow and solute transport equations (Richards' equation, advection – dispersion equation) with the main chemical and biological processes and conditions in the vadose zone during water infiltration, emphasizing oxygen consumption, nitrification, denitrification, organic matter degradation and metal oxidation / reduction (mainly Fe and Mn). The construction of the model will include, in addition to the model development, a phase dedicated to parameter adjustments and calibration using previous available data as well as lab experiments that will be planned and conducted according to need.

To conclude, the successes of this project will lead to optimal operation of the SHAFDAN's SAT system, namely, achieving maximal effluent flux while maintaining the highest possible water quality.

Nutritional effects on plant development and gradients of therapeutic secondary-metabolites in medical cannabis

Nirit Bernstein¹, Jonathan Gorelick² and Sraya Koch¹

1 - Institute of soil Water and environmental Sci, Volcani Center (Nirit@agri.gov.il)

2 - Judea Center, R&D Judea, Samaria and Jordan Valley

Of the many medicinal plants with therapeutic potential, *Cannabis sativa* is, by far, the most promising in the near future for large-scale utilization. However, the inherent chemical variability of the plant pharmaceuticals secondary-metabolites must be addressed, before cannabis can be optimally incorporated into modern medical practices. This chemical variability can only be controlled and potentially optimized if the underlying regulation mechanisms of the production of the therapeutic compounds are adequately understood. Many of the medically useful compounds produced by plants are the result of the plant response to the cultivation conditions. Although not completely clear, there is a significant body of evidence suggesting a similar role for cannabinoids. Cannabinoids are implicated in a range of biotic and abiotic stresses, including nutrient and water stress. There is a lack of information in the literature about effects of mineral nutrition on plant development and contents of active ingredients in medical cannabis. In the talk I will discuss our recent results demonstrating chemical and physiological gradients in the medical cannabis plant, and the potential for their regulation by mineral nutrition and a range of physical and chemical elicitors. Organic and inorganic fertigation strategies, and a selective chemical and physical elicitors affects gradients of the therapeutic secondary metabolites in the *Cannabis sativa* plant, as well as the accumulation profiles of mineral nutrients.

Long-term uptake of phenol-water vapor follows similar sigmoid kinetics on prehydrated clay- and organic matter-rich sorbents

Mikhail Borisover¹, Nadezhda Bukhanovsky¹ and Marcos Lado²

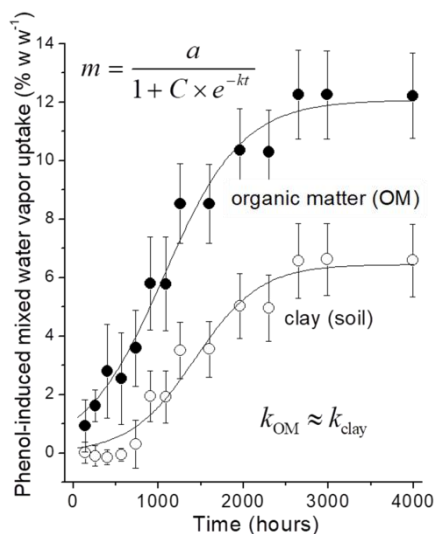
1 - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, ARO, Israel

(vwmichel@volcani.agri.gov.il)

2 - Faculty of Sciences, University of A Coruna, Spain

Interactions of water-organic vapors with soils, involving sorption and possible chemical transformations of organic compounds, are of great significance in various agricultural, environmental, and engineering processes. In this work, the focus was on long-term kinetics of phenol-water vapor uptake on prehydrated sorbents including a clay-rich (42%) and organic carbon-poor (0.6%) soil and organic matter (OM)-rich sorbents. Vapor uptake caused by introducing phenol into a system followed a sigmoid kinetics (Figure), with the rate constants practically not depending on sorbent nature, relative humidity (RH) of the atmosphere and phenol activity. The sigmoid kinetics typical for second-order autocatalytic reactions is associated most probably with abiotic oxidative coupling/polymerization of phenol which makes a significant portion of sorbed phenol resistant to extraction.

Phenol transformations may be initiated by oxygen adsorbed on clays and free radicals present in OM. Phenol interactions both with clay- and OM-rich sorbents may induce also an additional water uptake. This effect was specifically distinct on clay soil and may have important implications for effects of retained organic compounds (and, in particular, the phenol-like ones) on clay (soil)-water interactions. The delayed development of the sigmoid kinetics demonstrates that long-run abiotic interactions of water-organic vapors with environmentally important materials including clays and OM, which finally control a thermodynamically stable state, may be overlooked, based on short-term examination.



Kinetics of phenol-induced mixed vapor mass uptake by prehydrated clay- and OM-rich sorbents (73% of RH; adapted from Borisover et al., EST, 2017, 51, 10403, with permission; copyright (2017) American Chemical Society).

Influence of agricultural long-term management on soil microbial functional diversity in a semi-arid agroecosystem

Tea Colin¹, Efrat Shakartchy¹, Gil Eshel², Oshri Rinot³ and Yosef Steinberger¹

- 1 - The Mina & Everard Goodman Faculty of Life Sciences Bar-Ilan University, Ramat-Gan, 5290002, Israel (Tea201@hotmail.com).
- 2 - Soil Erosion Research Station, Ministry Of Agriculture & Rural Development, Rishon-Lezion. P.O.B. 30, Beit-Dagan, 50250, Israel.
- 3 - Inst. of Soil, Water and Environmental Sciences, the Volcani Center, Agricultural Research Organization, Israel

Long-term agricultural activity modifies key soil abiotic and biotic assets where the interplay between them is of great importance in maintaining its expected productivity. Microbial community is known to play an important role in soil processes such as decomposition, nutrient cycling and toxic compounds degradation. The aim of the present research was an attempt to quantify the contribution of different agricultural long-term management on microbial community composition and its functional diversity. We hypothesized that soil microbial community will be significantly affected by the agricultural activity. Soil samples were collected (autumn 2016) from North-western Negev (semi-arid conditions), under three different soil land use (e.g. orchard crops, field crops and uncultivated soil as control). Soil samples were collected from three depths (e.g. 0-10 cm, 10-30 cm and 30-60 cm) in order to quantify selected abiotic (e.g. soil moisture, organic matter, pH, conductivity and biotic (e.g. microbial community functional diversity) parameters. The preliminary results showed significant differences ($P < 0.05$) in soil moisture (%) between the different agricultural managements, while no significant differences were obtained in soil organic matter. Moreover, microbial biomass and CO₂ evolution demonstrated a similar pattern, showing significant differences between the three different soil managements and depths. Further data acquisition will increase our understanding of agricultural field management by understanding soils biological function toward a soil health index determination.

Direct measurement of nano mechanical properties of clay minerals with atomic force microscopy

Maoz Dor^{1,2}, Yael Mishael¹ and Simon Emmanuel²

1 - Dept. Soil and Water Sci., Faculty of Agri., Food and Environ., The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel (maoz.dor@mail.huji.ac.il)

2 - Institute of Earth Sciences, the Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel

The elastic modulus of clay-minerals strongly affect the mechanical properties of natural materials, such as shales and soils. However, due to their tiny size, the direct measurement of the response of clay-minerals to mechanical stress remains extremely challenging. In this study, we used an atomic force microscopy (AFM) technique to map the mechanical properties of clay-minerals at the nanometer scale. Tactoids of kaolinite and illite were measured in air, and the measured reduced Young's moduli (in the range 14-32 GPa) are in agreement with the calculated values reported in the literature. Clay-minerals within shales were found to have a stiffness in the range 18-40 GPa, which was stiffer than organic matter but softer than calcite grains. In addition to the analysis in air, we also carried out experiments in which clay-minerals were imaged with AFM in aqueous solutions with different ionic strengths. We found that the modulus of kaolinite dropped from a modal value of 29 GPa to 10 GPa when the fluid environment was switched from deionized water to a NaCl solution (50 mM). An increase in the ionic strength should decrease the electric double layer, reducing the Debye length, which may contribute to an alignment of the clay platelets into a more organized and compact structure. Such a structure may also clarify the lower modulus measured at high ionic strength since the resistance, of a card-like structure (face to edge) vs. an aligned structure, will be higher upon applying mechanical stress.

