



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
URUGUAY

Jornada de Divulgación



Sistema Vegetal Intensivo - Horticultura
Área Producción, Ambiente y Recursos Naturales
Serie Actividades de Difusión N° 809
8 de octubre de 2024

MANEJO DE CULTIVOS HORTÍCOLAS: AVANCES EXPERIMENTALES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Sistema Vegetal Intensivo

Horticultura

Área Producción, Ambiente y Recursos Naturales

INIA Las Brujas

Octubre de 2024

Serie de Actividades de Difusión N° 809

ISSN 1688-9258

Manejo de cultivos hortícolas: avances experimentales y líneas de investigación

Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, INIA

© 2024, INIA

Índice

P. 09 - Salud del suelo. Carolina Leoni, Mariana Silvera, Ana Laura Álvarez, Adriana Reggio, Fabiana Hernandez-Mazzini

P. 11 – Recuperación de la salud del suelo en sistemas hortícolas de Uruguay: una mirada a largo plazo. Fabiana Hernández-Mazzini, Adriana Reggio, Mariana Silveira, Ana Laura Álvarez, Carolina Leoni

P. 13 – Manejo regenerativo de suelos en sistemas hortícolas protegidos: nuevos proyectos. Cecilia Berrueta, Ariel Manzioni, Analía Yaque

P. 14 – El Nitrógeno y el Mildiú en el cultivo de cebolla: resultados preliminares. Mariana Arias, Tomás Betancor, Joaquín Ríos, Cecilia Berrueta, Marcelo Ferrando, Guillermo Galván

SALUD DEL SUELO

Carolina Leoni, Mariana Silvera, Ana Laura Álvarez, Adriana Reggio, Fabiana Hernandez-Mazzini

INIA Sistema Vegetal Intensivo. Estación Experimental Las Brujas.

INIA Área Recursos Naturales, Producción y Ambiente. Estación Experimental Las Brujas.

e-mail: cleoni@inia.org.uy

Palabras clave: salud del suelo, microbioma, respiración del suelo.

Tradicionalmente, la calidad del suelo se caracterizaba por su capacidad para producir alimentos, fibras y energía. Sin embargo, hoy sabemos que el suelo es uno de los ecosistemas más complejos y biodiversos del planeta que brinda múltiples servicios ecosistémicos esenciales para la vida, entre ellos el soporte de hábitats, la amortiguación de eventos extremos y la reducción de enfermedades y plagas. Estos servicios, no solo afectan al sector agropecuario, sino que impactan en la sociedad en su conjunto. Como consecuencia, a partir de 1990, surge el concepto de salud del suelo. La **salud del suelo** la podemos definir como: **la capacidad sostenida del suelo de funcionar como un sistema vivo que soporte la productividad biológica, mantenga la calidad ambiental y promueva la salud de las plantas, los animales y las personas** (Larkin, 2015).

Como sistema vivo los suelos albergan la mayor diversidad biológica (biodiversidad) del planeta, desde microorganismos como bacterias y hongos hasta nematodos, lombrices y artrópodos. Los procesos de intensificación agrícola muchas veces están asociados a una simplificación de los sistemas y disminución de la biodiversidad. La pérdida de biodiversidad del suelo compromete su buen funcionamiento, por ello es importante mantener y /o recuperar la vida del suelo para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la vida en el planeta. La biodiversidad está íntimamente asociada a los parámetros físico-químicos del suelo, por lo cual el estudio de la salud del suelo implica conocer cómo cambian simultáneamente las propiedades físicas, química y biológicas.

El estudio de las comunidades biológicas del suelo es un desafío, pues no solo estamos conociendo la diversidad existente, sino que estamos empezando a entender los procesos y funciones que cumplen. Actualmente se estima que cerca del 90% de las funciones del suelo están mediadas por microorganismos (Jansson y Hofmockel, 2020), de allí la importancia de estudiar el microbioma del suelo. El **microbioma del suelo son todos los microorganismos con sus genes y productos derivados que viven en el suelo**, e incluye bacterias, arqueas, protistas, hongos, virus.

