

CAPÍTULO 1.

IMPORTANCIA Y CONSIDERACIONES DEL CULTIVO DE TOMATE

Marjorie Allende C.

Ing. Agrónomo

INIA Ururi

1.1. Introducción

El tomate *Solanum lycopersicum* (o su denominación anterior *Lycopersicum esculentum* Mill., que aún es ampliamente utilizada), pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cosmopolita, cultivada para consumo fresco e industrializado.

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo.

De la familia de las Solanáceas es una planta herbácea cuyo hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y, sobre esta base, ser cultivada de diversas formas, planificándose la cosecha según objetivo, encontrándose producciones destinadas a procesos industriales o a consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas, especialmente en aquellos cultivos establecidos al aire libre.

Por esta razón, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia. Es así como actualmente el cultivo de tomate se visualiza bajo sistemas productivos diversos como, por ejemplo, bajo plástico de polietileno o bajo malla antiáfido, acompañados de gran variedad de portainjertos según requerimiento (tolerancia a sales, nemátodos, gran vigor, internudos cortos, entre otros). De esta forma se mantiene la oferta durante todo el año con altas producciones, no obstante, para lograr el éxito del productor es imprescindible disponer de la información del mercado, de manera de ajustar la fecha de siembra según ventanas de oferta.

1.2. Importancia económica del tomate

Estimaciones de la FAO indican que el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción, alcanzando en el año 2013; 4,7 millones de hectáreas (ha) y una producción de 164 millones de toneladas (t).

En Chile, el tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción, ocupando el 40^{to} lugar en superficie mundial, con 13.864 ha, y el lugar 24^{to} en producción, con 872.485 toneladas, cuyo rendimiento promedio (63 t/ha) supera a los de países como China, Italia, México y Brasil, entre otros. Ver Cuadro 1.1.

A nivel nacional, el cultivo de tomate presenta una alta rentabilidad, lo que ha permitido que hace más de una década experimente un sostenido desarrollo, incorporando tecnologías importadas desde países donde el cultivo de tomate es tradición y vanguardia (mediterráneo). Hoy, no obstante, la estrechez de mercado sumada a los altos volúmenes de comercialización, especialmente con la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, colocan al rubro en un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a manejar costos y a aumentar la búsqueda de mercados externos para mantener la rentabilidad.

Cuadro 1.1. Superficie y volumen de tomate producido por país en 2011*.

País	Superficie (miles ha)	Volumen (miles t)
China	986	48.577
India	865	16.826
Estados Unidos	149	12.625
Turquía	270	11.003
Egipto	212	8.105
Irán	184	6.824
Italia	104	5.950
Brasil	71	4.417
España	50	3.821
Uzbekistán	58	2.585
México	85	2.436
Rusia	117	2.201
Ucrania	86	2.112
Otros países	1.497	31.542
Total	4.734	159.023

* Incluye tomate para consumo fresco e industrial.

1.3. Superficie nacional de tomate

En Chile, el tomate para consumo fresco ocupa el tercer lugar de los cultivos hortícolas con mayor superficie. Sólo lo antecede el maíz para consumo fresco (choclo) y la lechuga. En la Figura 1.1, se grafica la evolución que ha experimentado la superficie de tomate para consumo fresco entre los años 2009 y 2014, en los que la superficie se ha mantenido sin grandes variaciones entre 4.902 y 5.463 hectáreas, lo cual representa sólo un 10,3%.

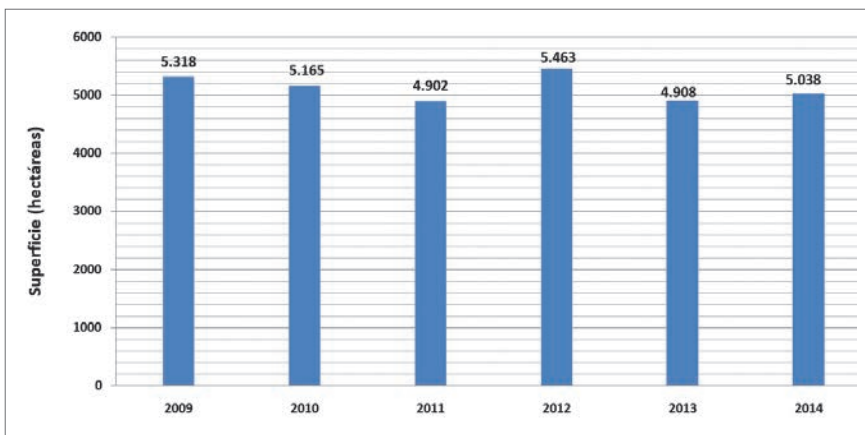


Figura 1.1. Evolución de la superficie de tomate para consumo fresco.

El cultivo de tomate a lo largo del país tiene ciclos productivos distintos según la época de siembra estacional durante el año, diferenciándose el tomate de invierno de Arica con el tomate de verano de Talca u otra localidad. Por esta razón, debiera existir una comparación de la superficie entre ciclos por separado. La combinación de estos ciclos por la distribución geográfica del cultivo, hacen posible una oferta continua de tomate para consumo fresco durante todo el año, consolidándose el abastecimiento del mercado por la incorporación de innovaciones tecnológicas, como sistemas de cultivo protegidos (malla antiáfido, plástico y mixtos), nuevas variedades y portainjertos, entre otros.

El 69% de la superficie nacional de tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y Del Maule, siendo la Región de O'Higgins la de mayor superficie con 973 hectáreas (19%), seguida por las regiones de Valparaíso y Del Maule, con 876 y 869 hectáreas respectivamente (17% c/u); y por la Región Metropolitana, con 756 hectáreas (15%). Figura 1.2.

La producción de tomate para uso agroindustrial, en tanto, está concentrada geográficamente en las regiones de O´Higgins y Del Maule, donde se encuentra el área de influencia de las plantas procesadoras de pulpa concentrada. Esta producción presenta un período de cosecha más definido debido al uso de variedades de hábito determinado.