Nitrogen, Phosphorus and Potassium Application Contributed to the Growth and Yield of Teff Production

Kelem Gashu^{1}, Isaac Zipori², Yehoshua Saranga¹ and Uri Yeremiyahu¹*

1 - The Hebrew University of Jerusalem, The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, Rehovot 76100, Israel (kelemg2007@gmail.com)

2 - Gilat Research Center, Agricultural Research Organization, Gilat, Israel

Teff [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] is an annual small grain, panicle bearing C₄ cereal crop native to Ethiopia. Pot and field experiments were conducted at Gilat Research Center of the Agricultural Research Organization (ARO) in Southern Negeve of Israel, to study the independent effect of N, P and K fertigation on two teff genotype (405B and 406W) growth parameters: yield, concentration in dry matter and uptake of N, P and K in different plant parts. The pot experiment included eleven treatments of different concentrations of N (10, 20, 80 and 120 ppm), P (1, 3 and 12 ppm), K (10, 20 and 80 ppm) in irrigation solution and the field experiment included nine treatments of different concentrations of N (0, 30 and 120 ppm), P (0, 3 and 12 ppm), K (0 and 80 ppm) in the irrigation solution.

Teff crop mineral levels greatly varied depending on plant parts sampled, growth stage and genotype. Relatively high shoot N, P and K concentrations were found during the early growth stage and decreased as plants aged, probably due to mineral mobilizations to the grain. Increasing irrigation mineral concentrations resulted in continued increases in shoot N, P and K uptake.

The highest grain yield in both genotypes was obtained when the crop was irrigated with 60 ppm N, 6 ppm P and 80 ppm applications in the field experiment but over fertilization resulted in grain yield reduction. Increasing irrigation N and P concentration in the solution resulted in decreased in days to flowering, enhanced leaf development, and increased tillering, root dry matter (DM) and grain yield with significant differences between genotypes.

The 405B genotype flowered earlier, produced more tillers, and less shoot and root DM compared to the 406W genotype. Nevertheless, the flowering time of 405B and yield potential of both 405B and 406W strongly depended on growth conditions. Taken together, the results showed that both genotypes showed similar response to N, P and K fertilizations. Our results indicate that 60 ppm N, 6 ppm P and 80 ppm in the irrigation solution seem optimal in the genotypes studied. However, any recommendation should consider also the exact status of the nutrients in the soil and water.

Effects of rewetting and available carbon on soil nitrous oxide emissions

Ilya Gelfand^{1,2,3}, Michael Abraha^{2,3,4}, Stephen K. Hamilton^{2,3,4}, Jiquan Chen^{2,5,6} and Philip G. Robertson^{2,3,7}

- 1 - French Associates Institute for Agriculture and Biotechnology of Drylands, Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer Campus, 84990, Israel (igelfand@bgu.ac.il)
- 2 - Great Lakes Bioenergy Research Center, Michigan State University, MI 48824
- 3 - W.K. Kellogg Biological Station, Michigan State University, Hickory Corners, MI, 49060
- 4 - Department of Integrative Biology, Michigan State University, East Lansing, MI 48824
- 5 - Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, East Lansing, MI 48823
- 6 - Department of Geography, Environment, and Spatial Sciences, Michigan State University, East Lansing, MI 48824
- 7 - Department of Plant, Soil, and Microbial Sciences, Michigan State University, East Lansing, MI 48824

Soil drying and rewetting cycles are important in arid and semi-arid ecosystems and becoming increasingly important in temperate ecosystems with intensification of the water cycle due to climatic change. Understanding the effect of rewetting on soil nitrous oxide (N₂O) emissions in agricultural ecosystems is especially essential since agriculture is a major land-use. We investigated effects of soil available C and rewetting on soil N₂O emissions in two maize fields under identical management, but with different soil C levels and compared them to unfertilized permanent grassland (REF). One maize field was under conventional agricultural management (AGR) and had low soil C (~1.2%). The other was converted from 22-years old grassland (CRP) in 2009 and had ~2.9% of soil C. The labile soil C pool in the upper 10 cm of soils from all fields was assessed in 2009 and in 2014 using short-term mineralization incubations. The soil N₂O fluxes were measured biweekly from 2009 through 2014 using static chambers when soils were unfrozen. The labile C pool was ~2-fold higher in soils from CRP than from AGR land use. The five-year cumulative soil N₂O emissions were 35±5 and 13±3 kg N-N₂O ha⁻¹ for former CRP and AGR fields; ~3-fold higher in ecosystem with higher available C pool despite being fertilized at similar rate (~184 kg N ha⁻¹ yr⁻¹). The REF site exhibited low background emissions of ~3 kg N ha⁻¹, implying interplay between N₂O fluxes and C and N availability. Further, to study an effect of rewetting, we measured soil N₂O emissions during two-week drought and for ~3 days after the rewetting. Under drought conditions, average soil N₂O emissions ranged between 0.2 and 0.8 μg N m⁻² min⁻¹ in all three fields and were not affected by fertilization or by available C pool. After an artificial rain event of 50 mm, soil N₂O emissions increased up to 34 fold in fertilized corn field with higher soil C (i.e. CRP), while only 24 fold in corn field with lower soil C (i.e. AGR) to 28±6 and 5±2 μg N m⁻² min⁻¹, respectively. The REF site also exhibited ~3 fold increase in emissions which remained low, 0.6±0.1 μg N m⁻² min⁻¹. We conclude that while N availability and water are driving soil N₂O emissions, the magnitude of the emissions is determined by available soil C.

The fate of pathogens in wastewater irrigated soil

*Osnat Gillor¹, Olabiyi Obayomi¹, Maram Ja'afreh¹, Lusine Ghazaryan¹,
Menachem Ben Hur², Menachem Edelstein³, and Nirit Bernstein²*

- 1 - Zuckerberg Institute for Water Research, J. Blaustein Institute for Desert Research, Ben Gurion University, Midreshet Ben Gurion, 84990, Israel (gilloro@bgu.ac.il)
- 2 - Institute of Soil Water and Environmental Sciences, Volcani Center P.O.B 6, Bet-Degan 50-250, Israel
- 3 - Department of Vegetable Crops, Agricultural Research Organization (ARO), Neve Ya'ar Research Center, P. O. Box 1021, Ramat Yishay 30095, Israel

Using treated wastewater (TWW) for irrigation could alleviate freshwater scarcity and provide food security in arid environments. However, TWW irrigation could present a considerable health risk especially when used for freshly eaten produce. The overall goal of this project was to challenge the restrictions imposed on the use of secondary TWW for irrigation of vegetables. We predicted that TWW irrigated soil could be a vehicle to fecal indicators and pathogens on route to the crops. To test our prediction we set field experiments where tomato, cucumber and melon crops were irrigated with secondary TWW. We applied different water quality, irrigation practices and soil types to test our predictions and tested for human pathogens and indicators, antibiotic resistance genes, soil and plant properties and agronomic parameters in the water, soil and crops. In this talk we will focus on the abundance of the obligate and opportunistic pathogens monitored throughout the field trials using a combination of cultivation-based and molecular techniques. In addition, we monitored the source of fecal contamination in the irrigated soil and crops.

Our results indicate that bacterial contamination on and in the irrigated crops (corresponding to surface and tissue) are not linked to the irrigation regime. In fact, no differences were detected between crops irrigated with freshwater or TWW regardless of the water quality, irrigation practices or soil type. Moreover, contamination of the crops surface with fecal coliforms could not be tracked back to humans. Lastly, although we detected antibiotic resistance genes in the irrigated soil, their presence could be linked to the treatment used in this study. The results indicate that secondary TWW do not enrich the soil or crop with human pathogens or antibiotic resistance genes. Therefore, testing for these markers in soil, in addition to the water and crop, should be considered mandatory, as contamination might be independent of the irrigation water source, the irrigation treatment or the soil type.

