



Informe final publicable de proyecto

Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la susceptibilidad al mildiú de la cebolla

Código de proyecto ANII: FMV_3_2022_1_172362

Fecha de cierre de proyecto: 01/09/2024

ARIAS PANDOLFO, Mariana (Responsable Técnico - Científico)

GALVÁN VIVERO, Guillermo Alesio (Co-Responsable Técnico-Científico)

BERRUETA MOREIRA, María Cecilia (Investigador)

BETANCOR, Tomas (Investigador)

FERRANDO URRUTIA, Marcelo Gabriel (Investigador)

GONZÁLEZ BARRIOS, Pablo (Investigador)

SCARLATO GARCÍA, Mariana (Investigador)

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. FACULTAD DE AGRONOMÍA (Institución Proponente) \\
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. INIA SALTO GRANDE \\
FACULTAD DE AGRONOMÍA. FUNDACIÓN DR. EDUARDO ACEVEDO

Resumen del proyecto

El mildiú causado por *Peronospora destructor* es la enfermedad foliar más importante del cultivo de cebolla en Uruguay. Se observan diferencias en la epidemia de mildiú entre cultivos en un mismo año, que no responden sólo a diferentes variedades o estrategias de control químico, sino que existen una multiplicidad de factores que pueden explicar las diferencias observadas. El nitrógeno (N) es el cuarto nutriente en las plantas y el más usado como fertilizante. La disponibilidad excesiva produce, en general, mayor susceptibilidad frente a patógenos. Recientemente, se cuenta con la herramienta de análisis de nutrientes mediante la extracción de savia (LAQUAtwin) que permite conocer el estatus de N en el cultivo instantáneamente. Los objetivos de este trabajo fueron estudiar el efecto del N en la evolución de la epidemia de mildiú y calibrar el método rápido de análisis para nitrato. Durante 2023 se realizó un ensayo en el CRS y en dos predios comerciales. Se evaluaron los cultivares Pantanoso del Sauce CRS (susceptible) y Armonía CRS (moderadamente resistente) con tres niveles de N (restrictivo, óptimo y excesivo). Se midió el nivel de nitratos con los medidores LAQUA, nitrato en laboratorio, severidad y crecimiento del cultivo. La evolución de la epidemia (AUDPC) presentó diferencias significativas entre variedades, entre tratamientos de N y en la interacción. Pantanoso mostró mayor severidad que Armonía. Para Pantanoso los tres niveles de N difirieron en la severidad. El tratamiento restrictivo mostró la menor severidad y el tratamiento excesivo mayor severidad. Para Armonía la dosis restrictiva y óptima tuvieron los menores valores de severidad sin diferencias entre ellas, y el excesivo mostró la mayor severidad. El análisis con los LAQUA se ajustó mejor en la hoja más joven completamente desarrollada, a los 40 días post-trasplante (0,54; p-valor<0,05), 54 dpt (0,83; p-valor< 0,001) y 68 dpt (0,73; p-valor< 0,001).

Ciencias Agrícolas / Agricultura, Silvicultura y Pesca / Agronomía, reproducción y protección de plantas / Horticultura

Palabras clave: Balance de nutrientes / Enfermedades / Nutrición vegetal /

Antecedentes, problema de investigación, objetivos y justificación.

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las principales hortalizas en los volúmenes de consumo, presente en la cultura alimentaria de países en todos los continentes (Brewster, 2008). El mildiú causado por *Peronospora destructor* Berk. Casp. (Pd) es una enfermedad foliar muy destructiva y de difícil control del cultivo de cebolla (Schwartz y Mohan, 2008). La enfermedad frecuentemente se dispersa rápido y afecta grandes superficies (Jones et al. 1939). El mildiú puede reducir la productividad y comprometer la calidad de los bulbos (Marcuzzo y Carvalho, 2017). Los bulbos infectados con Pd sufren durante la vida poscosecha: ablandamiento rápido, pudriciones y brotación prematura (Alves et al. 2018).

El mildiú es una enfermedad de ocurrencia global y es más relevante en climas templados (Alves et al. 2018). van der Heyden et al. (2020) han reportado que cada vez las epidemias comienzan antes y son más severas debido al cambio climático. Las condiciones climáticas son determinantes para la epidemia: el régimen de precipitaciones y de temperatura son los factores que más afectan en la etapa de infección y de esporulación.

