

El Efecto de la Temperatura Media Diaria y la Humedad Relativa con relación al Polen, el Cuaje de los Frutos y el Rendimiento del Tomate en Cultivos Comerciales Protegidos

Danny Harel ^{1*}, Hadar Fadida ¹, Slepoy Alik ¹, Shelly Gantz ² y Kobi Shilo ³

1. Centro I&D del Neguev, MP.O Neguev 8544100, Israel

2. Servicio de Extensión del Departamento de Horticultura – Ministerio de Agricultura – Bet-Dagan 5020000, Israel

3. NaanDanJain Irrigation Company, Naan 7682900, Israel;

Resumen: El ensayo de investigación fue realizado en la región del Mediterráneo en donde las altas temperaturas de verano han probado tener un efecto perjudicial en el delicado proceso de cuaje de los frutos del tomate. El proceso, desde la floración al cuaje de los frutos, fue monitoreado en forma simultánea en refugios con y sin nebulización durante los tres meses de la temporada de verano mediterráneo.

Las comparaciones de la calidad del polen, las tasas de cuaje de frutos y el rendimiento de los frutos revelaron que las temperaturas medias diarias entre 25 y 26°C son el límite superior para un adecuado cuaje y rendimiento de los frutos para tomates crecidos en forma protegida durante el cálido período de verano mediterráneo. Una reducción moderada de 1 – 1,5°C en las temperaturas medias diarias conjuntamente con un aumento de la humedad relativa (HR) del 50% al 70% durante el día mejoró la viabilidad de los granos de polen.

I. Introducción

La temperatura media diaria juega un rol importante con relación al adecuado desarrollo de la antera y el polen y su función en las flores del tomate (*Solanum lycopersicum*). Diversos estudios que probaron la relación entre las temperaturas medias diarias y la etapa reproductiva de las plantas de tomate, hallaron que a temperaturas medias diarias de 29°C, el número de frutos, el porcentaje de cuaje de frutos y el peso de los frutos por planta disminuía en comparación con aquellos que estaban a 25°C. Esta reducción en el rendimiento se debe principalmente a problemas de desarrollo del polen y de la antera y a la reducida viabilidad del polen. La sensibilidad de la etapa reproductiva de la flor por encima de la temperatura óptima del aire puede provocar una reducción en el porcentaje de cuaje de los frutos y por lo tanto una reducción en el rendimiento de los frutos durante el crecimiento comercial del tomate. Otro factor climático que podría influir en la viabilidad del polen es la humedad relativa del aire. Los granos de polen de diferentes especies mostraron reacciones diversas a los cambios en la humedad relativa. La humedad relativa en el rango de 50% - 70% se considera generalmente óptima para la polinización del tomate. Los ensayos realizados sobre la calidad del polen del tomate y el cuaje de los frutos a diferentes niveles de humedad del aire llegaron a la conclusión de que un aumento de la humedad relativa (60%-70% de HR) mejora el polen y la fertilización en comparación con una HR de 30%-40%. No obstante, el aumento de la humedad a un porcentaje del 90% puede aumentar la susceptibilidad del polen al estrés por calor. La mayoría de los datos con relación a la respuesta de la fertilización y el rendimiento del tomate al estrés de calor y a las diferentes tasas de humedad, provinieron de ensayos

realizados en ambientes controlados y cámaras de crecimiento llevados a cabo en períodos relativamente cortos de tiempo. En muchos casos el tomate se planta con la modalidad de cultivo protegido en las regiones en donde el verano es cálido y árido. Una insuficiente ventilación dentro de los refugios durante el verano lleva a una temperatura del aire superior a la óptima y a un continuo y moderado estrés de calor. Estas condiciones dañan el proceso de fertilización que conduce a una reducción del rendimiento de los frutos y de las ganancias de los agricultores.

Una forma de tratar con las condiciones subóptimas durante el crecimiento comercial es utilizar un sistema de nebulización económico y de baja presión en los refugios durante la temporada cálida. La utilización de los nebulizadores de baja presión durante el crecimiento del tomate bajo condiciones subóptimas (altas temperaturas), tuvo éxito en reducir la temperatura media diaria del aire en 1 – 1,5°C, lo que dio como resultado una mejora en la viabilidad del polen y en la tasa de cuaje de los frutos.

Sin embargo, la información es todavía limitada en lo referente al funcionamiento eficaz de estos sistemas bajo condiciones comerciales.

En este estudio utilizamos un sistema de nebulización de baja presión durante el crecimiento comercial del tomate a lo largo de los veranos de 2012-2013 con el objetivo de evaluar su influencia en la fertilización y en el rendimiento en comparación con un tratamiento sin nebulizadores. Los datos recolectados de este ensayo de campo bianual fueron analizados en relación con los resultados descritos en la literatura respecto a ensayos llevados a cabo en ambientes controlados.