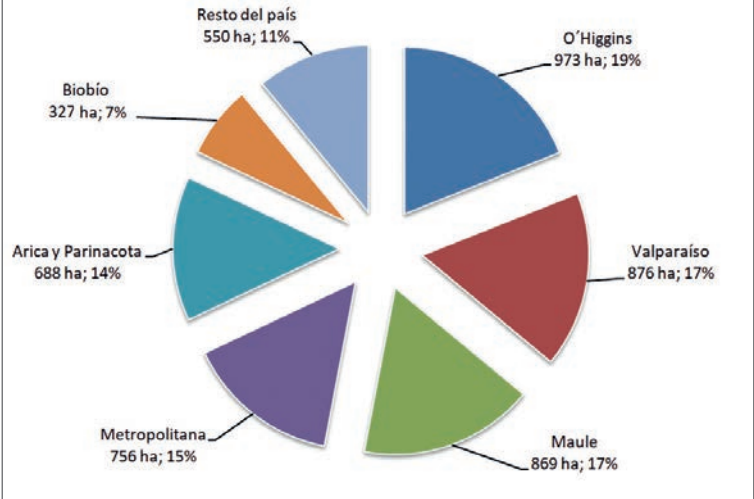


Figura 1.2. Superficie plantada con tomate para consumo fresco, 2014.

Se estima que del total de la superficie de tomate destinada al consumo fresco (6.000 ha), un 20% corresponde a cultivo bajo invernaderos, lo que supera las 1.000 hectáreas bajo este tipo de producción, sin hacer distinción entre plástico (polietileno) y malla antiáfido. Este último sistema es el más usado en la Región de Arica y Parinacota para enfrentar la alta presión de plagas.

1.4. Generalidades del cultivo

El tomate es una hortaliza que presenta una alta diversidad genética, existiendo innumerables variedades con distinto aspecto, color y sabor, además de presentar una demanda que aumenta continuamente y, con ello su producción y comercialización. No obstante, este incremento de la producción obedece más bien a un mayor rendimiento que a un crecimiento en la superficie cultivada. Estos más altos rendimientos a su vez, son producto esencial de la incorporación de altas tecnologías de cultivo, que permiten el manejo de los factores ambientales (climáticos) y recursos naturales (agua, suelo, fertilizantes), junto con el manejo y prácticas adecuadas del cultivo. Esto permite la oferta de tomate durante todo el año. En Cuadro 1.2, se presenta detalladamente la estacionalidad del cultivo.

Cuadro 1.2. Estacionalidad de tomate para consumo fresco en Chile.

Zonas productivas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valle Azapa (aire libre-malla)												
Copiapó (invernadero)												
Copiapó (parrón aire libre)												
Ovalle (aire libre)												
Ovalle (invernadero)												
Limache - Quillota (invernadero)												
Limache - Quillota (parrón)												
Talca (invernadero)												
Talca - Curicó (aire libre)												
Pichidegua (S. Vicente) (invernadero)												
Pichidegua (S. Vicente) (aire libre)												
Rengo y Quinta de Tilcoco (aire libre)												

La Región de Arica y Parinacota desempeña un rol de abastecedor invernal a nivel nacional, ya que el tomate que se consume en el país entre junio y octubre, proviene en un alto porcentaje de esta región. A fines de noviembre aparecen los primeros tomates de la zona central (regiones Metropolitana, O'Higgins y Del Maule), producción que finaliza a principios de abril, en lo que es considerado como una estacionalidad normal.

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se clasifican en dos grupos: las variedades de crecimiento determinado, cuyos tallos terminan en un ramillete floral que marca el punto donde se termina el crecimiento, y las variedades de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente. Estas últimas son las más utilizadas comercialmente y en las cuales es posible encontrar rendimientos que superan las 200 t/ha bajo condiciones desfavorables, como los cultivos establecidos en laderas de cerros con escasez hídrica y alta concentración de sales, en los valles de Azapa y Llutu en el extremo norte del país.

El uso de cubiertas de protección es una tecnología ampliamente difundida. La malla antiáfido en el norte es un sistema de exclusión de plagas, que mejora a su vez la condición ambiental (microclima) bajo la estructura. El uso de polietileno en la zona centro sur del país es la tecnología que permite salir al mercado de manera anticipada. Otra tecnología es el uso plantas injertadas y cuyos patrones pueden ser tolerantes a sales y/o enfermedades, lo que ha permitido extender los ciclos productivos, logrando encontrar plantas hasta de 24 racimos de calibre extra. Figura 1.3.

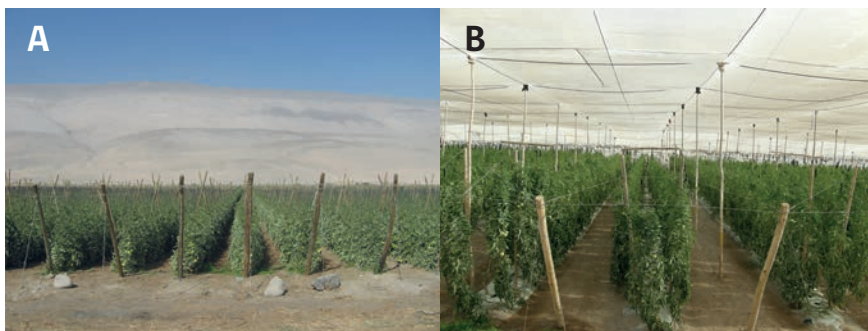


Figura 1.3. Cultivo de tomate en la zona norte. (A) Plantas francas al aire libre. (B) Plantas injertadas bajo malla antiáfido.

1.5. Requerimientos edafoclimáticos

1.5.1. Suelo

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad.