Los sistemas hortícolas, se caracterizan por el uso intensivo del suelo. Preservar y recuperar la salud del suelo es un desafío ante la demanda creciente de alimentos, y para ello debemos

conocer y medir los impactos resultantes de los diferentes manejos agronómicos. Para medir esos impactos, en 2012 se instaló un experimento de largo plazo en INIA Las Brujas en donde se estableció una rotación de 9 años (3 años de cultivos de verano, 3 años de cultivos de invierno y 3 años de alfalfa) sobre la cual se contrastan diferentes manejos que combinan tipo de laboreo (convencional y reducido), fertilización (química u orgánica) y uso abonos verdes. A modo de ejemplo, en este experimento se ha medido la “respiración del suelo” como una variable que nos estima la actividad microbiana del suelo. Se constata como el manejo impacta en el valor de respiración del suelo. Los sistemas con inclusión de abonos verdes y enmiendas orgánicas presentan mayores niveles de respiración del suelo, señalando una mayor actividad microbiana.

Agradecimientos: A todo el personal de campo, técnicos y estudiantes que han colaborado en estos 12 años en el mantenimiento del experimento de largo plazo y en las múltiples evaluaciones de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo.

Referencias bibliográficas

Jansson JK y Hofmockel KS. 2020. Soil microbiomes and climate change. *Nat Rev Microbiol*
<https://doi.org/10.1038/s41579-019-0265-7>

Larkin R.P., 2015. Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 53: 199–221.

RECUPERACIÓN DE LA SALUD DEL SUELO EN SISTEMAS HORTÍCOLAS DE URUGUAY: UNA MIRADA DE LARGO PLAZO

Fabiana Hernández-Mazzini¹, Adriana Reggio¹, Mariana Silveira¹, Ana Laura Álvarez¹,

Carolina Leoni¹

¹ INIA Sistema Vegetal Intensivo. Estación Experimental Las Brujas.

Email: fhernandez@inia.org.uy

Palabras claves: abonos verdes, laboreo, enmiendas orgánicas, rotación, experimentos de largo plazo.

La horticultura uruguaya se desarrolla sobre suelos severamente degradados lo que impacta negativamente en la sostenibilidad de los sistemas productivos. En 2012 se instaló un experimento de largo plazo a campo en INIA-Las Brujas sobre un suelo altamente deteriorado. El objetivo fue evaluar manejos que recuperen la salud del suelo y viabilicen la producción. Se diseñó una rotación de nueve años con seis ciclos hortícolas (boniato, tomate industria, calabacín, repollo, espinaca y remolacha) y tres años de alfalfa. Se establecieron 5 manejos que combinan 3 factores: tipos de laboreo (convencional y reducido), fertilización (química u orgánica) y abonos verdes.

- MC – Manejo Convencional: laboreo convencional, fertilización química en cobertura y dos cultivos hortícolas consecutivos por año.
- MCM – Manejo Convencional Mejorado: laboreo convencional, fertilización orgánica con compost y estiércol aviar, un abono verde (AV) picado e incorporado y un cultivo hortícola anual.
- MA₁ – Manejo Alterativo 1: laboreo reducido, fertilización orgánica a base de compost, un AV en cobertura y un cultivo hortícola anual.
- MA₂ – Manejo Alternativo 2: laboreo reducido, fertilización orgánica a base de estiércol aviar + AV en cobertura y un cultivo hortícola anual.
- MA₃ – Manejo Alternativo 3: laboreo reducido, fertilización orgánica con compost y estiércol aviar + AV en cobertura y un cultivo hortícola anual.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En la temporada 2023-2024, con AV (*Avena strigosa*) y calabacín (*Cucurbita moschata*) se realizaron evaluaciones de suelo y cultivo. Se midió resistencia a la penetración, densidad aparente y porosidad, minerales, carbono orgánico y pH (propiedades fisicoquímicas). Además, se cuantificó respiración, carbono activo y proteína (propiedades biológicas). En el cultivo se evaluó fenología, rendimiento, calidad e incidencia de malezas.

El laboreo reducido junto al agregado de enmiendas orgánicas y abonos verdes (MA_{1,2,3}) en comparación con el laboreo convencional y la fertilización química (MC), reducen la compactación (40%), incrementan los niveles de nutrientes en el suelo (30%), favorecen la actividad biológica a través del incremento del carbono activo (35%) y mejoran la implantación del cultivo (64%). Sin embargo, tienen un impacto negativo en el desarrollo vegetativo (- 47%), la clorofila foliar (- 30%) y el rendimiento final (-60%). Si bien los MA tienen efectos positivos en la salud del suelo, en aquellos muy degradados son necesarios ajustes nutricionales y mayor tiempo de recuperación. La fertilización química y el laboreo convencional (MC) compensan las limitantes del sistema en el corto plazo ya que, si bien la productividad de los cultivos no se ve deteriorada, se enmascaran la pérdida de salud del suelo a mediano y largo plazo. Manejos intermedios (MCM) que implican laboreo convencional, pero con aportes diversos de materia orgánica, logran mejoras parciales en la salud del suelo y sostienen la productividad del cultivo. Manejos de este tipo reflejan la importancia de los procesos de transición en los sistemas productivos.