A nivel regional, las epidemias de peronospora están más afectadas por las precipitaciones que por el régimen de temperatura (van der Heyden et al. 2020). En zonas en la que las temperaturas durante el crecimiento del cultivo se encuentran entre 1 y 23°C y con periodos prolongados de hoja mojada, el desarrollo de síntomas es devastador y las pérdidas de rendimiento mayores al 50% (González et al. 2011). En Uruguay, en la zona sur de producción los cultivares de día intermedio son los más afectados por la enfermedad, dado que las condiciones ambientales predisponentes se dan con mayor frecuencia en la primavera cuando los cultivos tienen un desarrollo foliar máximo.

Anualmente la producción de cebolla es afectada por varios factores: bióticos y abióticos (Shukla, 2016). Se observan diferencias en la epidemia de peronospora entre cultivos de diferentes predios en un mismo año y entre cultivos de un mismo productor con un único cultivar que difieren en la fecha de instalación y el manejo. Esta situación pone en cuestión si las diferencias que se observan responden sólo a diferentes estrategias de control químico. Sin embargo, existe una multiplicidad de factores en los sistemas de producción y que pueden ayudar a explicar las diferencias observadas.

En el abordaje de las enfermedades de las plantas se consideran tres componentes: el hospedero, el patógeno y el ambiente. Para que una enfermedad tenga lugar tiene que haber un hospedero susceptible, un patógeno con capacidad patogénica y condiciones ambientales predisponentes. Se requiere una combinación específica de condiciones de la planta, del patógeno y del ambiente para que se desencadene la enfermedad (Munévar, 2004). La suma de las interacciones patógeno – hospedero – ambiente – tiempo determina cómo una enfermedad es afectada por la nutrición (Velasco, 1999). Esta interacción no sólo determina la ocurrencia de enfermedad, sino también el grado de severidad con el cual se presenta. Las alternativas de manejo pueden estar orientadas tanto a la planta como al patógeno o al ambiente, o lo que sería ideal, de forma integrada, a los tres componentes (Munévar, 2004).

Para obtener altos rendimientos en los cultivos es necesario brindarles un adecuado suministro de nutrientes en cantidad y calidad (Berrueta et al., 2021). Un adecuado manejo de la nutrición mineral puede ser usado a favor de reducir la severidad (Siero, 2020) dado el condicionamiento ambiental que influye en la expresión de la epidemia. Un organismo bien nutrido tiene menos riesgo de enfermarse y si se enferma tolera más la enfermedad (Munévar, 2004). Una vez enfermas, las plantas bien balanceadas en nutrientes son más resistentes porque tienen más capacidad de protegerse de nuevas infecciones y de limitar infecciones ya existentes (Velasco, 1999). Tanto el estrés nutricional severo como el exceso de nutrientes genera plantas más susceptibles (Huber, 1980).

El ambiente nutrimental dado por el hospedero es especialmente crítico para los patógenos obligados. Los patógenos obligados (como Pd) establecen una relación íntima con las membranas celulares de la planta, y generan oportunidades para el reconocimiento y la activación de respuestas de defensa (Bouwmeester et al. 2009). La patogénesis se ve restringida si el hospedero no contiene los materiales requeridos para la actividad parasítica o facilitada por la ausencia o exceso de algún material (Huber, 1980). Un nutriente específico puede aumentar la severidad de una enfermedad y disminuir la severidad para otra (Huber, 1980). Si bien no existe un nutriente que controle todas las enfermedades (Huber, 1980), la deficiencia de alguno de los nutrientes requerido por las plantas genera ambientes más propicios para las epidemias.

La nutrición influye sobre la agresividad del patógeno y varias fases del ciclo de la enfermedad: la supervivencia del patógeno, la germinación de esporas, la capacidad de penetración del patógeno en el hospedero. La respuesta de las plantas a los patógenos y la interacción de cada patosistema es compleja. El resultado que se produce en cada interacción depende del nutriente en cuestión, la modificación específica en su disponibilidad o concentración, la naturaleza del patógeno y el genotipo vegetal (Munévar, 2004; Siero, 2020). Aislar el efecto de un solo nutriente en cuanto al rol que cumple en la compleja interacción entre la planta y el patógeno es difícil. Sin embargo, la comprensión del rol de los nutrientes en el metabolismo ayuda a comprender o, al menos, orientar la búsqueda de explicaciones.

