

Efecto de la dosis y forma de colocación del potasio sobre la calidad física de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) almacenados a dos temperaturas

C.A. Ruiz-Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – Estación Experimental Falcón. Avenida Roosevelt Zona Institucional – Coro.

Resumen

Se estudió el efecto de tres niveles de potasio; 0, 220 y 330 kg.ha⁻¹, colocados en tres formas diferentes (central, lateral y en el fondo del surco), sobre la calidad física de frutos de tomate almacenados a 10 ± 2°C y 15 ± 2°C. Para ello se sembraron plantas de tomate cv. Río Grande, en el sector Guarabal, Municipio Federación del Estado Falcón, y se cosecharon frutos en estado fisiológicamente maduro, los cuales se identificaron y almacenaron por 21 días a las dos temperaturas. Cada 7 días se evaluó el color utilizando un espectrofotómetro el cual fue registrado usando el sistema CIE-L a* b*, donde L indica luminosidad, con valores de cero (negro) a cien (blanco), a* cromaticidad de un eje de verde (-) a rojo (+) y b* cromaticidad en un eje de azul (-) a amarillo (+), para determinar la predominancia de color. La consistencia se evaluó con un Twing Albert. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. En ambas condiciones de temperatura, los promedios de L fueron menores con los días de almacenamiento (dda) indicando la presencia de colores más oscuros. En el tratamiento 330-lateral a 15°C se encontró la mayor proporción de color rojo evaluado, como índice a*, así como también el menor valor de b*, indicando menor proporción de tonos amarillos. La menor temperatura de almacenamiento retardó la aparición de colores rojos, propios de la maduración del fruto de tomate. Los frutos almacenados a 15°C presentaron menor consistencia en relación a los almacenados a 10°C. Los tratamientos no influyeron en la consistencia, pero la temperatura si.

Palabras clave: tomate, potasio, color, calidad física.

Recibido el 09-2-2005 ● Aceptado el 13-1-2006

¹Autor para correspondencia, e-mail: cruiz1192@inia.gob.ve Código Postal 4101 Coro, estado Falcón

Introducción

El desarrollo de color externo y la firmeza son, entre otros, las más importantes características de calidad en los frutos de tomate, percibido por los consumidores como indicadores de madurez (14). El potasio es el nutriente más importante en relación a la calidad y sabor del fruto, es requerido en exceso para lograr una buena maduración y consistencia (1). En tal sentido, Anac *et al.* (4) revelaron que la aplicación tradicional de 320 kg.ha⁻¹ de K₂O y las aplicaciones foliares K₂O tienen un efecto significativo sobre los parámetros de calidad en los frutos, tales como sólidos solubles totales, buena coloración roja y un pH cercano a 4,2.

La producción y calidad del tomate son grandemente influenciadas por el estado nutricional del suelo; por otro lado, la calidad del fruto está estrechamente ligada al nivel de potasio disponible. Adams y Grimmett (2), probando seis concentraciones de potasio en soluciones nutritivas recirculantes, en

cultivos hidropónicos, encontraron que el número de frutos, tendió a incrementar con el nivel de potasio, así mismo, hallaron que la producción de frutos huecos o vacíos disminuyó con el aumento del contenido de K en la solución y eventualmente aquellos frutos maduros a las más bajas concentraciones de K tendieron a ser más blandos que aquellos a los niveles más altos de K, debido mayormente a la pérdida de calidad de la pared del tejido. Así mismo, se ha encontrado que colocando el fertilizante en un sitio de alta y permanente disponibilidad de agua y de una profusa formación de raíces, se garantiza el movimiento del potasio hacia las raíces y su absorción en forma activa, mejorando la eficiencia en los rendimientos relativos (15, 16).

Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la dosis y forma de colocación del potasio sobre la calidad física de frutos de tomate, almacenados a dos temperaturas.