En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Al respecto, es posible encontrar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8, como casos en la Región de Arica y Parinacota, siendo un factor posible de manejar, ya que el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH. Situación similar respecto a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, incluso en suelos enarenados, es el presentar conductividades superiores a 3 dS/m (técnica que reduce evapotranspiración al disminuir el movimiento del agua por capilaridad).

1.5.2. Clima

Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, el tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. Su rusticidad asociada a nuevas variedades permite el cultivo en condiciones adversas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. Por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas templados. Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos

trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color. Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades.

Cuadro 1.3. Temperaturas críticas para el cultivo de tomate.

Se huela la planta		-2°C
Detiene su desarrollo		10-12°C
Desarrollo normal de la planta		18-25°C
Mayor desarrollo de la planta		21-24°C
Germinación óptima		25-30°C
Temperaturas óptimas		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

No obstante, se debe considerar que los valores de temperaturas por sí solos son referenciales, puesto que su interacción con otros factores repercute mayormente. Por ejemplo, la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen.

Respecto de la humedad relativa, el desarrollo del tomate requiere que ésta oscile entre 60 y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas que, además, dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También se vincula al agrietamiento del fruto o "rajado", cuando se presenta un período de estrés hídrico, seguido de un exceso de humedad en el suelo por riego abundante.

La luminosidad en el cultivo de tomate cumple un rol importante, más allá del crecimiento vegetativo de la planta, ya que el tomate requiere de al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer. Estos valores reducidos pueden incidir de forma negativa sobre este proceso y la fecundación. En zonas de alto polvo en suspensión, como es el caso de Arica, en períodos de recambio de cultivo se realizan frecuentes lavados de las cubiertas de los invernaderos, con el objetivo de mejorar la producción y evitar posterior exceso de crecimiento vegetativo. Sin embargo, estudios indican que el fotoperiodo no sería un factor crítico a diferencia de la intensidad de radiación, que si es muy alta se pueden producir golpes de sol, partiduras y coloración irregular, entre otros.

Bibliografía consultada

- El cultivo del tomate. Disponible en: www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm. Consultado, Julio 2016.
- A. Flaño, 2013., Situación del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.
- A. Flaño, 2015, El mercado del tomate para consumo fresco. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Chile.
- González, V.; Sepúlveda, R. y González, M. 2014. Mejoramiento de los sistemas de producción de tomate bajo malla antiáfido. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 293, 70 p.
- Escalona, V.; et al. 2009. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de Chile, Nodo Hortícola VI Región.
- INE. 2008. Instituto Nacional de Estadísticas. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Chile. Disponible en: www.censoagropecuario.cl . Consultado, Julio 2016.
- SQM S.A., Guía de manejo, nutrición vegetal de especialidad Tomate, 2006. Disponible en: http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf. Consultado, Julio 2016.
- FAO. 2003. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf> . Consultado Julio 2016.

CAPÍTULO 2.

NUTRICIÓN Y FERTILIDAD EN TOMATE AL AIRE LIBRE

Juan Pablo Martínez C.

Ing. Agrónomo, Dr.
INIA La Cruz

Luis Salinas P.

Ing. Agrónomo
INIA La Cruz

Fabio Corradini S.

Ing. Agrónomo, Mg.
INIA La Platina

2.1. Introducción

El propósito de cualquier programa de nutrición mineral en tomate es suministrar los elementos o compuestos minerales o iones nutrientes que son absorbidos por la planta en la dosis y momento oportuno, para optimizar su utilización por el cultivo.

El tomate, como cualquier planta, requiere elementos nutritivos imprescindibles o esenciales, que son aquellos que no deben faltar para el funcionamiento fisiológico y el desarrollo completo del ciclo vegetativo. Cabe señalar que los criterios de esencialidad de un elemento nutritivo son:

- La deficiencia del elemento impide a la planta completar su ciclo vegetativo.
- La deficiencia es exclusiva del elemento en cuestión.
- La falta del elemento no puede ser reemplazada por otro.

2.2. Nutrición en tomate

Son 17 los elementos considerados esenciales para el crecimiento y producción de todas las especies cultivadas, incluido el tomate.

Los 3 elementos esenciales con mayor requerimiento por parte de la biomasa de la planta (raíces, tallo, hojas y fruta) son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Estos elementos representan el 90% de la materia seca de la planta. De ellos, el C es suministrado desde la atmósfera, el cual es transformado en carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. El H y el O son proporcionados por el agua.

De los nutrientes minerales esenciales para la planta se distinguen los de mayor requerimiento y se encuentran en más alta proporción en ella, denominados macronutrientes. Entre los macronutrientes se consideran primarios: el nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca); y secundarios: el fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S). Aquellos elementos esenciales requeridos en menor proporción en la planta se denominan micronutrientes. Se consideran como micronutrientes (o elementos minerales traza) los siguientes: zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y, últimamente, pero sin importancia práctica, el níquel (Ni). Este criterio para diferenciar los nutrientes puede llevar a confusiones, ya que, en casos de extremos de déficit de un micronutriente, puede adquirir más relevancia que un macronutriente.

La necesidad de agregar vía fertilización alguno de los 17 elementos minerales esenciales surge de si el balance entre lo que la planta requiere y lo que el suelo suministra es insuficiente. Este déficit nutricional se acentúa en casos en que el nutriente es poco móvil y no logra llegar al sitio estratégico de acción, tales como hojas, flores o frutos cuajados. En uno u otro caso será necesario reponer la diferencia vía fertilización al suelo o foliar. Cabe señalar que los suelos del área plantada con tomates en la Región de Valparaíso son de buena fertilidad, pero sólo existen algunos problemas con la disponibilidad de micronutrientes como Zn, B y Fe. En cuanto a los suelos del norte de Chile existen limitaciones por exceso de sales, principalmente boro (B).