MANEJO REGENERATIVO DE SUELOS EN SISTEMAS HORTÍCOLAS PROTEGIDOS: NUEVOS PROYECTOS

Cecilia Berrueta¹, Ariel Manzioni¹, Analía Yaque¹

INIA¹ Sistema Vegetal Intensivo. Estación Experimental Salto Grande

E-mail: cberrueta@inia.org.uy

Palabras clave: enmiendas orgánicas, salud de suelo, abonos verdes

En la mayoría de los invernáculos en Uruguay se cultiva tomate y morrón, en ausencia de rotación de cultivos, con muy limitada incorporación de materia orgánica en el suelo y alta intensidad de laboreo. Con este manejo, los suelos se deterioran rápidamente con pérdidas importantes del carbono orgánico. Esto se suma a las condiciones muy favorables para la mineralización de la materia orgánica dadas por temperaturas más altas y condiciones de humedad constante en el suelo en condiciones de cultivos protegidos. Las tasas anuales de mineralización del carbono orgánico medidas en estas condiciones duplican las mencionadas para cultivos a campo. Los cultivos de tomate en el litoral norte del país se cultivan principalmente durante otoño-invierno-primavera. En su mayoría, a fin de año se finalizan los cultivos dando lugar a la solarización, que se realiza en el verano para posteriormente realizar los trasplantes de otoño en el mes de febrero o marzo.

En este contexto se plantea el proyecto de investigación INIA SVI_01 (2023-2027) con desarrollo en INIA Salto Grande cuyo objetivo es estudiar prácticas de manejo regenerativo del suelo en invernáculos mediante la incorporación de enmiendas orgánicas antes de la solarización y reducción gradual del laboreo. De esta forma se pretende aportar alternativas que contribuyan a un rediseño de los sistemas de producción que se apoyen más en procesos biológicos que ocurren naturalmente en los ecosistemas en vez de agroquímicos. Este proyecto tiene dos componentes. El primero consiste en un jardín de observación/caracterización de enmiendas orgánicas de distinto tipo. Este jardín permitirá identificar las enmiendas que tienen potencial para mantener los niveles de materia orgánica de los suelos y mejorar distintos indicadores de suelo de interés en estos sistemas. Además, permitirá identificar posibles complementaciones entre los materiales, para evitar desbalances nutricionales o efectos negativos sobre los cultivos. En el jardín se caracterizan 3 tipos de enmiendas: (1) Abonos verdes (30 – 40 días de ciclo), (2) Abonos verdes movilizados (producidos a campo y llevados en fresco o fardo al invernáculo) y (3) Compost, estiércoles y otros materiales de origen vegetal o animal disponibles en la zona. El segundo componente consiste en un ensayo comparativo de 6 manejos de suelo que incluyen: distintas combinaciones de enmiendas orgánicas, incorporación del cultivo anterior, reducción gradual del laboreo y uso de bioles vs manejo sin enmiendas y con laboreo basado en rotovador. Estos ensayos comparativos se nutrirán de la información del jardín. Los indicadores de salud de suelo a considerar son: carbono orgánico, porosidad, densidad aparente y compactación a distintas profundidades de suelo, disponibilidad de nutrientes, mineralización de N, proteína total del suelo, respiración microbiana y carbono lábil o activo. En el cultivo de tomate posterior a la enmienda se medirá rendimiento, calidad de fruta y estado nutricional del cultivo.

EL NITRÓGENO Y EL MILDIÚ EN EL CULTIVO DE CEBOLLA: RESULTADOS PRELIMINARES

Mariana Arias¹, Tomás Betancor², Joaquín Ríos², Cecilia Berrueta¹, Marcelo Ferrando³,
Guillermo Galván⁴

¹INIA, Sistema vegetal intensivo, Horticultura, e-mail: marias@inia.org.uy

²Udelar, Facultad de Agronomía, estudiantes en tesis

³Udelar, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas

⁴Udelar, Facultad de Agronomía, Centro Regional Sur, Departamento de Producción vegetal

Palabras clave: análisis de savia, nitratos, mildiú, epidemia, LAQUAtwin

El mildiú causado por *Peronospora destructor* Berk. (Casp.) es la enfermedad foliar más importante del cultivo de cebolla en Uruguay. En un relevamiento de cultivos comerciales de cebolla, para los cultivos con un área foliar alta al inicio de la bulbificación, la severidad de mildiú fue la principal causa de las diferencias en el rendimiento. Además, se observan diferencias en la epidemia de mildiú entre cultivos de diferentes predios en un mismo año y entre cultivos de un mismo productor. Las diferencias que se observan no responden sólo a diferentes estrategias de control químico, sino que existen una multiplicidad de factores que manejamos en los sistemas de producción y que pueden ayudar a explicar las diferencias observadas.