Materiales y métodos

Manejo precosecha

El experimento se llevó a cabo en la finca Santa Bárbara, situada en el Sector Guarabal, Parroquia Independencia, a 13 km. al oeste de Churuguara, Capital del Municipio Federación del Estado Falcón, a 10° 47' de latitud Norte, 69° 32' de longitud Oeste y altitud de 685 msnm. Con una precipitación promedio anual entre 250 y 550 mm y una temperatura promedio anual de 28°C, cuya máxi-

ma absoluta es de 32°C y la mínima absoluta de 18°C. La evapotranspiración sobrepasa los 2000 mm.año⁻¹ (5).

Como material vegetal se utilizó el híbrido Río Grande, el cual fue sembrado en semilleros y transplantado a los 35 días, a una distancia de 1,20 m entre surco y 0,30 m entre plantas, para una densidad de 27.000 plantas.hectárea⁻¹. Se aplicaron 150 kg.ha⁻¹ de nitrato de amonio,

fraccionada en tres partes; 80 kg.ha⁻¹ de P (fosfopoder), al momento del transplante y el potasio en las dosis indicadas (tratamientos). Se utilizó riego por surcos, aplicándose en la mañana con una frecuencia diaria durante los primeros 8 días después del transplante y, posteriormente cada tres días.

Se usó como fuente de potasio (K) el cloruro de potasio (KCl), siendo los tratamientos:

Numero	Dosis (kg.ha ⁻¹)	Colocación
1	220	Central
2	220	Lateral
3	220	Fondo del Surco
4	330	Central
5	330	Lateral
6	330	Fondo del Surco
7	0	Testigo

El fertilizante se colocó de forma manual, para lo cual fue necesario abrir sobre el camellón una banda de 10 cm de ancho por 15 cm de profundidad (en ambos extremos se colocaron estacas), luego se aplicó el fertilizante y se conformó nuevamente el camellón. Posteriormente se realizó el transplante, tomando como guía las estacas que indicaban donde estaba colocado el fertilizante. De similar forma se procedió a colocar el potasio de forma lateral o a un lado de la planta. Mientras que para la otra posición, se colocó el 70% de la dosis de KCl en el momento del transplante en el fondo del surco, aplicando el resto en el agua de riego.

Manejo poscosecha

Los frutos fueron seleccionados

en estado fisiológicamente maduros, se usaron frutos de tamaño uniforme, cosechados a los 92 días después del transplante (ddt). Estos fueron trasladados en huacales (cap. 14 kg); para evitar el calentamiento de los frutos se usó un aislamiento en el piso del vehículo con cartón mojado, luego se cubrieron los huacales con un plástico. El traslado se realizó después de las 5:00 p.m. los frutos fueron mantenidos en una cava a 15°C en el laboratorio de poscosecha de la UCLA hasta la mañana siguiente.

Las muestras fueron divididas en dos submuestras, las cuales se almacenaron a diferentes temperaturas: 10 y 15 ± 2°C por 21 días. Se evaluaron cada 7 días las variables color y consistencia.

Evaluación del color del fruto: se tomó e identificó una muestra de tres (3) frutos en cada repetición, por tratamiento, para un total de nueve (9) frutos por tratamiento. Para ello se utilizó un espectrofotómetro miniscan modelo MS/S-4500L de la Compañía Hunter Lab. El color fue registrado usando el sistema CIE-L a* b*, donde L indica luminosidad, con valores de cero (negro) a cien (blanco), a* cromaticidad de un eje de verde (-) a rojo (+) y b* cromaticidad en un eje de azul (-) a amarillo (+). El color se midió colocando la zona ecuatorial del fruto, sobre el sensor. El instrumento fue calibrado con una placa de porcelana blanca; además se seleccionó un color verde pálido estándar proveniente de un fruto de tomate representativo, el cual presentaba los siguientes valores L*=6.30, a*=-16.90, b*=6.90. Estos índices fueron medidos a los 0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento (dda).

Consistencia de frutos: la consistencia se evaluó sobre una muestra de tres (3) frutos tomados al azar por tratamiento. El muestreo se realizó antes y durante el almacenamiento cada 7 días; para tal fin se usó un instrumento de prueba universal Twing Albert, diseñado para medir la resistencia a la penetración, esta lectura se repitió a los 90° y 180° de giro de ese plano. Los resultados se expresaron en Newtons.