2. Resultados y Discusión

2.1. Temperatura Media Diaria del Aire y Humedad Relativa

Las temperaturas medias diarias del aire fueron graficadas en el eje de tiempo abarcando un período de 24 horas en ambos tratamientos (con nebulización y sin nebulización) y se presentan en el Gráfico 1. Cada figura representa los valores medios de un mes durante los veranos de 2012 y 2013: (a) Junio (c) Agosto. La comparación de las temperaturas durante el día en ambos tratamientos muestra una reducción de 2 – 4 °C obtenida con el sistema de nebulización durante el período de medición. Las temperaturas nocturnas fueron idénticas a lo largo de todo el período en ambos tratamientos.

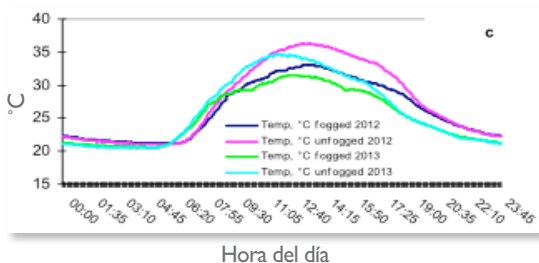
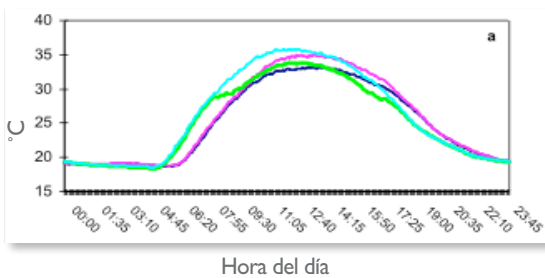
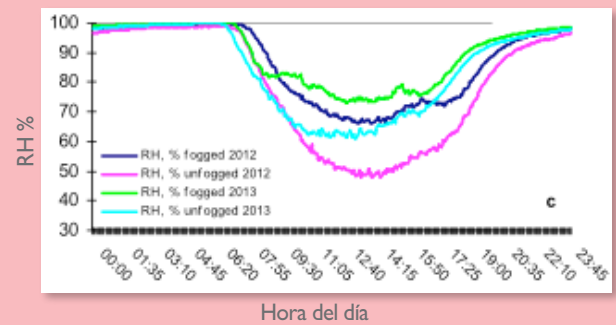


Figure 2 shows the mean daily air relative humidity plotted along a 24 h period axis in both treatments-fogged and unfogged in the years 2012 and 2013:

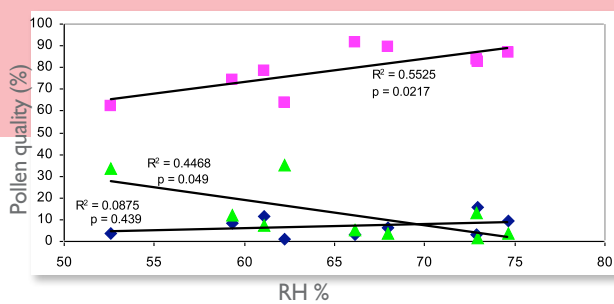


2.2. Calidad del Polen en Relación con las Temperaturas Medias Diarias y la Humedad Relativa (HR)

Bajo condiciones de enfriamiento con nebulización la viabilidad aumentó en forma significativa en comparación con las parcelas sin nebulización. En la mayoría de los casos el porcentaje de germinación del polen no se vio afectado por el tratamiento de nebulización.



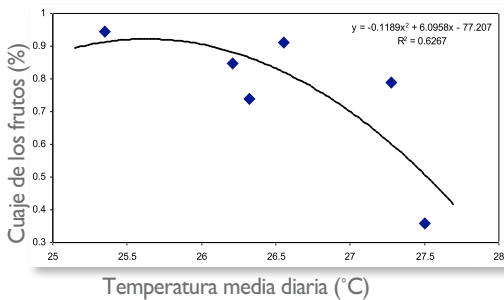
Gráfico 3. Correlación entre la germinación del polen (diamantes azules), la viabilidad del polen (cuadrados rosas), el polen no viable (triángulos verdes) y la humedad relativa mínima durante las horas del día dentro de la casa de sombras. Se presentan en el gráfico los resultados del análisis estadístico (prueba F) y el coeficiente de regresión de la ecuación de regresión de primer orden para cada conjunto de datos.



2.3. Cuaje de los Frutos y Rendimiento de los Frutos con Relación a la Temperatura Media Diaria del Aire

El gráfico 4 muestra el porcentaje de flores que se convirtieron en frutos. Los datos presentados en este gráfico son los datos del cuaje de frutos y de temperaturas medias diarias que fueron recolectados para ambos tratamientos durante las temporadas de crecimiento de 2012 y 2013 y fueron combinados en un solo conjunto continuo de datos.

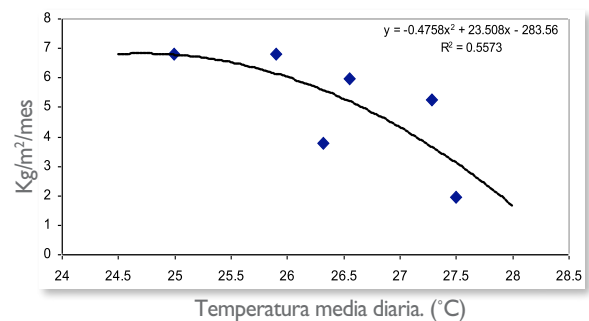
Gráfico 4. Relación entre la temperatura media diaria del aire y el porcentaje de cuaje de frutos.