Nitrogen fertilization of plants in the desalinated-water era. A study of interactions of nitrogen with chloride

Escain Kiwonde^{1,2}, Daniel Kurtzman¹, Ido Nitsan¹ and Asher Bar-Tal¹

- 1 - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, The Volcani Center, Agricultural Research Organization (ARO), Rishon Lezion, Israel (escain.kiwonde@mail.huji.ac.il)
- 2 - The Robert H. Smith Faculty of Food Agriculture and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel

The growing need for fresh water as population increased, gave rise to increase in demand for water to be used in agriculture. This in turn led to increase in desalination of saline water and use of desalinated water for irrigation. The use of desalinated water for irrigation is an important opportunity to optimize nitrogen (N) fertilization of plants as an attempt to minimize and avoid contamination of groundwater by nitrate. Nitrate contamination of groundwater is a major problem in many countries, Israel among them, resulting in disqualification of wells providing drinking water. Chloride (Cl) is a dominant ion in natural water in arid areas and it is considered as a major limiting factor for plants biomass accumulation and yield production. Several past researches suggested that, increased application of N fertilizer will reduce Cl uptake by plants ensuring high yields. Instinctively, farmers apply high amounts of N in an attempt to maximize yields and having research recommending the application of even higher N amounts in saline soils may lead to increased nitrate contamination making a problem even worse. In this study, the assumption was that, optimal N concentration for highest yield will decrease with increase in Cl concentration of the irrigation solution; which in turn will decrease Cl and nitrate downward leaching below the root zone. To study this, the response of two different crops, lettuce and potato to a range of different concentrations of N and Cl concentrations were evaluated using a controlled irrigation lysimeter growing system. Coarse sand was used as a growth media in lysimeters to allow high aeration and easy drainage of irrigating solution.

The two plants yield increased with N up to optimal N concentration of the irrigating solution and decreased with Cl.

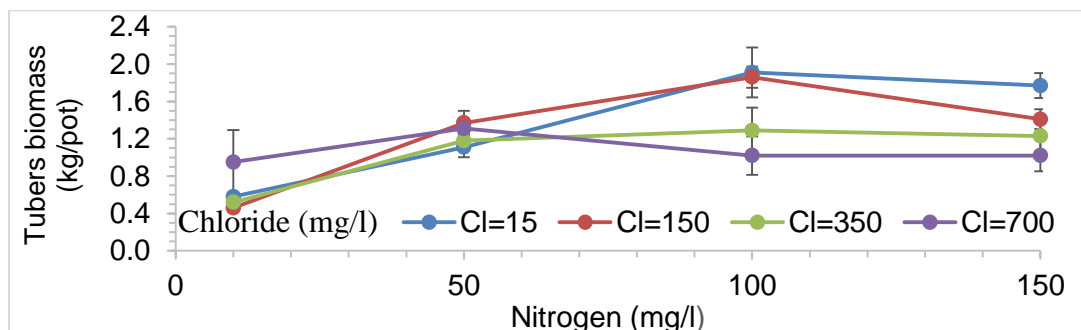


Figure showing effect of nitrogen and chloride concentrations in the irrigating solution on Potato plant yield.

Drainage N and Cl increased with increase in N and Cl in the irrigating solution for the two crops. N uptake by potato increased significantly with increased N concentration in irrigating solution

and the highest uptake was at low Cl level. The relative Increase in yield as function of N concentration was higher in low than in high Cl solution. This concurs with our hypothesis that, optimal N concentration for highest yield will increase with decrease in Cl concentration of the irrigating solution. At high Cl concentration, a reduction in N concentration to achieve maximum yield was observed.

The Effect of Tillage on microbial communities and soil

Judith Kraut-Cohen¹, Dafi Lavi¹, Eli Argaman² and Dror Minz¹

- 1 - Soil, Water and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization, Volcani Center, Bet Dagan, Israel (judith@volcani.agri.gov.il)
- 2 - Soil Erosion Research Station, Soil Conservation & Drainage Division. Ministry of Agriculture & Rural Development, Bet Dagan, Israel

Conventional tillage of agricultural fields was shown to disrupt the soil physical and chemical properties, resulting in reduction of organic matter, mineralizable N and humidity but the influence on bacterial community structure and function was not well defined. As soil microorganisms mediate most of the ecosystem services, the aim of our study was to investigate dynamic of microbial communities in soil under different management practices of conventional- (CT), minimal- (MT) and no-tillage (NT) practices in two plots (Moledet-MO and Ein Harod Meuhad-EHM). We sampled 5 replicates from each treatment and plot, twice a year for four consecutive years and analyzed the microbial community structure and function. A significantly higher the overall soil hydrolytic and oxidative potential activity was demonstrated in NT samples compared with CT samples and increased in MT practice over time. NT bacterial communities were different from CT communities, while MT samples clustered with either CT or NT samples in MO and EHM, respectively. This distinct community composition of CT vs. NT samples was shown to be statistically significant by Anosim analysis comparing bacterial communities in both plots. The species richness, as reflected by Alpha diversity indexes, was not affected by the treatments. Taxonomically, NT samples exhibited specific elevation in relative abundance of members of the class *Alphaproteobacteria* and specifically in the order *rhizobiales* while in CT soil the relative abundance of *Nitrososphaerales* was elevated.

Previous studies analyzed tillage effects on bacterial community structure either with culture-based isolation techniques, or by fingerprinting techniques such as DGGE, or phospholipid fatty acid-(PLFA) profiles, giving only limited information on the diversity of bacterial community. Here we demonstrate, using high resolution next generation sequencing, that NT practice increases the overall microbial potential activity and prevents tillage-induced alterations of the microbial community structure, suggesting that NT is a soil conserving practice.

In what root-zone N concentration does nitrate start to leach significantly? A reasonable answer from modeling field data and closed root-zone experiments

Daniel Kurtzman¹, Beeri Kanner², Yehuda Levy³, Roi Shapira⁴, Tuvia Turkeltaub⁵, Ofer Dahan⁶ and Asher Bar-Tal¹

- 1 - Soil, Water & Environmental Sciences, ARO, Volcani Center, Rishon LeZion, Israel
(daniel@volcani.agri.gov.il)
- 2 - Etgar A. Engineering, Tirat Yehuda, Israel
- 3 - Hydrology, Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Jerusalem, Israel
- 4 - Mekorot Water Company Ltd, Tel Aviv, Israel
- 5 - Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, United Kingdom
- 6 - Institute for Water Research, Ben Gurion University of the Negev, Sde Boker, Israel

Closed-root-zone experiments (e.g. pots, lysimeters) reveal in many cases a mineral-nitrogen (N) concentration from which the root-N-uptake efficiency reduces significantly and nitrate leaching below the root-zone increases dramatically. A less-direct way to reveal this threshold concentration in agricultural fields is to calibrate N-transport models of the unsaturated zone to nitrate data of the deep samples (under the root-zone) by fitting the threshold concentration of the nitrate-uptake function. Independent research efforts of these two types in light soils where nitrate problems in underlying aquifers are common revealed: 1) that the threshold exists for many crops (field, vegetables and orchards); 2) nice agreement on the threshold value between the two very different research methodologies; and 3) the threshold lies within 20–50 mg-N/L. For leafy vegetables (e.g. lettuce) this threshold is much less distinct and nitrate leaching grows with nitrate fertilization almost linearly. Focusing on being below the threshold is a relatively simple aim in the way to maintain intensive agriculture with bounded effects on the underlying water resource (nitrate contamination). Our experience show that in some crops this threshold coincides with the end-of-rise of the N-yield curve (e.g. corn), in this case it is relatively easy to convince farmers to fertilize below threshold. In other crops, although significant N is lost the crop can still use higher N concentration to increase yield (e.g. potato). Intensive growing of leafy vegetables on light soils is of concern if nitrate leaching to the underlying aquifer is a threat for drinking-water supply.