Diseño estadístico y análisis de los resultados.

Resultados y discusión

El cuadro 1 presenta el efecto del cloruro de potasio y la forma de colocación sobre el componente de luminosidad (índice L^*) del color de frutos de tomate, almacenados a 10 y 15 \pm 2°C. Como puede verse no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los frutos almacenados a 10 \pm 2°C, bajo esta temperatura entre los 0 y 7 días de almacenamiento (dda) los tratamientos mantuvieron los valores de L , con excepción del tratamiento 220 kg.ha⁻¹ -fondo del surco, el cual pasó de 70,93 a 57,30.

A los 14 dda el promedio de todos los tratamientos disminuyó considerablemente oscilando entre 1,74 y 5,89 (220 kg.ha⁻¹-lateral y el testigo, respectivamente). En este momento el fruto podría estar en la fase de cambio, donde existe una mezcla de colores, lo que se puede apreciar al comparar los resultados con los registrados a los 21 días. Durante este periodo el testigo y el tratamiento de 220 kg.ha⁻¹-central continuaron disminuyendo los valores de L^* , sin embargo, el resto de los tratamientos mostró un

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y tres repeticiones por cada tratamiento inicial de fertilidad (7); dos temperaturas de almacenamiento para un total de 42 unidades experimentales, cada una con 17 \pm 2 frutos. Las diferencias fueron medidas por la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$). Los resultados se analizaron por el Statistical Analysis Systems, (17).

ligero aumento, el cual se hizo mayor con la dosis de 330 kg.ha⁻¹ en las tres formas de colocación.

Bajo los 15°C se encontraron diferencias significativas a los 0 y 21 dda. A los 0 días, el mayor valor fue de 73,71 del tratamiento 330 kg.ha⁻¹-lateral y el menor valor 70,69 del testigo. A los 7 días el promedio de todos los tratamientos disminuyó, en algunos casos el doble del valor inicial, encontrándose los valores entre 65,63 y 35,60 para los tratamientos 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco y 220 kg.ha⁻¹-central, respectivamente. Esta disminución fue aun más marcada a los 14 días donde el mayor promedio fue de 9,09 para el 330 kg.ha⁻¹ -fondo del surco y el menor promedio 3,55 para el 220 kg.ha⁻¹ -fondo del surco. A los 21 días los promedios continuaron disminuyendo con excepción de los tratamientos 220 kg.ha⁻¹-central y 220 kg.ha⁻¹-fondo del surco.

Al parecer la dosis de potasio no influyó el comportamiento de esta variable, puesto que en la mayoría de los casos no se encontró diferencias es-

Cuadro 1. Efecto de la dosis de cloruro de potasio y la forma de colocación en el suelo sobre el componente luminosidad (L*) del color de frutos de tomate, cultivar Río Grande, almacenados a 10 ± 2°C y 15 ± 2°C y evaluados a 0, 7, 14 y 21 días.

KCl (kg/ha) y colocación	10 ± 2°C				15 ± 2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	70,88 ^{a,1}	71,27 ^a	5,89 ^a	2,47 ^a	70,69 ^c	39,44 ^a	6,00 ^a	5,18 ^{ab}
220-central	70,78 ^a	72,18 ^a	5,87 ^a	3,04 ^a	72,22 ^{abc}	35,60 ^a	4,89 ^a	7,90 ^a
220-lateral	70,80 ^a	70,52 ^a	1,74 ^a	4,39 ^a	71,05 ^{bc}	38,02 ^a	4,00 ^a	1,71 ^a
220-fondo surco	70,93 ^a	57,30 ^a	2,22 ^a	3,30 ^a	72,86 ^{ab}	41,02 ^a	3,55 ^a	8,87 ^a
330-central	71,14 ^a	70,75 ^a	3,41 ^a	7,58 ^a	71,67 ^{abc}	70,97 ^a	5,22 ^a	3,97 ^{ab}
330-lateral	71,48 ^a	72,35 ^a	2,08 ^a	8,32 ^a	73,61 ^a	38,02 ^a	4,14 ^a	0,41 ^b
330-fondo surco	70,93 ^a	71,51 ^a	5,45 ^a	5,51 ^a	71,74 ^{abc}	65,63 ^a	9,09 ^a	0,70 ^b
(P<0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*

Promedio de 5 evaluaciones.