El nitrógeno es el cuarto elemento más abundante en las plantas (Huber, 1980). Es el nutriente más usado como fertilizante en el mundo porque es el principal responsable del rendimiento de los cultivos y se asocia al desarrollo vigoroso de los cultivos. Además, se le atribuye la mayor responsabilidad en afectar el desarrollo de enfermedades (Siero, 2020). En cebolla, el nitrógeno es un nutriente esencial y suele limitar el rendimiento ya que tiene gran efecto en el tamaño del bulbo (Geisseler et al. 2021).

Tanto el exceso como el déficit de nitrógeno en la planta contribuyen con un periodo vegetativo extendido, madurez tardía y el aumento de la susceptibilidad a patógenos (Siero, 2020) y plantas más suculentas (vigorosas) (Huber, 1980). El déficit de nitrógeno hace que las plantas se debiliten, crezcan con lentitud y envejeczan con mayor rapidez (Siero, 2020). El efecto del nitrógeno en el patosistema depende de la naturaleza del patógeno. La disponibilidad excesiva de nitrógeno produce, en general, mayor severidad, contrario al exceso de fósforo y potasio. Sin embargo, dependiendo del ambiente y del tipo de patógeno, puede dar una respuesta completamente opuesta (Siero, 2020). En general, niveles incrementales de nitrógeno en cebolla aumentan la severidad al mildiú (Geisseler et al. 2021).

Las hojas de las plantas sanas, en general, contienen entre 2 y 5% de nitrógeno en base seca (Hochmuth et al, 2012). En cebollas dulces, justo antes de bulbificación Hochmuth et al. (2012) reportan que menos de 2% de nitrógeno en base seca se considera deficiencia, entre 2 y 3 % un nivel adecuado y mayor a 3% alto. Si bien los datos de Hochmuth et al. (2012) no están ajustados a los tipos de ciclos y cultivos locales del sur de Uruguay, sirven como guía para interpretar los resultados de los análisis de savia (Berrueta et al., 2021).

Comprender la interacción y el efecto del nitrógeno puede aportar al manejo de Pd en cebolla. Actualmente el control de la enfermedad tiene base en el control químico. Sin embargo, enfoques más integrados, que aborden la problemática desde varias perspectivas son fundamentales para lograr un mejor control y con efectos menos agresivos con el ambiente y la salud.

En los sistemas intensivos de producción, como los sistemas hortícolas, el manejo de la nutrición de los cultivos se basa fundamentalmente en la experiencia de los técnicos y productores (Grasso et al. 2021). La dinámica acelerada de los cultivos hortícolas requiere de la toma de decisiones semanales (Grasso et al. 2021). Comprender los requerimientos de nutrientes de cada cultivo y el uso de análisis de suelo de cada chacra para predecir las necesidades de los cultivos son claves para manejar eficientemente la nutrición (Hochmuth et al., 2012).

Los resultados de los análisis de tejido junto con los análisis de suelo proveen herramientas útiles para el manejo de la nutrición (Hochmuth et al. 2012). Los análisis de laboratorio para medir nutrientes en el suelo, en el agua o en los tejidos de las plantas brindan datos altamente confiables (Grasso et al., 2021). Sin embargo, este tipo de análisis tiene altos costos y requiere tiempos extensos para la toma de decisiones a corto plazo (Grasso et al., 2021). Recientemente, la disponibilidad de pruebas rápidas que cuantifican el contenido de nutrientes en planta surge como una herramienta complementaria a los análisis de laboratorio (Berrueta et al., 2021). Estas pruebas tienen bajo costo y la rapidez de los resultados permiten realizar monitoreos rutinarios y ajustar la dosis en tiempo real (Berrueta et al., 2021).

En Uruguay se ha ajustado el método de medición de nutrientes en savia para el cultivo de tomate (Berrueta et al., 2021). El método para tomate consiste en coleccionar una muestra de hojas sanas (hoja nueva completamente desarrollada) en las primeras horas de la mañana, conservar las muestras refrigeradas, y próximas a la determinación llevarlas a temperatura ambiente.