In-situ bioremediation treatment for vadose zone and groundwater polluted with perchlorate

Ilil Levakov¹, Zeev Ronen¹ and Ofer Dahan¹

1 - The Zuckerberg Institute for Water Research, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev (ilille@post.bgu.ac.il)

Perchlorate (ClO_4^-) is considered environmental pollutant which may spread rapidly in the saturated and unsaturated zone due to its chemical stability and low sorptivity to soil. In Israel, it is found in high concentration at the vadose zone (up to 30,000 mg/l) and groundwater (up to 750mg/l) underlying former industrial waste lagoons. Perchlorate is biodegradable by native microbial community under anaerobic conditions in the polluted soil. Previous studies on the site remediation, exhibited a significant difficulty in introducing the essential electron donor to the deep unsaturated zone. Any attempt to increase the deep water content led to substantial displacement of perchlorate into the groundwater. Moreover, it was also found that the biodegradation potential of the top soil is significantly higher compared to the deep vadose zone. These findings led to the development of an alternative method for simultaneous treatment of the unsaturated zone and the groundwater. The method utilizes the high degradation potential of the shallow soil along with the high mobility of the perchlorate. The combined treatment method includes recurrent pumping of contaminated groundwater and application of the polluted groundwater amended with electron donor to the shallow soil layers. As a result, perchlorate is bio-degraded in the upper soil layers and the treated water continues to flush down the rest of the deep layers, while displacing the pollution into the groundwater, where it is instantly pumped back to surface for further treatment. The entire process is monitored and controlled by the VMS (Vadose zone monitoring system), which allows continuous measurements of the pollutants concentrations and transport processes along the vadose zone. Evaluation of the method efficiency was done in a pilot-scale field experiment carried out over seven months. Full reduction of perchlorate concentration (<10 mg/l) after application of contaminated groundwater across the upper 13m has been regarded as proof of concept for the alternative method. During field experiments, changes in soil chemical and microbial properties were examined; a trace experiment was carried out in order to track and predict perchlorate and water transport; an unexpected decline in perchlorate degradation rate was examined through laboratory experiments. Those conclusions provide essential information regarding the optimal operation conditions required for the treatment.

Microbial biodegradation of polycyclic hydrocarbons in crude oil contaminated arid soil

Mor Meshulam, Zeev Ronen and Ali Nejdat

1 - The Zuckerberg Institute for Water Research, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Israel (mor.meshulam88@gmail.com)

Crude oil spills are frequent events since many countries still rely on oil as energy source. Compounds like polyaromatic hydrocarbons were found to be toxic, mutagenic and strongly affect soil and water properties. For this reason, it is considered as an environmental pollutant. Currently, accepted way to treat this contaminants, is through on-site creation of preferred conditions to promote indigenous microbial biodegradation. Understanding the processes involved in pollutants biodegradation is a crucial step in the process of land rehabilitation. The current work examines crude oil degradation in a hyper-arid environment that faces a double challenge, water scarcity and nutrient deficiency. Here we show the biodegradation potential, microbial community structure and test the possibility to supply missing nitrogen by enhancing native nitrogen-fixing cyanobacteria (NFC). Three bacterial strains were isolated from contaminated soil in Ein Evrona nature reserve and were found to have genes coding for two enzymes involved with crude oil degradation (alkB and NAH). In order to test the possibility that native NFC can provide sufficient nitrogen to promote oil degradation, contaminated soil was incubated with enrichment cultures of NFC, established from the same site and remote site (Ovdat). Accelerated reduction in petroleum carbon was observed using Ein Evrona enriched NFC with concurrent accumulation of nitrate, although not higher than the control without addition of NFC. In the later treatment, a graduate increased in CYA was observed over the incubation time. These results confirm there is a potential for biological degradation even in hyper arid region. We suggest bioremediation as an optional solution to treat oil pollution in arid zones with NFC bio augmentation to supply nutrients and achieve land restoration.

Early response of tree and soil to tuff trenches following irrigation with treated waste water

Diriba Bane Nemera^{1,2}, Asher Bar-Tal², Shabtai Cohen², Guy Levy², Victor Lukyanov² and Jorge Tarchitzky¹

1 - The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Israel (diriba.nemara@mail.huji.ac.il)

2 - Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, ARO Volcani Centre, Israel

Long-term irrigation with treated wastewater (TWW) causes soil structural damage leading to disturbance in plant performance and yield reduction, especially in clay soils. We hypothesized that the tuff trenches enhance the drainage of soluble salts leading to improvement in soil physico-chemical characteristics and tree performance. The objective of the current study is to evaluate the effects of tuff trenches on soil and trees in a mature avocado orchard at Kibbutz Yasur (Latitude 32°53'42" N and 35°10'30"), the Western Galilee, Israel. Prior to our experiment the orchard was irrigated with TWW for more than 10 years. Trenches of 30 cm deep and 30 cm wide were dug about 30 cm away from the stem on both sides of the tree rows, filled with volcanic tuff and irrigated with TWW. The two treatments were tuff trenches irrigated with TWW and control (TWW). Soil samples were collected to a depth of 90 cm (at 30 cm intervals) annually at the end of the irrigation season in all plots under drippers. Additional soil samples were taken 30 cm from the drip laterals in both directions and between trees within a row to a depth of 30 cm. Tree sap flow was measured continuously with automated thermal dissipation probes (TDP) installed in 10 trees for each treatment. Preliminary soil analyses showed that electrical conductivity (EC), Cl⁻ and Mg²⁺ are significantly reduced under the drippers in tuff trenches at all depth of sampling, whereas significant reduction in Na⁺, K⁺ and sodium adsorption ratio (SAR) occurred at a depth of 0-60 cm as compared with the TWW control. Sap flow measurements revealed that the tuff trenches have increased sap flow compared to control. The results observed so far suggest that tuff trenches enhance the leaching of soluble cations at different magnitudes leading to reduced SAR. The leaching of salt from the top soil may have contributed to better availability of water for the avocado tree as revealed by the sap flow. Further analysis of soil physicochemical changes, tree growth and tree physiological response is ongoing to come up with tangible results on how tuff trenches influence soil and plant response.

Salt transport and accumulation along inclined surfaces

Abraham Oluwafemi¹, Nimrod Schwartz² and Uri Nachshon¹

1 - Institute for Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Research Center

(urina@volcani.agri.gov.il)

2 - The Department of Soil and Water Sciences, The Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences, The Hebrew University

Field observations showed high variability in salt accumulation along natural and cultivated land slopes, even for relatively homogeneous soil conditions. It was hypothesized that slope inclination has an impact on the transport and location of salt accumulation along the slope. A set of laboratory experiments were used to explore the salt transport and accumulation along inclined surfaces. Results showed that for conditions of shallow saline water table at the lower boundary of the slope, salt accumulates in low concentrations and homogeneously along the entire slope, for moderate slopes. However, as inclination increases, high salt concentrations were observed at the upper parts of the slope, with the lower parts of the slope relatively free of salt. A conceptual model was developed to explain the results obtained from the laboratory experiments. It was suggested that the interactions between slope angle, evaporation rates, hydraulic conductivity of the medium and distribution of wetness along the slope affect the saline water flow path through the medium.

Understanding of salt dynamics along slopes is important for agricultural and natural environments, as well as for civil engineering purposes. Better understanding of the salt transport processes along slopes and subsurface hydrological processes, will improve our ability to predict, cope with and minimize soil salinization and to preserve agricultural lands and natural ecosystems. Results from laboratory experiments and a numerical model fit the field observations and may explain the high variability of salt distribution along slopes as observed in the field.