¹Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

tadísticas. No obstante, cuanto mayor fue la temperatura de almacenamiento se observó una mayor disminución de L^* en los primeros dda indicando la presencia de colores mas oscuros.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Islam *et al.* (10), cuando almacenó frutos de tomate en varios estados de madurez y midió el índice L^* del color bajo condiciones de alta concentración de CO_2 .

El índice de color L^* en la medida que avanza el estado de madurez (10); lo cual coincide con los reportes de Shewfelt y Halpin (20), quienes encontraron que este índice, se hace menor cuando se incrementa la temperatura de almacenamiento.

Los resultados del índice a^* se muestran en el cuadro 2. A una temperatura de $10^\circ C$ inicialmente se registraron valores negativos de a^* , lo cual está asociado al color verde (22, 13), solo se encontraron diferencias significativas a los 7 dda, donde el menor valor se registró en el tratamiento $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -lateral con -4, 57 y el mayor valor en el $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco con 0,89. De manera general todos los tratamientos aumentaron sus promedios progresivamente con los dda. Al final del almacenamiento los tratamientos con los mayores promedios fueron $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco y $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -central con 6,96 y 6,84, respectivamente, lo que indica que presentaban una mayor proporción de color rojo. Por el contrario el testigo fue el que presentó el menor valor (1,44) indicando una coloración con predominio del verde.

A los 14 días de almacenamiento se notó el cambio de verde a rojo, con excepción del tratamiento de 330 -la-

teral que mantuvo su coloración verde (-); el valor mas bajo se alcanzó en el tratamiento de $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco, mientras que el mas elevado lo mostró el tratamiento de 220 -fondo del surco. A los 21 días todos los valores de a^* fueron positivos, lo que evidenció una predominancia del color rojo; el valor mas alto se observó en el tratamiento de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco, seguido por el de 330 -central; los valores mas bajos se reportaron en el testigo y en el 220 -central.

De manera similar, a $15^\circ C$ los promedios de todos los tratamientos aumentaron progresivamente, alcanzando valores considerablemente mayores que en los frutos almacenados a $10^\circ C$. En esta condición de almacenamiento se encontraron diferencias a los 7, 14 y 21 días. Al inicio predominó el color verde del fruto (-a), siendo los valores absolutos más altos en los tratamientos de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -central, de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -lateral, mientras que los mas bajos correspondieron a los tratamientos de $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco y de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco. A los 7 días se observó el cambio de verde (-) a rojo (+), con excepción del tratamiento testigo, conjuntamente con el $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco que registraron el valor mas bajo con -0,01 y -3,69, respectivamente. Por el contrario el valor de a^* mas alto se alcanzó en el tratamiento de $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -lateral y de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -lateral (5,89 y 5,14, respectivamente).

A los 14 días fue más evidente la presencia del color rojo. El testigo registró el mayor valor con 31,89, seguido por el tratamiento de $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -fondo del surco con 29,15; a su vez el valor más bajo se obtuvo en el tratamiento de $330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ -lateral (20,26).

Cuadro 2. Efecto de la dosis de cloruro de potasio y la forma de colocación en el suelo sobre el índice * del color de frutos de tomate, cultivar Río Grande, almacenados a 10 ± 2°C y 15 ± 2°C y evaluados a 0, 7, 14 y 21 días.