El nitrógeno (N) es el nutriente al que se le atribuye el rol principal en la formación del área foliar de los cultivos. Es el cuarto nutriente más abundante en las plantas y el más usado como fertilizante. En cebolla, el N es un nutriente esencial y suele limitar el rendimiento ya que incide en el tamaño del bulbo y en el ciclo del cultivo. Además, la disponibilidad excesiva de N produce, en general, mayor severidad frente a patógenos biótrofos (como *Peronospora destructor*). Recientemente, se cuenta con la herramienta de análisis rápido de nutrientes mediante la extracción de savia (LAQUAtwin) que se ha ajustado para algunos cultivos. Esta herramienta permite conocer el estatus de N en el cultivo inmediatamente y brinda la posibilidad de corregir en caso de deficiencia. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del N en la evolución de la epidemia causada por *Peronospora destructor* en cebolla y calibrar el método rápido de análisis de nutrientes para nitrato con los medidores LAQUA.

Durante 2022 se realizó un ensayo en el CRS y en 2023 se repitió en CRS y dos predios comerciales. Se evaluaron los cultivares Pantanoso del Sauce CRS (susceptible) y Armonía CRS (moderadamente resistente) con tres niveles de N. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y arreglo factorial. Los tratamientos de N se definieron considerando el aporte del suelo y los requerimientos para un cultivo con un rendimiento de 30000 kg/ha. Los tratamientos de N fueron: óptimo (cubrir los requerimientos), restrictivo (sólo

el aporte del suelo) y excesivo (el doble del requerimiento). Se tomaron muestras de suelo al inicio de los experimentos para ajustar los tratamientos en base al aporte del suelo. Se evaluó la severidad de mildiú seis veces en cada temporada. En esos mismos seis momentos, se midió el nivel de nitratos mediante el análisis de savia con los medidores LAQUA, se tomaron muestras para medir nitrato en laboratorio y se evaluó el crecimiento del cultivo.

La evolución de la epidemia (AUDPC) presentó diferencias significativas entre variedades, entre tratamientos de N y en la interacción entre factores. Pantanoso del Sauce CRS mostró mayor severidad a lo largo de la temporada que Armonía CRS. Para Pantanoso del Sauce, se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos de nitrógeno analizados. El tratamiento restrictivo de nitrógeno mostró menor severidad y el tratamiento de N excesivo mayor severidad. Para Armonía CRS las dosis restrictiva y óptima no mostraron diferencias significativas entre ellas y tuvieron los menores valores de severidad, mientras que el tratamiento excesivo de N fue el que mostró mayor severidad. Se observó una correlación media a baja y negativa entre el índice de severidad y el nitrato en hoja a los 54 días post trasplante (dpt) (-0,31; p-valor<0,05) y a los 109 dpt (-0,58; p-valor<0,001).

Durante el ensayo de 2022, para el ajuste del método de extracción de savia con los medidores LAQUA se evaluaron todos los órganos de la planta (hoja, falso tallo, bulbo y raíz). Las correlaciones entre el nitrato medido con los LAQUA y en laboratorio correlacionaron mejor para la hoja más joven completamente desarrollada en comparación con los otros órganos evaluados. A partir de este resultado, en 2023 las evaluaciones de nitrato se centraron en las hojas. Para los seis momentos de evaluación (cada 15 días desde 40 dpt hasta cosecha) los momentos que mejor correlacionaron el dato de nitrato medido mediante el test rápido (LAQUA) y nitrato medido en laboratorio fueron 40 dpt (0,54; p-valor<0,05), 54 dpt (0,83; p-valor< 0,001) y 68 dpt (0,73; p-valor< 0,001).

Durante 2024 se está llevando adelante un nuevo experimento para acumular mayor cantidad de datos y poder tener un mejor ajuste de la herramienta y generar niveles críticos para nuestras condiciones de producción.

Financiamiento: Proyecto financiado por el Fondo María Viñas (FMV-ANII).