Effect of fertigation on growth, yield and root quality of cassava

John Okoth Omondi¹, Naftali Lazarovitch¹, Shimon Rachmilevitch¹, Uri Yermiyahu² and Or Sperling²

- 1 - French Associates Institute for Agriculture and Biotechnology of Drylands, Ben-Gurion University of the Negev, Israel (okoth05@gmail.com)
- 2 - Gilat Research Centre, Agricultural Research Organization, Israel

Cassava, feeding countless people and attracting new markets worldwide, is a model of a traditional crop that needs physiology-based fertigation (nutrient application through irrigation) standards under intensive cultivation. Accordingly, the effects of 10, 40, 70, 100, 150, or 200 mg L⁻¹ nitrogen (N) fertigation on growth and yield of cassava were studied and targeted alterations in photosynthesis, transpiration, and leaf carbohydrates. It was observed that from 10 to 70 mg N L⁻¹ cassava increased photosynthesis and transpiration, but only to support the canopy's growth. At 100 mg N L⁻¹ cassava finally reached a threshold of sugar in the leaves (~47 mg g⁻¹), it began to accumulate starch, and supported higher root yields. Yet, at 200 mg N L⁻¹ the canopy became too demanding and the plants had to restrain transpiration, reduce photosynthesis, loose carbohydrates, and finally lower yields. Hence, it was concluded that there are three phases of cassava's response to N: 1) growth that does not support yields at low N, 2) productive N application, and 3) excessive use of N that depresses yields. While traditional assessments of N in the leaves failed to exhibit these responses, a simple and inexpensive carbohydrates analysis can determine if N application is simply inefficient (possibly reducing farmers' profits) or is detrimental to yields and a risk to the environment.

Simultaneous removal of pharmaceuticals from treated waste water by tailored clay sorbents

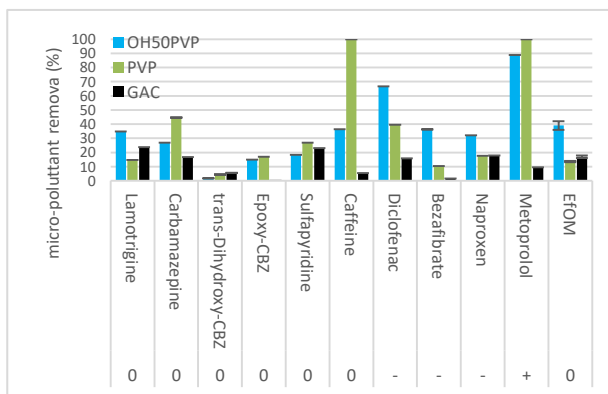
Amir Perez¹ and Yael Mishael¹

1 - Department of Soil and Water Science, The Robert H. Smith Faculty Agri. Food and Environ., Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel (amir.perez@mail.huji.ac.il, yael.mishael@mail.huji.ac.il)

The removal of emerging micro-pollutants, including pharmaceuticals, by different composites sorbents is widely studied in recent years. Most of the studies examine the removal of a single pollutant by a single composite. The real challenge in treating pharmaceuticals from surface waters and all the more so from treated wastewater, is the variety of pharmaceuticals and the background water solution. More specifically, the pharmaceuticals are characterized by different chemical properties and present at low concentrations while higher concentrations of dissolved organic matter (DOM) and salts are present. In the current study we developed a novel polycation-clay sorbent based on poly-4-vinylpyridine (PVP) modified with an ethanol (on the pyridine) (OHPVP) adsorbed to montmorillonite (MMT). The OHPVP composite reached a positive zeta potential of at 40mV.

In the first stage we focused on the removal of three pollutants, metoprolol (MET), diclofenac (DCF) and lamotrigine (LTG) which are cationic, anionic and non-ionic, respectively. We determined the affinity of each pollutant to the OHPVP-MMT sorbent. As expected the cationic pollutant (MET) showed high affinity to MMT (reaching the CEC) but surprisingly its removal by the composite was also high. The anionic and non-ionic pollutants showed higher affinity and capacity towards OHPVP than towards MMT.

In the second stage we studied the removal of 10 pharmaceuticals (~1 ng/L per pollutant) from treated waste water by the composites. The removal was measured (LC-MS/MS) and compared to the removal by GAC after 10 minutes in order to simulate contact time in filters. The removal of most of the pharmaceuticals by the composites was higher than by GAC. The removal by a composite, of the non-ionic molecules lamotrigine and carbamazepine was twice its removal by GAC. The removal of anionic molecules such as diclofenac was even better with an advantage of 6-7 folds. Furthermore, the removal of EfOM by the OHPVP was substantially higher than by GAC. Metoprolol, the only cation molecule, was completely removed by the composites, while only 10% was removed by GAC due to its high affinity to MMT as demonstrated in the first stage.



Removal of micro-pollutants, after 10 min, by different composites (0.15±0.03 g/g, clay 1.67 g/l) and GAC (1.67 g/l), from TWW after UF

These results suggest that polymer-clay composites can be designed to efficiently remove an array of pollutants from treated waste water.

Using drainage amount or chloride concentrations for evapotranspiration estimation in non-weighing lysimeters: numerical and field experiments

Iael Raij¹, Alon Ben-Gal² and Naftali Lazarovitch¹

- 1 - French Associates Institute for Agriculture and Biotechnology of Drylands, Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev (iael@post.bgu.ac.il)
- 2 - Gilat Research Center, Department of Environmental Physics and Irrigation

Water and solute fluxes measured from lysimeters located in the field can be used to estimate evapotranspiration, for irrigation scheduling and in solute leaching management. System-imposed heterogeneities are expected to affect the variability of the measured fluxes, and therefore the uncertainty of data obtained using lysimeters. In this study, heterogeneities in soil hydraulic conductivity and dripper discharge rate were numerically studied and their effect on drainage amount and concentration assessed. In addition, evapotranspiration calculated from drainage amount and chloride concentrations measured in non-weighing lysimeters, were bell peppers drip-irrigated with brackish water were grown, are presented.

For the numerical studies, three-dimensional simulations were performed with HYDRUS 2D/3D with 100 realizations per scenario. The effect of three levels of soil and irrigation heterogeneities was studied for lysimeters of two different sizes. Additionally, three leaching fraction levels and water uptake reduction due to solute stress were evaluated. Coefficient of variations of the drainage amount and solute concentrations were evaluated for the different scenarios. Irrigation heterogeneity caused higher variability in drainage amount while soil heterogeneity caused higher variability in drainage concentration. The larger the lysimeter or the higher the leaching fraction, the lower the variability for both drainage concentration and amount. Combined soil and irrigation heterogeneities produced no synergistic effect, suggesting that the variability measured in lysimeters was governed by the factor that caused the highest variability. When water uptake reduction due to salinity was considered, the same trends were observed.

In the field experiments, bell peppers were grown in non-weighing lysimeters having two different depths and three different surface areas in a semi-commercial greenhouse with loamy sand soil. Evapotranspiration calculated using the drainage from the lysimeters was successfully compared to that calculated using weighing lysimeters in the same greenhouse. Drainage chloride concentrations were used in order to calculate the drainage amounts, assuming a conservative behavior, and then to calculate evapotranspiration. The evapotranspiration calculated using drainage chloride concentrations instead of measured drainage amount was successfully compared to the evapotranspiration calculated with the weighing lysimeters. The results from this study can help to decide if to use either drainage concentration or amount values, for saline water irrigation management using lysimeters, according to the soil hydraulic conductivity or irrigation discharge rate heterogeneity levels.