Previo a la medición se calibra el sensor LAQUAtwin. Los pecíolos se cortan y se exprimen con una prensa manual. En el receptáculo o sensor del medidor se deben colocar unas gotas de jugo fresco y luego de algunos segundos se registra la medida. El receptáculo se debe lavar entre muestra y muestra con agua destilada (Berrueta et al. 2021).

El objetivo de este proyecto fue estudiar el efecto del nitrógeno en la evolución de la epidemia causada por *Peronospora destructor* en cebolla. Se espera incorporar información de manejo del cultivo que permita abordar el manejo de la enfermedad desde una mirada integral. Además, se avanzó en el ajuste de el análisis rápido de nitrato mediante la extracción de savia con los medidores LAQUA. El objetivo fue disponibilizar una herramienta de análisis de nutrientes para el cultivo de cebolla que ya está ajustada y siendo usada para el cultivo de tomate.

Metodología/Diseño del estudio

El ensayo se realizó durante 2023 en el Centro Regional Sur de Facultad de Agronomía (Universidad de la República), Progreso, Canelones. Se evaluó el impacto de la disponibilidad de nitrógeno sobre el desarrollo de la epidemia de Pd a campo en dos materiales vegetales de ciclo intermedio. El diseño experimental fue factorial (2 x 3) con dos cultivares y tres dosis de nitrógeno en tres bloques completos al azar. Además, se instalaron en predios de dos productores, parcelas con dos repeticiones de los seis tratamientos factoriales. Durante 2022 se realizó un ensayo previo de ajuste metodológico. En el ensayo de 2022 se comenzó a ajustar el método de análisis rápido de nutrientes mediante la extracción de savia, previamente ajustado en nuestro país para los cultivos de tomate. A partir de ese ensayo en 2023 se decidió trabajar con la hoja más joven completamente desarrollada debido a que fue el órgano de la planta que mejor correlacionó el nivel de nitrato medido en los dispositivos LAQUA con el contenido de N evaluado en el Laboratorio, a la vez que facilita el muestreo en comparación con un muestre de raíces o de falso tallo.

Material vegetal

Se utilizaron los cultivares nacionales Pantanoso del Sauce CRS y Armonía CRS. Ambos materiales son de ciclo intermedio y han sido evaluados por resistencia a Pd en múltiples trabajos por nuestro equipo (Arias et al. 2020, Arias, 2020). Pantanoso del Sauce es susceptible al mildiú y Armonía tiene un nivel intermedio de resistencia parcial. Según Huber (1980), la interacción de los nutrientes con las respuestas de defensa de las plantas a las enfermedades se observa mejor en genotipos con niveles de resistencia intermedio que en los completamente susceptibles y los completamente resistentes. Por este motivo es que se incluyó Armonía en el diseño. Pantanoso del Sauce es el cultivar de ciclo intermedio más difundido en los sistemas de producción, por lo cual fue valioso observar su comportamiento. Además, es un material susceptible, por lo que aumentó la presión de inóculo.

Los cultivares se sembraron en almácigos a mediados de abril sobre canteros solarizados. Durante las primeras semanas de julio se realizó el trasplante. Las parcelas fueron de dos canteros, de 8 m de largo (80 plantas x 4 filas en cada cantero), 640 plantas por parcela en total.

Niveles de nitrógeno

Se evaluaron tres dosis de nitrógeno. La fertilización se realizó con urea. Para definir los tratamientos se realizó un análisis del suelo. A partir del dato de materia orgánica se estimó el aporte de nitrógeno del suelo a lo largo del ciclo de cultivo. A partir de los datos de aporte del suelo y de los requerimientos del cultivo se definieron los tres tratamientos de nitrógeno. En el caso de fósforo y potasio, el total de los requerimientos fueron incorporados al momento del trasplante. Los requerimientos se calcularon para un rendimiento de 30000 kg/ha. Los tres tratamientos de nitrógeno siguieron los siguientes criterios:

- i) Dosis óptima. Cubrir el 100% del requerimiento del cultivo, fraccionado en tres momentos desde trasplante a inicio de bulbificación
- ii) Dosis Restrictiva. Sólo disponible el nitrógeno que aporte el suelo
- iii) Dosis Excesiva. Aplicar el doble que lo que se calculó en el tratamiento (i)

Diseño experimental y mediciones

El ensayo se instaló en el CRS con un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, y arreglo factorial con seis tratamientos, producto de la combinación de tres niveles de nitrógeno y dos materiales vegetales. Cada unidad experimental estuvo formada por dos canteros, en uno se realizaron los muestreos destructivos y en el otro se realizaron las mediciones de severidad al mildiú y del rendimiento al final del experimento. El nitrógeno es un nutriente asociado al vigor de las plantas y al desarrollo del aparato foliar. Es importante aislar el efecto de la humedad relativa en las parcelas sobre la infección y desarrollo de Pd, generado por la densidad de hojas (área foliar) que se produce con la mayor disponibilidad de nitrógeno en la

hoja. Por este motivo se instalaron en cada parcela (en el cantero en el que no se alteró la densidad durante todo el ensayo) sensores de humedad relativa y temperatura.

Los análisis del suelo y de plantas se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía. En el análisis de planta se evaluó el contenido de nitrato en hoja. Una vez que se iniciaron los síntomas, se evaluó quincenalmente la incidencia y la severidad al mildiú. Se realizaron seis evaluaciones en la temporada. La severidad de Pd se midió con una escala ordinal de 0 a 10 que refleja niveles porcentuales. Paralelamente a la evaluación de severidad se tomó una muestra de savia para conocer el nivel de nitrato (Laqua Twin, Horiba). De esta forma se obtuvo para cada parcela y momento de evaluación el nivel de nitrógeno en hoja y la severidad.

El análisis estadístico se realizó utilizando información del diseño experimental (factores, niveles y bloques). Se calculó el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (AUDPC) y se realizaron análisis de varianza. También para el rendimiento comercial y total se realizaron análisis de varianza. Para todos los análisis que fueron significativos se realizó una prueba de comparación de medias Tukey. Para el análisis de correlaciones se usó la correlación de Spearman porque los datos no presentaban distribución normal.

Resultados, análisis y discusión

A partir de la evaluación de la severidad en los seis momentos del ciclo del cultivo, se calculó el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (AUDPC). Se realizó un análisis de varianza que mostró diferencias significativas entre el AUDPC de los tratamientos (p-valor 0,05), entonces se realizó una prueba tukey de comparación de medias. En términos generales, el cultivar Pantanoso mostró durante toda la temporada mayor severidad que el cultivar Armonía. Las dosis excesivas de nitrógeno mostraron mayor severidad para ambos cultivares. Pantanoso con la dosis de nitrógeno excesiva (PN2) fue el tratamiento que mostró mayor AUDPC (102,6), diferente estadísticamente a los cinco tratamientos restantes (a). El tratamiento Pantanoso con la dosis óptima de nitrógeno (PN1) presentó un AUDPC de 85,6, también con diferencias significativa (b) respecto a los otros tratamientos. El tratamiento Pantanoso con nitrógeno restrictivo (PN0) mostró un AUDPC de 72,7, con diferencias significativas (c) con los demás tratamientos. El tratamiento Armonía con la dosis excesiva de nitrógeno (AN2) presentó un AUDPC de 49,8 con diferencias significativas (d) con los otros tratamientos. Los tratamientos Armonía con nitrógeno óptimo (AN1) y con nitrógeno restrictivo (AN0) presentaron un AUDPC de 41,2 y 37,8 respectivamente, no fueron estadísticamente diferentes entre (e) ellos, pero sí diferentes al resto de los tratamientos.

Se observó una correlación (Spearman) 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). Para los cuatro momentos restantes la correlación observada no fue significativa.

A la cosecha se evaluó el rendimiento del cultivo. Para el rendimiento total no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de Armonía en combinación con los tres niveles de N, así como con Pantanoso en el nivel deficitario (AN0, AN1, AN2 y PN0). Los rendimientos para estos tratamientos oscilaron entre 26,3 y 27,5 Mg/ha. Los tratamientos PN1 (32,0 Mg/ha) y PN2 (33,6 Mg/ha) fueron diferentes estadísticamente de los anteriores, y sin diferencias significativas entre ellos. Los rendimientos comerciales oscilaron entre 14,9 y 20,7 Mg/ha. Si bien se observan diferencias significativas entre los tratamientos no existe un patrón claro que separe los cultivares y los tratamientos de nitrógeno. El tratamiento AN0 fue el que presentó menor rendimiento comercial y el tratamiento PN1 el de mayor rendimiento comercial.