Se recomienda hacer análisis químico del agua y del suelo. Esto es importante en el programa nutricional, ya que determina la capacidad de suministro de nutrientes hacia la planta. Con la adecuada interpretación de estos análisis, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente, por tanto, se considera un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo. Cabe destacar que los períodos de mayor consumo nutricional y una mayor acumulación de biomasa en la planta se asocian con una extracción superior de nutrientes. En este sentido, con el inicio del cuajado y crecimiento de los frutos comienza a aumentar las necesidades de nutrientes de la planta y, en consecuencia, cualquier déficit de algún elemento repercutirá de manera negativa en el crecimiento y rendimiento del tomate.

En las primeras etapas de crecimiento de la planta de tomate, las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan en la planta. En las etapas finales del cultivo, los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto.

Es importante destacar que expertos que han estudiado las extracciones de nutrientes en plantas injertadas, entre los datos obtenidos indican que los cultivos incompatibles tienen menor rendimiento con respecto a una planta franca, produciendo un marchitamiento en las hojas, debido a un déficit hídrico

producido por la baja conductividad hidráulica del xilema. En caso contrario, cuando existe compatibilidad, las plantas injertadas presentaron mayor vigor, lo que se refleja en un incremento de 9% en acumulación de materia seca y en una mayor acumulación de todos los macronutrientes, excepto para magnesio.

La principal finalidad del injerto en tomate es obtener tolerancia a patógenos del suelo, pero se ha ampliado el objetivo de esta práctica a la obtención de mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral en la parte aérea, al incremento en el vigor de la planta y a la vida de postcosecha de la fruta. Por esto, debe ser riguroso en la nutrición del cultivo, ya que la planta no permite exceso de fertilizante al ser más eficiente en la extracción del nutriente.

También se debe destacar el uso simultáneo de portainjerto y variedades vigorosas. Esto tiende a reducir el rendimiento comercial cuando el cultivo no se maneja en forma adecuada; punto importante al momento de la elección del portainjerto. Es poco frecuente que el criterio de selección de un portainjerto sea por la eficiencia para la extracción de nutrimentos. Casi siempre se selecciona por tolerancia a los estreses bióticos y abióticos (causados por el medioambiente). Por tanto, conocer el comportamiento nutricional que tienen las variedades al ser injertadas, ayuda para la elaboración de un programa de fertilización óptimo, para mejorar la calidad del fruto, evitar un crecimiento excesivo de la planta y ser más eficiente en el aporte nutricional.

El Cuadro 2.1, muestra los contenidos promedios de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja, tallo y raíz de plantas francas e injertadas. Se observa que existe mayor contenido de N y K en las plantas injertadas en relación a las plantas francas.

Cuadro 2.1. Contenidos promedio de N, P, K, Mg y Ca en fruto, hoja tallo y raíz de tomate comercial franco e injertado cultivado bajo condiciones hidropónicas.

Tomate		Órgano			
Macroelemento	Tipo de planta	Fruto	Hoja	Tallo	Raíz
N (%)	Franca	2,57 ± 0,08	3,46 ± 0,22	2,61 ± 0,11	4,10 ± 0,10
	Injertada	2,86 ± 0,06	3,74 ± 0,20	2,65 ± 0,10	3,70 ± 0,14
P (%)	Franca	0,30 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,59 ± 0,06
	Injertada	0,32 ± 0,02	0,37 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,48 ± 0,05
K (%)	Franca	3,22 ± 0,09	2,84 ± 0,21	3,33 ± 0,32	2,90 ± 0,37
	Injertada	3,63 ± 0,14	3,08 ± 0,24	3,93 ± 0,38	2,56 ± 0,26
Mg (%)	Franca	0,10 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,20 ± 0,01	0,64 ± 0,04
	Injertada	0,13 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,71 ± 0,49	0,65 ± 0,03
Ca (%)	Franca	0,10 ± 0,01	4,46 ± 0,22	1,51 ± 0,04	1,75 ± 0,13
	Injertada	0,14 ± 0,01	4,82 ± 0,22	1,61 ± 0,04	2,01 ± 0,16

INIA La Cruz (2016).

2.3. Fertilización del tomate

La estrategia recomendada para el cálculo de fertilización del tomate se basa fundamentalmente en conocer la extracción de nutrientes por parte de la fruta y lo requerido para el crecimiento de la biomasa vegetativa aérea.

Un adecuado programa de manejo nutricional sólo se puede hacer cuando existe una comprensión clara del rol de todos los nutrientes. En consecuencia, por estar el crecimiento de los cultivos estrechamente vinculado a una adecuada nutrición mineral, el conocimiento de la extracción que realiza la planta de estos elementos en el suelo, se convierte en información básica para el diseño y planificación de la fertilización de los cultivos.

El uso de portainjertos en tomate implica un sistema de raíces más vigoroso y activo que tenga la capacidad de absorber una mayor cantidad de nutrientes (nitrógeno), por tanto, los niveles descritos para una planta franca (Cuadro 2.2), deberían ser distintos a los encontrados en una planta injertada.

Cuadro 2.2. Requerimiento de nutrientes de plantas de tomate franco por tonelada de fruta producida.