Organic management effects on the dynamics of soil organic carbon and nitrogen pools

Nativ Rotbart^{1,2}, Yotam Guetta^{1,2}, Adi Oren¹, Yael Laor³, Michael Raviv³, Shlomit Medina³, Guy Levy¹, Uri Yermiyahu⁴, Moshe Shenker² and Asher Bar-Tal¹

- 1 - Department of Soil Chemistry, Plant Nutrition and Microbiology; Institute of Soil, Water and Environmental Sciences Volcani Center, Agricultural Research Organization (ARO) Rishon LeZion 75359, Israel (nativr@volcani.agri.gov.il)
- 2 - Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Environment and Food Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel
- 3 - Neve Ya'ar Research Center, Agricultural Research Organization (ARO), Ramat Yishay, Israel
- 4 - Gilat Research Center, Agricultural Research Organization (ARO), Gilat, Israel

Compost application increases soil organic matter (SOM) content and is particularly beneficial in arid and semi-arid agroecosystems, often impoverished in SOM, contributing to both the nutritional and physical quality of the soil. Research objectives were to characterize: 1. The long-term influence of organic fertilization compared with chemical fertilization on various pools of soil organic C and N (i.e., total, cold water-extractable, hot water-extractable and microbial biomass pools); and 2. The seasonal size dynamics of these C and N pools. A long-term field experiment, held in the Northern Negev, compared the application of a cattle manure-based compost (at rates of 20, 40 or 60 m³ ha⁻¹ yr⁻¹) with urea fertilization. The organic fertilization management induced significant long-term (6-years) increases in total organic C (TOC) and total N (TN) and in cold- and hot-water-extractable organic C and N (EOC, EN, HWEOC and HWEN, respectively) with all increases being positively related to compost application rates. Microbial biomass C (MBC) and N (MBN) similarly increased with compost application rates. Seasonal dynamics of MBC and MBN showed a fluctuating pattern with microbial growth phases following compost and urea applications as well as temporary increases in response to rain events. A negative relationship between MBN and the EN pool, maintained for a month following compost application, indicated N immobilization. While the EOC and EN pools showed a highly fluctuating seasonal pattern, the HWEOC and HWEN pools (being considerably larger than the former pools) were quite stable with time, suggesting that the latter pools represent a relatively stabilized SOM fraction. The specific ultraviolet absorbance (SUVA = ABS₂₅₄/OC) of both EOC and HWEOC was higher for the compost-treated soils compared with the urea treatment, indicating the higher level of aromaticity of the extracts from compost-treated soils. While the SUVA of EOC showed a fluctuating seasonal pattern, the SUVA of HWEOC was stable with time, implying that the latter pool represents stabilized, aromatic SOM. To conclude, microbial and extractable N and C pools' sensitivity to fertilization management at the short and long term emphasized the contribution of compost application to both soil nutritional potential and SOM stabilization. Microbial N immobilization may constitute a mechanism for preserving N surpluses in the short term while allowing a slow release in the long term, through the "turnover" of microbial biomass.

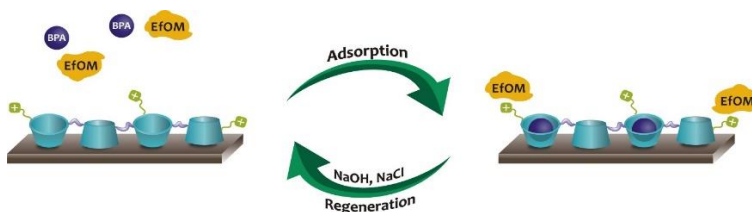
Polycyclodextrin-montmorillonite composites: regenerable dual-site sorbents for removal of bisphenol a from wastewater

Itamar Shabtai¹ and Yael Mishael¹

1 - Dept. of Soil and Water Sci. Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem (itamshab@gmail.com)

Adsorption of emerging micropollutants from wastewater is challenging due to sorbent inefficiency in the presence of effluent organic matter (EfOM). Further, sorbent regeneration, a requisite in efficient wastewater treatment, is often overlooked. In this study, we addressed both challenges by designing regenerable, dual-site polymer-clay composites, for the simultaneous removal of bisphenol A (BPA), a micropollutant, and EfOM, from treated wastewater. We designed composites based on β -cyclodextrin, which was polymerized and modified with a cationic group (pCD^+) or not (pCD^0) and adsorbed to montmorillonite (pCD^+ -MMT and pCD^0 -MMT, respectively). We tailored the composites as dual-site sorbents to target BPA through hydrophobic size inclusion in β -cyclodextrin cavities and anionic EfOM compounds by the cationic groups. We confirmed β -cyclodextrin polymerization and composite fabrication using a suite of analytical tools.

Adsorption of pCD^+ , characterized by low M_w and positive charge, to montmorillonite, produced an intercalated composite with positive zeta potential. While adsorption of uncharged pCD^0 , characterized by very high M_w , produced an exfoliated composite. The contrasting composite structures were likely induced by polymer size and conformation at the adsorbed state. Further, the planar conformation of pCD^+ on the clay surface, in comparison to the globular one of pCD^0 , resulted in more rapid adsorption of BPA by pCD^+ -MMT. The dual-site property of pCD^+ -MMT enabled the simultaneous removal of BPA and EfOM from wastewater, which was as high as that of each pollutant separately. Thus, pCD^+ -MMT simultaneously removed BPA and EfOM without compromising BPA removal kinetics. pCD^+ -MMT was employed in filtration columns and demonstrated efficient simultaneous filtration of BPA and EfOM from wastewater. Furthermore, highly effective, in-column regeneration was obtained by selectively eluting EfOM and BPA, with brine and alkaline solution, respectively. Sorbent reuse was demonstrated in two filtration/regeneration cycles, during which sorbent performance remained uncompromised. This study highlights the potential to design novel dual-site clay composites as selective and regenerable sorbents for advanced wastewater filtration.



Orchard floor management effect on the soil free-living nematode communities

Efrat Shakartchy¹, Gil Eshel², Roey Egozi² and Yosef Steinberger¹

1 - The Mina & Everard Goodman Faculty of Life Sciences, Bar-Ilan University, Israel (efrat1028@walla.com)

2 - Soil Erosion Research Station, Ministry Of Agriculture & Rural Development, Rishon-Lezion. P.O.B. 30, Beit-Dagan, 50250, Israel

The selection of a given practice in agriculture has key impacts on soil biota functioning. Moreover, an intensive agriculture with bare soil promotes soil degradation processes as a result of increased level of runoff and soil erosion, caused by the raindrop impact on the bare soil. In order to overcome this essential threat, is common to mulch the soil in Orchards and Vineyards by plant and plants residue. The soil free-living nematode communities are one of the most important and numerous groups of soil biota that play important role in fundamental ecological processes. Furthermore they have been found to be sensitive bio-indicators of soil health. In the present study, we examined the effect of different soil management on a soil abiotic components and the soil free-living nematode communities (e.g. density and diversity) in a citrus orchard floor with woodchips below trees and annual winter cover crops between rows. Soil samples were collected in the winter season from an orchard in a citrus plantation in the Sharon area in Israel. The samples were collected from the 0-10 cm from three sites with following plant cover: (1) Wbr - annual native species ;(2) AVbr - *Avena stavia* + *Vicia* ; and (3) Bbr - bare untreated soil Control. The obtained results had indicated the following: (1) significant difference in soil moisture were soil cover by annual plants (Wbr& AVbr) and control site; (2) organic matter and Water Holding Capacity were found to be higher for all mulched samples (Wbr, AVbr and Mtr) than the control (Bbr & Btr).The pH between rows planted with Wbr in comparison to AVbr and control; (3) nematode communities and the trophic diversity were significantly affected by orchard floor management. The obtained results had been found to elucidate the strong relation between the orchard floor management and soil free living nematode community relationships.

Monitoring transport and equilibrium of heavy metals in soil using induced polarization

Tamar Shalem¹ and Alex Furman¹

1 - Civil and Environmental Engineering, Technion (afurman@technion.ac.il)

Soil and groundwater pollution in general, and by heavy metals in particular, is a major threat to human health, and especially in rapidly developing regions, such as China. Fast, accurate and low-cost measurement of heavy metal contamination is of high desire. Spectral induced polarization (SIP) may be an alternative to the tedious sampling techniques typically used. In the SIP method, an alternating current at a range of low frequencies is injected into the soil and the resultant potential is measured along the current's path. SIP is a promising method for monitoring heavy metals, because it is sensitive to the chemical composition of both the absorbed ions on the soil minerals and the pore fluid and to the interface between the two. The high sorption affinity of heavy metals suggests that their electrical signature may be significant, even at relatively low concentrations.