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 todos los momentos evaluados, los que mejor correlacionaron (correlación de Spearman) 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).

Los momentos en los que el medidor LAQUA correlacionó mejor con los reportes de nitrato de los análisis de laboratorio son momentos adecuados para corregir este nutriente en el cultivo. La cebolla es un cultivo que desarrolla el aparato foliar desde el trasplante hasta inicio de bulbificación (95 días post trasplante para los años y cultivares evaluados). Una vez iniciada la bulbificación no se recomienda realizar aplicaciones de nitrógeno al cultivo. Los momentos más adecuados para corregir los niveles de nitrógeno del cultivo se ubican entre un mes post trasplante hasta antes de inicio de bulbificación. La información colectada hasta el momento indicaría que los medidores de nitrato LAQUA pueden ser una herramienta de análisis para el cultivo de cebolla.

La metodología ajustada consiste en tomar las muestras a primera hora de la mañana. Las muestras se toman de dos hojas por planta que estén sanas y sean las más jóvenes completamente desarrolladas. Se calibran los medidores con las soluciones standard provistas por el fabricante. Las muestras se colocan en una prensa de ajo doméstica y se ejerce presión lentamente para poder extraer la savia. La savia extraída se coloca sobre el lector y se toma registro del valor de nitrato. El sensor se debe

limpiar con abundante agua destilada y secarse con un papel de textura suave.

Durante 2024 (tercer año) 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. Además, se continúa procesando información tomada en los ensayos realizados.

Conclusiones y recomendaciones

En el trabajo de investigación que desarrollamos, comprobamos que existe un efecto del cultivar ante la respuesta al mildiú. Un cultivar con resistencia parcial como Armonía se enferma menos que el cultivar susceptible Pantanoso del Sauce CRS. La enfermedad evoluciona más lento en el cultivar susceptible y los niveles máximos alcanzados de severidad son menores que en el susceptible. Además, se observó que dosis excesivas de nitrógeno favorecen el desarrollo de la epidemia y no siempre se traducen en mayores rendimientos. Por lo tanto, el uso de cultivares moderadamente resistentes disponibles actualmente en Uruguay, en combinación con una fertilización nitrogenada adecuada son fundamentales para el manejo del mildiú.

El análisis de nutrientes mediante el uso de los medidores LAQUA es una herramienta que puede reportar información sobre el status nutricional del cultivo para el contenido de N y otros nutrientes. El órgano que mejor reporta es la hoja más joven completamente desarrollada, y en el período de 40 a 68 días post-trasplante. Es necesario continuar trabajando en la acumulación de información sobre los niveles de nitrato en el cultivo vinculado a los rendimientos para poder obtener niveles críticos locales. Se está procesando la información de HR y temperatura ambiente de cada parcela, lo que permitirá analizar la influencia de las condiciones ambientales en la evolución de la epidemia para cada tratamiento, y ajustar los resultados presentados para el N con la información ambiental como covariable.

Productos derivados del proyecto

Tipo de producto	Título	Autores	Identificadores	URI en repositorio de Silo	Estado
Artículo científico	Interacción entre el contenido de nitrógeno y la susceptibilidad al mildiú de la cebolla en Uruguay	Arias, M., Berrueta, C., Ferrando, M., Betancor, T., González Barrios, P., Scarlato, M., Galván, G.			En proceso
Resumen de conferencia publicado	El nitrógeno y el mildiú en el cultivo de cebolla: resultados preliminares	Mariana Arias, Tomás Betancor, Joaquín Ríos, Cecilia Berrueta, Marcelo Ferrando, Guillermo Galván	ISSN 1688-9258	http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17877/1/sad-809-jornada-horticola-2024.pdf	Finalizado
Presentación en evento	El nitrógeno y el mildiú en el cultivo de cebolla: resultados preliminares	Mariana Arias, Tomás Betancor, Joaquín Ríos, Cecilia Berrueta, Marcelo Ferrando, Guillermo Galván		http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17877/1/sad-809-jornada-horticola-2024.pdf	Finalizado