Nutriente	kg de nutriente / t de fruta
N	2,6
P	0,5
K	3,9
Ca	1,6
Mg	0,4

En términos de extracción mineral se determinó que los coeficientes de extracción de nutrientes (kg/t) del tomate fueron: 3,0; 1,0; 5,0; 2,5 y 1,0 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

2.3.1. Fertilización nitrogenada

- Dosis de nitrógeno. En tomate al aire libre, para cualquier rendimiento, se ha calculado que la necesidad de N es de 2,6 kg N/t de fruta. Este valor incluye la biomasa vegetativa (tallos, hojas). Los cálculos están basados en el llamado Modelo de Stanford, ampliamente aplicado y con éxito en los rubros dados en Chile. En términos simples, la dosis viene dada por:

$$\text{DOSIS} = (\text{extracción del cultivo} - \text{aporte del suelo}) / \text{eficiencia nitrógeno}$$

Entonces el cálculo de dosis se realiza de la siguiente manera, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Requerimiento neto nitrógeno para 160 t: $2,6 \text{ kg N/t} \times 160 \text{ t} = \mathbf{416 \text{ kg/ha}}$.
- b) Aporte suelo estimado = **56 kg/ha**.
Este valor proviene del aporte por parte del suelo, entregado por el análisis de suelo (por ejemplo 28 ppm de N mineral). Para estimar el aporte del contenido de N en ppm se multiplica por un factor 2 (28 ppm x 2). Este factor resulta de la transformación del contenido en ppm considerando 1 ha, la cual pesa alrededor de 2.000 t, el suelo contiene 56 kg. En suelos normales el aporte es mucho menor (alrededor de 30-50 kg N/ha).
- c) Saldo a cubrir: requerimiento cultivo - aporte del suelo = $312 \text{ kg/ha} - 56 \text{ kg/ha} = \mathbf{360 \text{ kg/ha}}$.
- d) Dosis N a aplicar: saldo a cubrir / eficiencia recuperación: $360/0,75 = \mathbf{480 \text{ kg N/ha}}$.

El 75% corresponde a la aplicación del fertilizante nitrogenado a través de riego por goteo.

De acuerdo al nivel productivo se pueden estimar dosis de N (kg/ha) aproximadas que debería aplicar (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Requerimiento neto y dosis de nitrógeno (referencia, kg/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate emparronado (t/ha).

Rendimiento(t/ha)	Requerimiento neto N (kg/ha)	Dosis de N (kg/ha)
120	312	341
160	416	480
200	520	618
240	624	757

Estos cálculos son referenciales y pueden modificarse, de acuerdo principalmente al tipo de suelo donde se realizará la aplicación, ya que, en el caso de los aportes de suelos, se pueden presentar valores altos, intermedios o bajos, por tanto, se va a modificar el requerimiento. Además, se consideró una eficiencia de recuperación de nitrógeno del 75%.

2.3.1.1. Épocas de aplicación del nitrógeno

El ciclo de cultivo del tomate tiene una duración de alrededor de 90 días desde el momento del trasplante hasta el final de la cosecha. Este período se compone de cuatro etapas, sincronizadas con las distintas etapas fenológicas del cultivo, las cuales son:

- 0 - 32 DDT ▶ Trasplante, establecimiento y desarrollo.
- 32 - 48 DDT ▶ Iniciación floral a formación de fruto.
- 48 - 76 DDT ▶ Formación de fruto a inicio de cosecha.
- 76 - 90 DDT ▶ Inicio a fin de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación de N (estimada en 480 kg de N/ha) en la temporada, calculado para una producción de 160 t/ha, considerando un 15% fertilización de base (72 kg N/ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes que se muestran en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Parcialización de la aplicación de la dosis de referencia en la temporada.

Período de aplicación	% de la dosis de referencia	kg N /ha
1. 0-32 DDT	14	67
2. 32-48 DDT	34	163
3. 48-76 DDT	29	139
4. 76-90 DDT	8	39

2.3.2. Fertilización fosfatada

La fertilización con fósforo (P) se utiliza con el objetivo principal de aumentar el desarrollo radicular, así como también para todas las funciones a nivel fisiológico de la planta de tomate.

Este mineral se encuentra de manera abundante en gran parte de los suelos de la zona en donde se cultiva tomate. Sin embargo, es un mineral de baja movilidad en el suelo y ocasionalmente aparecen niveles deficitarios de P en tomate. Es por ello que se deben realizar aplicaciones de fósforo lo más cerca posible al sistema radicular.

2.3.2.1. Dosis de fósforo

El requerimiento neto de fósforo (P) para un cultivo de tomate se estima multiplicando el coeficiente de extracción P (0,5 kg P/t) por las toneladas de fruta producida.

a) Requerimiento neto de P para 160 t/ha: $160 \text{ t/ha} \times 0,5 \text{ kg P/t} = \mathbf{80 \text{ kg P/ha}}$.

b) Aporte suelo estimado = **16 kg/ha** (análisis de suelo indicó 32 ppm de P-Olsen, nivel medio). Este valor se obtiene dividiendo las ppm de P-Olsen por 2 (factor de conversión).

- c) Saldo a cubrir: requerimiento cultivo - aporte suelo= 80 kg P/ha - 16 kg/ha = **64 kg P/ha.**
- d) Dosis de P a aplicar= Saldo a cubrir/ eficiencia recuperación = 64 kg P /0,33= **194 kg de P/ha.**
- e) Conversión a P₂O₅: dosis P x factor conversión = 194 kg de P/ha x 2,3 = **446 kg P₂O₅/ha.**

En el Cuadro 2.5, se muestra el requerimiento neto de P y dosis de fósforo (kg/ha) para distintos niveles productivos en tomate al aire libre.

Cuadro 2.5. Requerimiento neto y dosis de fósforo (P, P₂O₅) (kg/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate al aire libre (t/ha).

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto P (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)
120	60	133	306
160	80	193	444
200	100	254	584
240	120	315	725

Estos cálculos son referenciales, ya que varían según la cantidad de ppm de P-Olsen que indique el análisis de suelo, con lo cual se modificaría el aporte del suelo.

En cuanto a las fuentes de fósforo se recomienda los fosfatos monoamónicos (MAP) y el ácido fosfórico, dado que estas formas son las más eficientes. Estos fertilizantes presentan una mayor movilidad en la zona radicular.

Es recomendable informarse sobre qué fuente de P es la que incluyen los fertilizantes que se aplicarán; si son en base a fosfato diamónico el P es de muy baja eficiencia en suelos neutros y alcalinos.

2.3.2.2. Épocas de aplicación del fósforo

Dentro del ciclo de cultivo del tomate, el fósforo se aplica con una distribución parcializada dentro de las primeras tres etapas del cultivo, que va desde el momento del trasplante hasta el inicio de la cosecha.