The goal of this research is to examine the electrical signature of soil contaminated by heavy metals and of the pollution transport and remediation processes, in a non-tomographic fashion. Specifically, we are looking at the SIP response of various heavy metals in several settings: 1) at equilibrium state in batch experiments; 2) following the progress of a pollution front along a soil column through flow experiments and 3) monitoring the extraction of the contaminant by a chelating agent. Using the results, we develop and calibrate a multi-Cole-Cole model to separate the electrochemical and the interfacial components of the polarization. Last, we compare our results to the electrical signature of contaminated soil from southern China.

Results of single metals from both batch and flow experiments display a shift of the relaxation time and a decrease in the phase response of the soil with increase of the metal concentration, suggesting strong sorption of the metals on the stern layer. Preliminary results also show evidence of electrodic polarization, assuming to be related to the formation of metal oxides in the soil. We present both raw data and fitting of the results to models, to explain the behavior of our system and the dynamics of and transport processes of the metals in the soil.

Synthetic layered double hydroxides – understanding surface properties and synthesis variables

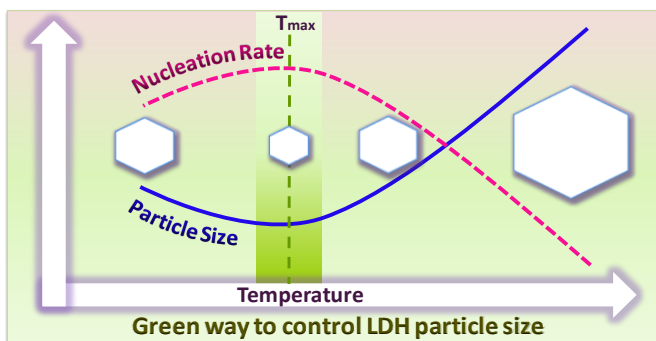
Dina Shpasser¹, Anup Tathod¹ and Oz M. Gazit¹

1 - Department of Chemical Engineering, Technion, Israel (ozg@technion.ac.il)

Layered double hydroxides (LDH) have a brucite-like layered structure in which some of the divalent metal ions are isomorphically substituted by trivalent metal ions. This substitution forms positively charged layers that are compensated by intercalating anions. LDHs are widely used as supports and as catalyst in various heterogeneous base catalyzed reactions. As for many heterogeneous catalysts, the size of the catalytic particle (i.e. LDH) is strongly correlated to the catalytic performance, by affecting the number of low-coordination sites such as corners and edges. Therefore, it is of great interest to obtain control over LDH size in a reproducible manner.

The most common method for the synthesis of LDH is coprecipitation at room temperature, a process governed by a nucleation and growth mechanism. In this method, the metal precursor solution is added dropwise to a base solution containing the intercalating ion (e.g. nitrate, carbonate). This initiates a simultaneous nucleation and growth process dictated by synthesis parameters such as metal concentration, pH, rate of addition and mixing efficiency. In a subsequent step the LDH material is aged at a slightly elevated temperature (i.e. 60-150°C) to enhance particle growth and increase the number of stacked layers.

We will show that by controlling the synthesis temperature along with varying the method of precursor addition we can promote nucleation and restrict growth, thereby controlling the lateral size of the obtained Mg-Al LDH. In this way particles can be synthesized with a size of 20-200 nm with relatively narrow size distribution. Addition of an organic modifier, such as formamide, during synthesis allows control over the amount of stacking of LDH layers.



Electrical response of roots in hydroponic solution and soil

Kuzma Tsukanov¹ and Nimrod Schwartz¹

1 - Department of Soil and Water Sciences, Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, PO Box 12, Rehovot 7610001 Israel
(kuzma.tsukanov@mail.huji.ac.il)

The properties and processes of plant roots and their rhizosphere control such critical factors as water and nutrient transport, soil carbon and nutrient dynamics, and soil microorganisms. Accurate measurement of their properties and processes is therefore of great importance and is highly challenging. Geoelectrical methods, such as the spectral induced polarization (SIP) method, hold great promise as non-invasive tool for monitoring the subsurface. Utilization of SIP for studies of roots and the rhizosphere requires a deep understanding of the mechanisms governing their SIP response. Gaining and applying such understanding is the objective of this study.

We measured the SIP signature (1 mHz to 10 KHz) of wheat roots systems in nutrient solution (hydroponic) and in soil. In the first case, we used 30-day-old wheat grown in a commercial growing medium, we washed out the growing medium and placed the root in an experimental column filled with nutrient solution. After allowing 24 hr for equilibration, we measured the SIP signal. Immediately after this measurement we removed the plant from the medium, cut off part of its root system, and returned the remaining root to the column for another measurement. We repeated this procedure 3 times until no roots remained. In the second case, we filled two columns (3 cm diameter, 30 cm long) with a sandy loam soil. We planted a 5-day-old wheat seedling in one column, and irrigated both columns with nutrient solution. The columns were then transferred to an environmental chamber. At 9, 11 and 14 days after planting we saturated both columns with the nutrient solution, and measured SIP.

In the nutrient solution, quadrature conductivity was significantly increased in the presence of roots. The polarization correlated positively with the amounts of root in the solution. In addition, relaxation frequency increased from ~2.7 Hz for a 9.8-g root sample to ~10 Hz for the whole root system (27.5 g). The observed increase in polarization due to the presence of roots is in agreement with other works. It is reasonable to suggest that the observed changes in relaxation frequency are correlated with changes in the root diameter, but this possibility needs to be further examined.

In soil, the results suggest that the in-phase conductivity was not affected by the presence of roots. In all measurements, the magnitude of the low-frequency polarization (up to 10 Hz), was lower when root was present. This was a non-intuitive finding, as the root itself contributes to the polarization. One possible explanation is that organic carbon secreted by the roots changes the physicochemical properties of the mineral surface, with a resulting decrease in soil polarization. Overall, these preliminary results demonstrate the sensitivity of the SIP method to the presence and activity of roots, and the impact of roots on soil electrical signature.

Wheat rhizosphere bacteria mitigate N₂O emissions

Alla Usyskin-Tonne^{1,2}, Yitzhak Hadar² and Dror Minz¹

- 1 - Soil, Water and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization, Volcani Center, Bet Dagan, Israel (alla.usyskin@mail.huji.ac.il)
- 2 - Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel

Microbial dissimilatory nitrogen metabolism processes are among the main factors negatively affecting nitrogen availability to plants. These include nitrate respiration and denitrification, which may result in reduction of plant-available N and emission of nitrous oxide (N₂O), a highly potent greenhouse gas and ozone-depleting substance in the stratosphere. These activities are strongly enriched in the rhizosphere, stressing their environmental and agricultural importance. Studied denitrifying bacteria had shown that some has partial denitrifying ability and even possessing the genetic ability to reduce nitrate up to atmospheric nitrogen in pure culture might not always lead to efficient N₂O reduction. This may result in N₂O emission from soil and especially rhizosphere environments. One approach to minimize these effects is plant inoculation and enrichment by active N₂O reducing bacteria and thus minimizing N₂O emissions from agricultural fields.

In this study, bacteria were isolated under anaerobic conditions from roots of greenhouse and field grown wheat plants. The isolates were characterized and their denitrification pathway was studied. Five of these isolates were able to mitigate N₂O emissions in aqueous medium. When wheat plants grown in pots were inoculated with these isolates, they were found in higher numbers near the roots, a zone known as hotspot for higher denitrifying activity, where they probably use the organic rhizodepositions as carbon and energy source. When inoculated in pots with growing wheat, an isolate related to *Agrobacterium sp.*, was able to reduce up to 36% of N₂O emissions in nitrogen flushed environment (reduced oxygen atmosphere) while another isolate, related to *Alcaligenes sp.*, reduced up to 54% of N₂O emissions in ambient atmosphere. It is suggested that such bacteria, applied to agricultural crops, are potentially able to reduce N₂O emissions caused by native bacteria, minimizing harmful impacts to the environment.