KCl (kg/ha) y colocación	10 ± 2°C				15 ± 2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	-5,34 ^{a1}	-1,57 ^{ab}	1,60 ^a	1,44 ^a	-5,23 ^a	-0,01 ^{ab}	31,89 ^a	16,20 ^{ab}
220-central	-6,51 ^a	-4,24 ^{ab}	1,07 ^a	2,61 ^a	-6,20 ^a	3,20 ^{ab}	25,46 ^{ab}	15,99 ^{ab}
220-lateral	-5,62 ^a	-4,71 ^b	0,10 ^a	4,95 ^a	-5,79 ^a	5,14 ^a	28,03 ^a	16,77 ^{ab}
220-fondo surco	-6,21 ^a	0,89 ^a	1,73 ^a	6,96 ^a	-4,98 ^a	-3,69 ^b	29,15 ^a	18,91 ^a
330-central	-5,69 ^a	-4,56 ^{ab}	1,16 ^a	6,84 ^a	-5,03 ^a	1,58 ^{ab}	26,77 ^a	14,76 ^b
330-lateral	-6,13 ^a	-4,57 ^{ab}	-2,12 ^a	5,72 ^a	-5,76 ^a	5,89 ^a	20,26 ^a	19,07 ^a
330-fondo surco	-5,85 ^a	-4,29 ^{ab}	0,05 ^a	4,54 ^a	-4,17 ^a	1,21 ^{ab}	27,73 ^{ab}	17,40 ^{ab}
(P<0.05)	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*

Promedio de 5 evaluaciones.

¹Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

A los 21 días se observó una disminución en los valores de a^* . Esto pudo estar asociado a la influencia de la temperatura de almacenamiento ya que se sabe que las mayores temperaturas promueven tonos más anaranjados, el índice b^* es mayor obteniendo como resultado esta coloración en vez de tonos de rojo más oscuros.

Con relación a esto Shewfelt *et al.* citado por Tijskins y Evelo (19), señalaron que a temperaturas normales, entre 12 y 25°C, la clorofila se degrada y se forman licopeno y, en menor grado, b-caroteno, resultando en tomates rojos. Por el contrario a alta temperatura la clorofila desaparece y se acumulan los b-carotenos, pero la síntesis de licopeno es inhibida resultando en frutos amarillo-anaranjado.

En ese mismo orden de ideas, Tijskins y Evelo (19), reportaron que para predecir el cambio de color en el tomate, el valor de a^* puede ser suficiente, aunque para discutir el fenómeno de amarillamiento, debe ser incluido el valor de b^* . Asimismo, Türk *et al.* (20) reportaron que tomates del cv. Sunny almacenados a 18°C por tres semanas disminuyó rápidamente el contenido de clorofila y aumentó el contenido de caroteno y licopeno. Young *et al.* (24) encontraron una alta correlación entre el desarrollo del pigmento licopeno y la madurez del fruto expresados en valores de a^* en la escala Hunter, con aumentos graduales desde valores negativos, pasando por valores cercanos a cero, hasta valores positivos (rojos). Asimismo, el color rojo común del tomate presentó una alta correlación entre el contenido de licopeno, el contenido total de carotenos y el valor a^* del color del fruto (11).

Uexkult (21), concluyó que el potasio juega un importante papel en el proceso de pigmentación del fruto; el K aumenta la producción de carotenoides, particularmente licopeno y disminuye la clorofila.

Igualmente, Hartz *et al.* (9), encontraron relación entre el bajo nivel de K en el fruto y los desordenes en la coloración del mismo, asimismo, también encontraron una reducción del 54% en la ocurrencia de estos desordenes con la aplicación combinada de potasio y yeso.

Con relación al índice b^* , en el cuadro 3 se puede apreciar que en todos los casos se registraron valores positivos indicando colores amarillos (13). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos que fueron almacenados a 10°C en ninguna de las evaluaciones realizadas. A los 0 dda los valores más altos de b^* se alcanzaron en los tratamientos de 220 kg.ha⁻¹-central y de 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco, mientras que los más bajos se encontraron en los tratamientos de 220 kg.ha⁻¹-lateral y de 330 kg.ha⁻¹-lateral. A los 7 dda los valores disminuyeron muy ligeramente, excepto el tratamiento de 330 kg.ha⁻¹-lateral el cual pasó de 32,79 a 33,88. Por otra parte, a los 14 días los valores de b^* aumentaron, llegando algunos tratamientos a sobrepasar los valores alcanzados al inicio. De acuerdo a Voss (22), los frutos estarían tornándose verde amarillento.