- 0 - 32 DDT ▶ Trasplante, establecimiento y desarrollo.
- 32 - 48 DDT ▶ Iniciación floral a formación de fruto.
- 48 - 76 DDT ▶ Formación de fruto a inicio de cosecha.

Se recomienda parcializar la aplicación del P (estimada en 444 kg de P_2O_5 /ha) de la siguiente manera, en la temporada calculado para una productividad de 160 t/ha, considerando un 33% fertilización de base (147 kg P_2O_5 /ha) y el resto durante el cultivo, en los porcentajes del Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Período, porcentaje (%) de la aplicación y kg de P_2O_5 /ha a suministrar en la temporada.

Período aplicación días después del trasplante (DDT)	% de la dosis de referencia	kg P_2O_5 /ha
1. 0 - 32 DDT	25	111
2. 32 - 48 DDT	21	93
3. 48 - 76 DDT	21	93

2.3.3. Fertilización potásica

El coeficiente de extracción de potasio (K) por parte de la planta es la más alta de todos los nutrientes, con un valor 3,9 kg de K/t de fruta producida.

Cabe señalar que el K se considera como el catión más importante, regulando el turgor dentro de la planta. Sin embargo, es antagonista del Ca con respecto a movilidad a la fruta, por lo cual se debe aplicar correctamente, ya que un exceso de potasio en la fertilización afectaría negativamente en los contenidos de Ca en la fruta, produciendo problemas en postcosecha.

2.3.3.1. Dosis de potasio

- El coeficiente de extracción de K (fruta + biomasa vegetativa) es de 3,9 kg/t.
- Requerimiento neto de K para 160 t/ha = $160 \text{ t} \times 3,9 \text{ kg/t} = \mathbf{624 \text{ kg de K/ha}}$.
- Aporte suelo estimado = **225 kg K/ha** (análisis de suelo indicó 225 ppm de K disponible = alto).
- Saldo a cubrir = requerimiento neto de K - aporte suelo = $624 \text{ kg K/ha} - 225 \text{ kg/ha} = \mathbf{399 \text{ kg K/ha}}$.
- Dosis de K a aplicar = saldo a cubrir/eficiencia recuperación = $399 \text{ kg/ha}/0,80 = \mathbf{499 \text{ kg K/ha}}$.

Conversión a K_2O : dosis K x factor conversión = $499 \text{ kg K/ha} \times 1,2 = \mathbf{599 \text{ kg de } K_2O /ha}$.

Cuadro 2.7. Requerimiento neto y dosis de potasio (K) (kg K₂O/ha) para cuatro rendimientos potenciales de tomate emparronado (t/ha).

Rendimiento (t/ha)	Requerimiento neto K (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha)	Dosis de K ₂ O (kg/ha)
120	468	304	365
160	624	499	599
200	780	694	833
240	936	889	1.067

2.3.3.2. Épocas de aplicación del potasio

El potasio por su importancia en la regulación hídrica dentro de la planta está presente en todo su ciclo productivo, concentrando las aplicaciones en el período de mayor demanda de la fruta, que es desde inicio de cuaja hasta inicio de cosecha.

En cuanto a fuentes se recomienda utilizar el nitrato de potasio (KNO₃) y el sulfato de potasio (K₂SO₄).

Se sugiere parcializar la aplicación del potasio (K) estimada en 599 kg de K₂O / ha en la temporada, calculado para una producción de 160 t/ha, de acuerdo a los porcentajes indicados en el Cuadro 2.8.

Cuadro 2.8. Parcialización de la aplicación de K en la temporada.

Período de aplicación	% de la aplicación	kg N /ha
1. 0-32 DDT	12	72
2. 32-48 DDT	37	222
3. 48-76 DDT	36	215
4. 76-90 DDT	15	90

Bibliografía consultada

- Betancourt, P. y Pierre, F. 2013. Extracción de micronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanumly copersicum* L. var. ALBA) en la casa de cultivo en Quibor, Estado Lara. 25(3):181-188.
- Godoy, H.; Castellanos, J.; Alcántara, G.; Sandoval, M. y Muñoz, J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrientes. Tierra Latinoamericana 27:1-9.

- Hernández, M.; Chailloux, M.; Moreno, V.; Mojena, B. y Salgado J. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 4: 71-78.
- Lee, J. 2003. Advances in vegetable grafting. *Chronica Horticulturae* 43: 13-19.
- Lee, S. 2007. Production of high quality vegetable seedlings grafts. *Chronica Horticulturae* 759: 169-174.
- Oda, M. 2007. Vegetable seedling grafting in Japan. *Acta Horticulturae* 759:180.
- Marschner, P. 2012. Marschner`s mineral nutrition of higher plants. Marschner P. (ed.). Third edition. Academic Press. London, UK. Waltham and San Diego, USA. 645 Rincón, S.L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *Phytoma* 135: 34-46.
- Rivero, R. M.; Ruiz, J. M. y Romero, L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food Agriculture and Enviroment* 1: 70-74.
- Ruiz, R. 2006. Manejo del suelo y nutrición en suelos con problemas de aireación. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina. 27-28 de septiembre de 2006. 20 p.
- Sepúlveda, F.; Rojas C.; Carrasco, J., y Morales A. 2012. Metodología en la toma de muestra de suelo y su importancia. Informativo INIA Ururi N° 58:1-4.
- Tjalling, H. 2006. Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. SQM. 84 pp.
- Villasana, J. 2010. Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León. Para obtener el Título de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad autónoma de Nuevo León. 1-68 pp.

CAPÍTULO 3.

ENFERMEDADES EN TOMATE AL AIRE LIBRE

Paulina Sepúlveda R.

Ing. Agrónomo, M. Sc.