Referencias bibliográficas

Alves, D.P., de Araújo, E.R., Wamser, G.H. et al. (2018) Field performance and screening for resistance to *Peronospora destructor* of

46 onion cultivars in Brazil. Australasian Plant Dis. <https://doi.org/10.1007/s13314-018-0290-9>

Arias, M.; Curbelo, N.; González, P.H.; Vicente, E.; Giménez, G.; Galván, G.A. (2020). Inheritance of resistance against *Peronospora destructor* in onion cv. 'Regia'. Australian Journal of Crop Science

Arias, M. (2020) Relaciones histopatológicas y bases genéticas de la resistencia a *Peronospora destructor* en cebolla. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.

Berrueta, C., Grasso, R., Giménez, G., Bentancur, J., Rivero D., Falero, M. (2021). Análisis de savia para la determinación rápida del nivel de potasio, nitrato y calcio en el campo. Revista INIA N° 67 (48 – 52).

Bouwmeester K., Van Poppel M.J.A.P., Govers F. (2009). Genome biology cracks enigmas of oomycete plant pathogens. Annual Plant Reviews 34: 102-133.

Brewster J.L. (2008). Onions and other vegetable Alliums (2nd Ed). CABI Publishers. Series: Crop production science in horticulture, 15. 454 pp. Wallingford, UK.

Geisseler, D., Soto Ortiz, R., Diaz, J. (2021) Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.) - A literature review. Elsevier. Scientia Horticulturae. 291(2022) 110591

González PH, Colnago P, Peluffo S, González Idiarte H, Zipitria J, Galván G.A. (2011). Quantitative studies on downy mildew (*Peronospora destructor* Berk. Casp.) affecting onion seed production in southern Uruguay. European Journal of Plant Pathology, 129: 303 - 314.

Grasso, R., Berrueta, C., Giménez, G. (2021). Monitoreo de nutrientes para la asistencia a la fertirrigación a nivel de predios. Revista INIA N° 66 (108 – 112).

Huber, D.M. (1980). The role of mineral nutrition in defense. Plant disease and advanced treatise, Vol. 5: 386 - 406.

Jones, H.A., Porter, D.R., Leach, L.D. (1939). Breeding for resistance to onion downy mildew caused by *Peronospora destructor*. Hilgardia. Vol.12 N°9 pp: 531-550.

Marcuzzo, L.L. y Carvalho, J. (2017). Relación lineal entre la incidencia y la gravedad del mildiú veloso de la cebolla. Summa Phytopathol., Botucatu, v. 43, n. 4, p. 344-347

Munévar M., F. (2004). Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. Revista Palmas, 25(especial) 171-178

Schwartz HF, Mohan SK. (2008). Compendium of onion and garlic diseases. St Paul: APS Press. 54p.

Shukla, S., Iqbal, M.A., Jaiswal, S., Angadi, U.B., Fatma, S., Kumar, N., Jarsotia, R.S., Fatima, Y., Rai, A., Kumar, D. (2016). The onion genomic resource: a genomics and bioinformatics driven resource for onion breeding. Plant Gene. Elsevier. 2352-4073 doi: 10.1016/j.plgene.2016.09.003.

Sieiro Miranda, Grethel Lázara, González Marrero, Alberto Nicolás, Rodríguez Lema, Eida Luisa, & Rodríguez Regal, Mérida. (2020). Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. Centro Agrícola, 47(3), 66-74. Epub 01 de julio de 2020. Recuperado en 04 de abril de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000300066&lng=es&tlng=es

Van der Heyden, H.; Dutilleul, P.; Charron, J.-B.; Bilodeau, G.J.; Carisse, O. (2020) Factors Influencing the Occurrence of Onion Downy Mildew (*Peronospora destructor*) Epidemics: Trends from 31 Years of Observational Data. Agronomy. 10, 738. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050738>

Velasco, V.A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. TERRA, 17 (3): 193 - 207

Licenciamiento

Reconocimiento 4.0 Internacional. (CC BY)