El cuaje de frutos se da en un pico >90% a 25°C. A 26°C la tasa de cuaje de frutos se encuentra entre 70% y 90% pero a 27,5°C la tasa de cuaje de frutos cae al 50%. Esto sugeriría que las temperaturas de 2,5°C por encima de la temperatura media diaria reducen la capacidad de la planta de alcanzar su cuaje de fruto potencial hasta en un 40%.

El Gráfico 5 muestra la cantidad de frutos como el número de kilogramos que fueron recogidos por metro cuadrado por mes. Tal como en el gráfico anterior los datos presentados en el Gráfico 5 están compuestos por datos recolectados en ambos tratamientos durante las temporadas de crecimiento de 2012 y 2013. Cada punto representa el rendimiento total de flores que fueron polinizadas durante los meses de julio y agosto de 2012 y 2013, con ambos tratamientos – con nebulización y sin nebulización. Este número fue graficado contra el promedio diario de temperatura de los meses de verano cuando tiene lugar la polinización, a los efectos de evaluar cómo afecta al rendimiento de ese período. A 25°C el rendimiento del tomate tiene su pico de 7 kg/m²/mes y permanece en ese valor hasta que las temperaturas superan el valor de 26,5°C en que el rendimiento cae a 5 kg/m²/mes. Este rendimiento decreciente refleja la reducción del 40% del cuaje de fruto del Gráfico 4.

Gráfico 5. Relación entre la temperatura media diaria del aire y el rendimiento mensual de frutos en kg/m²



2.4. Discusión

Se encontró que las temperaturas medias diarias de 25 – 26 °C son el límite superior para un cuaje de los frutos y un rendimiento de los frutos adecuados para tomates crecidos en cultivos protegidos durante el período que ocupa el cálido verano mediterráneo (Junio – Agosto).

Con relación al funcionamiento de los nebulizadores de baja presión durante la producción de tomates bajo condiciones subóptimas (altas temperaturas), los resultados del verano de 2013 fueron similares a aquellos del verano de 2012 informados en Harel et al. En aquel año, la temperatura del aire también disminuyó durante las horas del día en 2 a 3 °C en comparación con el tratamiento sin nebulizadores y con una humedad relativa HR incrementada en un 10 a 30%.

Esta moderada reducción del estrés de calor en conjunto con una elevada humedad relativa HR mejoró la viabilidad del grano de polen. Con relación a las conclusiones de este estudio en condiciones de campo, se debe reconocer que aún aumentos relativamente pequeños de 2°C en la temperatura media diaria

pueden provocar reducciones del rendimiento de hasta un 60%, considerando el proceso de calentamiento global.

La importancia de los datos presentados es en sus aspectos aplicativos para los agricultores de tomates en regiones en donde los tomates crecen en cultivos protegidos durante las temporadas cálidas que frecuentemente provocan condiciones subóptimas dentro del refugio. Proponemos que el valor umbral ajustable diario para el sistema de control de nebulización sea calculado en base a la temperatura media diaria de 26°C como la condición óptima buscada, para alcanzar la operación más eficiente del sistema en el crecimiento comercial del tomate. Basados en los resultados de este ensayo bianual recomendamos este método flexible de controlar los cultivos protegidos de tomate a los efectos de mejorar la viabilidad del polen y el rendimiento de los frutos. La temperatura adecuada del punto de ajuste diario puede calcularse cuando se conoce la temperatura media nocturna (o la mínima) de la noche anterior. Por supuesto, en paralelo a este punto de ajuste de temperatura, se debe fijar un valor máximo de humedad relativa HR (>90% por ejemplo) en el sistema de control.

3.2. Casa de sombras, Sistema de Nebulización y Recolección de Datos Climáticos

Los detalles técnicos del experimento se describen en Harel et al. En resumen, se utilizó una casa de sombras ventilada en forma natural, orientada de norte a sur con una altura de canaleta de 4 metros, con un techo de doble inclinación de una altura máxima de 4,5 m. La casa de sombras fue cubierta (techo y paredes) con una malla de 50 mesh a prueba de insectos. Se instaló un sistema de nebulización de baja presión, disponible comercialmente (NaanDanJain Irrigation), en la casa de sombras en un área de 700 m². El sistema estaba compuesto por boquillas (Super Fogger 13 l/h, NaanDan Irrigation) con gotas de tamaño promedio de 60 – 70 um configuradas en hileras.

4. Conclusiones

Se puede concluir en que durante los meses cálidos del verano mediterráneo, se debe alcanzar una temperatura media diaria (día/noche) de hasta 26°C y una humedad relativa HR de 70% durante el día cuando se utiliza enfriamiento evaporativo tal como es el caso de los sistemas de nebulización de baja presión en refugios. La calidad del polen y los cuajes de los frutos se benefician en tales condiciones de crecimiento, lo que a su vez incrementa el rendimiento de los tomates