3.1. Introducción

Para que ocurra una enfermedad es necesario que existan en forma simultánea tres factores fundamentales: un hospedero susceptible, un medio ambiente favorable y un agente causal. Si alguno de estos factores no está presente, no ocurrirá la enfermedad.

Entre los agentes causales es posible encontrar hongos, bacterias, virus y nemátodos, los que pueden provocar pérdidas importantes en el rendimiento, como también en la calidad comercial de los tomates. Estos agentes pueden afectar a las plantas en diferentes estados de desarrollo y disminuir su vida útil. Dependiendo de la incidencia y severidad de los problemas fitopatológicos, pueden transformarse en factores limitantes para la producción, provocando pérdidas económicas a los productores de tomate.

Cada enfermedad produce síntomas que en algunos casos son fáciles de reconocer; pero pueden ser confundidos con daños provocados, por ejemplo, con deficiencias nutricionales. Por ello, el correcto diagnóstico del problema es fundamental para tomar las medidas de control en forma certera y oportuna.

El cultivo de tomate al aire libre es afectado por una serie de enfermedades que merman la producción. La incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de la planta y el medioambiente.

Este capítulo constituye una ayuda a técnicos y profesionales, como también a productores, para realizar correctamente la identificación de las enfermedades más frecuentes que ocurren en el cultivo de tomate al aire libre y así elegir el método de control más adecuado.

Las enfermedades que afectan al cultivo del tomate al aire libre deben ser manejadas para minimizar los efectos nocivos que éstas tienen sobre las plantas, evitando una contaminación del medioambiente con fungicidas químicos disponibles y minimizando los costos de control, de manera de no afectar la

productividad del cultivo. La mejor manera es utilizando el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), el cual se basa en las siguientes premisas:

- **Mantener un nivel aceptable de la enfermedad.** Esto significa que, en general, la enfermedad no debe eliminarse, sino mantenerla en un nivel que no produzca daño económico. Estos umbrales de infección deben ser fijados para cada enfermedad y para cada plantación.
- **Utilizar prácticas culturales preventivas y genéticas.** Esto incluye la selección de variedades resistentes cuando estén disponibles, el uso de plantas injertadas en patrones resistentes a las enfermedades más comunes de un lugar y el uso de prácticas de manejo (riego, fertilización, control de malezas, eliminación de restos del cultivo dañado, entre otras) que minimicen las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades.
- **Monitoreo permanente de la presencia de enfermedades.** El manejo de las enfermedades debe basarse en un diagnóstico certero, para lo cual es imprescindible conocer los agentes que están afectando a las plantas. Se debe ser capaz de reconocer los síntomas que el problema produce e identificar el agente causal. Identificado el agente causal, éste debe someterse a un monitoreo sistemático para determinar su incidencia (porcentaje de plantas afectadas por la enfermedad) y severidad (expresado como la intensidad del daño en cada planta) en el campo a lo largo de la temporada.

Junto con registrar el comportamiento de las enfermedades, hay que llevar un registro del clima (temperatura y humedad) para estimar cuándo se producirán los daños de la enfermedad.

- **Control mecánico.** Los métodos mecánicos de control deberán ser considerados. Esto incluye la eliminación de las fuentes de inóculo para interrumpir la reproducción de las enfermedades. El laboreo mecánico para el control de malezas es a menudo una fuente importante de inóculo para muchas enfermedades.
- **Control químico.** Los controles químicos deben usarse sólo cuando sea necesario y, con frecuencia, sólo en momentos específicos del ciclo de una determinada enfermedad. Debe privilegiarse el uso de agroquímicos específicos y/o biológicos de bajo impacto al medioambiente, por sobre los de amplio espectro de acción. Estos últimos deben utilizarse en las dosis mínimas recomendadas por el fabricante, respetando las precauciones que se indican en la etiqueta en cuanto a los períodos de carencia, al efecto residual del producto, la disposición de los envases y la protección de las

personas que aplican los agroquímicos. Deben utilizarse productos que estén autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el cultivo.

- **Evaluar permanentemente los resultados de las estrategias de control empleadas.** Es muy importante evaluar en forma sistemática los resultados de los programas de control para corregir y mejorar los métodos y optimizar los resultados.

Junto con la utilización del MIPE es recomendable el uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que son las acciones involucradas en la producción, almacenamiento, procesamiento y transporte de productos de origen agropecuario, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y el bienestar laboral. Ellas incluyen el manejo de suelo, del agua, de los fertilizantes y de los productos fitosanitarios, durante el cultivo, la cosecha, el empaque, el transporte y el almacenado del producto.

Las BPA también norman la higiene en el predio, los servicios básicos para el personal, el respeto a la legislación laboral, el manejo de los residuos líquidos y sólidos del predio y el mantenimiento de registros.

3.2. Principales enfermedades que afectan al tomate al aire libre

3.2.1. Pudrición gris

La Pudrición gris es una enfermedad causada por el hongo *Botrytis cinerea* (Teleomorfo = *Botryotinia fuckeliana*) y es capaz de infectar a las plantas de tomate (*Solanum lycopersicon*) en cualquier estado de desarrollo del cultivo, es decir, desde almaciguera a cosecha. El patógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas cercanas a los 20°C

3.2.1.1. Síntomas

Los síntomas se pueden manifestar en pecíolos, tallos, hojas y frutos, dañados o senescentes. Estas lesiones acuosas aparecen en los tallos (Figura 3.1).



Figura 3.1. (Izquierda) Pudrición del tallo. (Derecha) Micelio gris con abundante esporulación.

Luego aparecen lesiones cancrosas y necróticas de color café claro, las que pueden estrangular el tallo parcial o totalmente (Figura 3.2).



Figura 3.2. Lesiones cancrosas de *Botrytis cinerea*.