Interactions between humic acid and organic contaminant in soil and their effect on the electrical properties of soil

Gal Zakai¹, Katya Arnold¹ and Nimrod Schwartz¹

1 - Department of Soil and Water Sciences, The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot 76-100 (gal.zakai@mail.huji.ac.il)

In recent years the electrical properties of soil contaminated by organic pollutants is studied since it is required for the utilization of electrical methods for the detection of organic pollutants within the subsurface. Due to the strong interactions between organic contaminants (OC) and soil organic matter (OM), it is expected that soil OM will influence the electrical properties of OC soil. In this work, we attempt to quantify the relationships between soil OM, soil OC and the electrical signature using the spectral induced polarization (SIP) method.

We use red sandy soil (Hamra), removed the natural soil OM and prepared the following treatments: (1) soil with NaCl solution (control), (2) soil with humic acid solution, (3) soil with paraquat and NaCl solution and (4) soil with paraquat and humic acid solution. All the solutions were prepared with the same electrical conductivity. The soils (with constant water content) were pack in plastic tubes, and electrical measurements were taken 24 h after packing.

Our Preliminary results show that humic acid has no significant effect on the soil polarization. The effect of paraquat in the low-frequency range is similar to the effect of other organic cations that was reported in previous studies.

Our next step is to examine the interactions between different types of organic matter and different groups of organic contaminants in different amounts. This will provide a better understanding of the interactions between soil OM and soil OC and their influence on the electrical properties of soil and will advance our ability to detect organic contaminants in the subsurface.

Root microbiome response to treated wastewater irrigation

Avihai Zolti^{1,2}, Yitzhak Hadar² and Dror Minz¹

- 1 - Department of Soil, Water, and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization – Volcani Center, Bet-Dagan, 50250, Israel (minz@volcani.agri.gov.il)
- 2 - Department of Plant Pathology and Microbiology, Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, 76100, Israel

Irrigation with treated wastewater (TWW) is becoming major and essential component of agricultural practice in increasing parts of the world. Often, TWW irrigation results in unexplained undesirable effects on plants. These effects may be mediated, repressed or even additively enhanced by the plant root microbiome. In this study, we aim to further characterize the root microbiome structure and function response to TWW irrigation.

Rhizosphere (soil) and rhizoplane (root surface) microbiome structures were examined in lysimeter experiment in which tomato and lettuce plants were grown in two soil types and irrigated with either freshwater (FW) or TWW. Results indicated that rhizosphere bacterial communities were largely determined by soil type and irrigation treatment. However, rhizoplane communities were mainly affected by irrigation water type and the host plant.

Irrigation with water of different qualities also modify the microbial community function. Rhizoplane microbial functional profile correlated with soil pH, electrical conductivity and total organic matter. An increase in expression of genes involved in inorganic ion transporters in communities on roots of both plants when irrigated with TWW suggests that controlling sodium flux is an important function required for TWW root associated bacteria. Increased expression of genes involved in anaerobic pathways, such as denitrification and nitrogen fixation, suggest that TWW irrigated roots are more anoxic niche compared to that of FW irrigated roots.

As root surface microbiome is exposed to the same environmental conditions as the plant roots themselves, the microbiome response to environmental stresses can elucidate on the factors that impact the plant itself.

K-dioctahedral micas 1M: FTIR features and identification criteria

Bella B. Zviagina¹, Victor A. Drits¹ and Olga V. Dorzhieva^{1,2}

1 - Geological Institute RAS, Moscow (zbella2001@yahoo.com)

2 - Institute of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry RAS, Moscow

Isomorphous cation substitutions in the tetrahedral and octahedral sheets typical for micas in general are especially diverse in low-temperature potassium dioctahedral micas. K-dioctahedral 1M micas, which are abundant in various geological environments, form two intersecting isomorphous series: (a) Fe-poor varieties range in composition from (Mg, Fe)-poor illite to aluminoceladonite through Mg-rich illite, and (b) Fe-bearing varieties, from illite to celadonite through Fe-illite, Al-glaucanite and glaucanite. The high degree of crystal-chemical heterogeneity, as well as the ambiguity in conventional nomenclature, complicate the identification of these mica varieties.

Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy provides important diagnostic information, which complements the compositional and XRD identification criteria for 1M K-dioctahedral micas. A new approach to the interpretation of the FTIR spectroscopy data involving relationships between band positions and cation composition provides distinguishing features that include the band positions and profile in the regions of Si-O bending, Si-O stretching, and OH-stretching vibrations.

In series (a), FTIR data allow unambiguous identification of illite and aluminoceladonite, which are often confused based on superficial interpretation of XRD data. Specifically, a sharp maximum from the AlOHMg stretching vibration at $\sim 3600\text{ cm}^{-1}$, the presence of a MgOHMg stretching vibration at $3583\text{-}3585\text{ cm}^{-1}$, as well as characteristic band positions in the Si-O bending ($435\text{-}439$, $468\text{-}472$, and $509\text{-}520\text{ cm}^{-1}$) and stretching regions ($985\text{-}1012$ and $1090\text{-}1112\text{ cm}^{-1}$) are typical of aluminoceladonite. Distinguishing between Mg-poor and Mg-rich illites based solely on FTIR data appears problematic, but the position of the Si-O bending modes and the maximum absorption in the region of OH-stretching vibrations may serve as additional criteria. Regression equations relating the band positions in the Si-O bending region with the contents of tetrahedral Al, octahedral Al and octahedral Mg allow evaluation of the contents of corresponding cations in illites and aluminoceladonites with *esd*'s of 0.06, 0.075 and 0.05 cations per half formula unit (*phfu*). According to FTIR characteristics, the series (b) micas are divided into 5 groups differing in the value of $K_{Al} = Al / (Al + {}^{VI}Fe^{3+})$, where Al and ${}^{VI}Fe^{3+}$ are the amounts of Al and Fe^{3+} octahedral cations *phfu*: Fe-bearing Mg-rich illites ($K_{Al} \sim 0.9$); Fe-illites ($0.65 \leq K_{Al} \leq 0.75$) and Al-glaucanites ($0.5 < K_{Al} \leq 0.6$); Al-glaucanites ($K_{Al} \sim 0.5$); glaucanites ($K_{Al} < 0.5$); celadonites ($K_{Al} < 0.2$). FTIR data allow not only unambiguous identification of Fe-bearing Mg-rich illites and celadonites but also distinction between Fe-illites and illites proper, as well as between Al-glaucanites and glaucanites. On the other hand, Fe-illites and Al-glaucanites have similar FTIR features but differ in cation composition and unit-cell parameters variation ranges.

Self-regenerating clay biocomposites for formaldehyde remediation

Yael Zvulunov¹, Ayelet Fishman², Adi Ish Am Radian¹

- 1 - Faculty of Civil and Environmental Engineering (syaelzv@campus.technion.ac.il)
- 2 - Faculty of Biotechnology and Food Engineering

Formaldehyde (FA) is carcinogenic even in small doses, and is found everywhere in our environment, from consumer products to industrial waste. For FA wastewater, physicochemical remediation technologies are still too costly or inefficient; bioremediation is cheap and efficient, but the low pH and high FA levels in wastewater make it inapplicable. We use a polymer-clay composite as a support for FA-degrading bacteria, which can be used as a comprehensive solution for treatment of FA wastewaters: the clay buffers the pH of wastewater to a level fit for biological processes. The clay is coated with a polymer that reversibly binds FA from wastewater, reducing bulk FA concentrations to below the toxicity threshold of FA-degrading bacteria. The bacteria are immobilized on the polymer-clay composite for protection and process stability; as they degrade the soluble FA, they induce the release of adsorbed FA, creating a sustainable self-regenerating bioremediation system for FA wastewater.