Las lesiones necróticas rodeadas por un halo clorótico, a menudo con forma de "V" aparecen en los folíolos (Figura 3.3). En flores se produce necrosis, escasa cuaja y desarrollo de una pudrición acuosa en frutos inmaduros. En frutos maduros aparecen pequeñas lesiones amarillas, necróticas y esféricas conocidas

como manchas fantasmas, con un diámetro de entre 3 y 10 mm. Se presenta un moho aterciopelado grisáceo sobre los tejidos parasitados (Figura 3.4).



Figura 3.3. Mancha en V típica de daño por *B. cinerea*.



Figura 3.4. Frutos con pudrición y abundante esporulación.

El hongo comúnmente esporula observándose la presencia de varios conidióforos, los cuales producen innumerables conidias (Figura 3.5).



Figura 3.5. Conidióforo y conidias de *Botrytis cinerea*.

3.2.1.2. Diseminación

Las conidias son transportadas por el viento y, posiblemente, por efecto del salpicado producido por las lluvias o riego por aspersión.

3.2.1.3. Sobrevivencia

Botrytis cinerea sobrevive como saprofito en restos de cultivos y como esclerocio en el suelo.

3.2.1.4. Control

- Reducir la humedad en los cultivos. Evitar o reducir el riego por aspersión cuando sea usado este tipo de irrigación.
- Ventilación adecuada. Deshoje y desbrote del cultivo. Aumentar la distancia entre surcos.

- Eliminar los órganos enfermos tan pronto como éstos aparezcan.
- Reducir fertilización nitrogenada.

3.2.2. Tizón temprano, mancha negra de la hoja

3.2.2.1. Síntomas

El tizón temprano causado por *Alternaria solani* ataca la parte aérea de la planta del tomate en todos sus estados de crecimiento y desarrollo, siendo las hojas maduras las que presentan una mayor incidencia de la enfermedad.

Los síntomas se caracterizan por lesiones circulares de color café a negro en hojas maduras (Figura 3.6). Estas lesiones pueden estar rodeadas de un halo clorótico. El diámetro de estas lesiones circulares varía entre 8 y 10 mm y pueden alcanzar varios centímetros cuando las condiciones climáticas son favorables y/o cuando se fusionan con otras lesiones, comprometiendo gran parte de la planta y adquiriendo un aspecto de tizón o quemado.

Las lesiones similares pueden observarse en tallos, pecíolos y pedúnculos. En infecciones severas, las plantas comienzan a defoliar y los frutos quedan expuestos a daños por el sol.



Figura 3.6. Manchas anilladas de color café en hojas.

También puede atacar flores, produciendo su caída, y frutos pequeños. En frutos cercanos a la madurez produce lesiones hendidas, firmes, de color café oscuro o verde oliváceo. Las lesiones en tallos pueden provocar estrangulamiento parcial o total de la planta.

3.2.2.2. Diseminación

La enfermedad puede ser diseminada por semillas contaminadas o al comercializar almácigos infectados. Las conidias pueden ser transportadas por el viento, agua de lluvias y riego por aspersión.

3.2.2.3. Sobrevivencia

Alternaria solani produce estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, las cuales son capaces de sobrevivir por varios años en el suelo. También puede sobrevivir como micelio, conidias y clamidosporas en la superficie de semillas de tomate, en restos de plantas, malezas y otros hospederos solanáceos como berenjena, pimiento y papa.

3.2.2.4. Control

Monitorear permanentemente el cultivo para determinar incidencia de la enfermedad y tomar medidas de control.

a) Control cultural

- Rotar cultivos, incluyendo especies no susceptibles.
- Eliminar restos de cultivo enfermos mediante aradura profunda.
- Utilizar plantas sanas provenientes de semilla certificada, libre de la enfermedad y desinfectada.
- Utilizar cultivares resistentes.

b) Control químico

- Se sugiere el uso de fungicidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de la enfermedad y cultivo correspondiente (Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Tebuconazol, etcétera).

3.2.3. Oídio, peste cenicilla, moho polvoriento

3.2.3.1. Síntomas

El agente causal del Oídio está identificado como *Leveillula taurica* (anamorfo: *Oidiopsis taurica*), *Oidium neolycopersici*, *O. lycopersici*. Los síntomas de esta enfermedad se pueden apreciar en toda la parte vegetativa de la planta y se caracteriza por presentar manchas irregulares de color verde amarillentas, parcialmente necrosadas en las hojas.

Las manchas se cubren con micelio de color blanquecino que puede extenderse por ambas caras de las hojas, como también tallos y peciolas (Figura 3.7). Cuando hay ataques severos en la planta, el hongo la cubre completamente, causando defoliación y necrosis.



Figura 3.7. Micelio color blanquecino, manchas pulverulentas. (Izquierda) En hojas. (Derecha) En tallos.

En ataques severos de la enfermedad el tejido foliar se marchita, hay reducción del crecimiento y pérdida de rendimiento cuando los frutos son expuestos al sol (Figura 3.8).



Figura 3.8. Planta severamente afectada por oídio, deshidratación de hojas.

3.2.3.2. Diseminación

Las conidias del hongo son diseminadas por el viento.

3.2.3.3. Sobrevivencia

Las especies causantes de oídio son parásitos obligados y sobreviven en restos de tomate y hospederos alternos.

3.2.3.4. Control

Monitorear permanentemente para establecer en forma oportuna las medidas de control

a) Control cultural

- Eliminar restos de tomate y malezas enfermos tan pronto como termine la temporada de cosecha.
- Mantener los cultivos lo más ventilados posible.
- Controlar las plantas voluntarias y malezas hospederas.
- Usar variedades con mayor resistencia
-

Bibliografía consultada

Latorre, B. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. 638 p. Sexta edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile.

Bruna, A. 2005. Enfermedades del tomate. En: Escaff, M. et al. El cultivo de tomate en invernadero. Boletín INIA, 128, 79 p.

Estay, P. y Bruna, A. 2002. Insectos y ácaros asociados al tomate en Chile. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Serie Libros INIA N°7. 111 p.