Por el contrario, a los 21 dda, solamente los tratamientos de 330 kg.ha⁻¹-lateral y de 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco aumentaron los valores de b^* (34,84 y 34,34, respectivamente) registrándose una disminución en el resto de los tra-

Cuadro 3. Efecto de la dosis de cloruro de potasio y la forma de colocación en el suelo sobre el índice b* del color de fruto de tomate, cv. Río Grande, almacenados a 10 ± 2°C y 15 ± 2°C y evaluados a 0, 7, 14 y 21 días.

KCl (kg/ha) y colocación	10 ± 2°C				15 ± 2°C			
	0	7	14	21	0	7	14	21
Testigo	33,44 ^{a1}	32,54 ^a	33,85 ^a	19,69 ^a	31,51 ^a	30,81 ^b	17,77 ^a	4,69 ^a
220-central	34,26 ^a	32,25 ^a	34,22 ^a	19,46 ^a	30,53 ^a	32,05 ^{ab}	16,91 ^a	5,46 ^a
220-lateral	32,80 ^a	32,39 ^a	34,12 ^a	34,58 ^a	32,13 ^a	31,00 ^b	18,07 ^a	1,78 ^a
220-fondo surco	33,39 ^a	33,35 ^a	33,85 ^a	22,73 ^a	31,67 ^a	33,57 ^{ab}	17,73 ^a	3,40 ^a
330-central	32,79 ^a	32,86 ^a	34,25 ^a	33,73 ^a	32,59 ^a	33,17 ^{ab}	19,34 ^a	3,15 ^a
330-lateral	32,64 ^a	33,88 ^a	33,64 ^a	34,84 ^a	30,56 ^a	34,36 ^a	18,00 ^a	1,65 ^a
330-fondo surco	33,92 ^a	32,38 ^a	32,47 ^a	34,34 ^a	33,12 ^a	32,98 ^{ab}	17,89 ^a	5,13 ^a
(P<0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

Promedio de 5 evaluaciones.

¹Valores entre columnas seguido por letras diferentes. son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

tamientos, los cuales obtuvieron promedios entre 19,46 y 33,73 para el 220 kg.ha⁻¹-central y 220 kg.ha⁻¹-fondo del surco, respectivamente.

En los frutos almacenados a 15°C los valores iniciales estuvieron entre 33,12 y 30,53 correspondiendo a los tratamientos 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco y 220 kg.ha⁻¹-central, respectivamente. A los 7 dda, se registraron diferencias significativas registrándose el mayor valor a 330 kg.ha⁻¹-lateral con 34,36 y el menor valor a 220 kg.ha⁻¹-fondo del surco con 31,00; los demás tratamientos mostraron valores intermedios. A los 14 días, se observó una reducción muy marcada, lo que demuestra una disminución del color amarillo, encontrándose los promedios entre 16,91 y 19,34 de los tratamientos 220 kg.ha⁻¹-central y 330 kg.ha⁻¹-central, respectivamente. Esta disminución de los valores continuó a los 21 dda donde el mayor promedio se registró en el tratamiento 220 kg.ha⁻¹-central con 5,46 y el menor valor en 330 kg.ha⁻¹-lateral con 1,65.

Así mismo, Shewfelt y Halpin (18) estudiaron el efecto de la calidad de la luz sobre el desarrollo del color en tomates almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$ y $22 \pm 2^\circ\text{C}$ y encontraron que la tasa de desarrollo del color en frutos cosechados en estado de madurez fisiológica fue influenciada por la calidad de la luz a la cual ellos fueron expuestos durante la maduración.

En general, la proporción de color rojo fue mucho mayor a 15°C, donde además los tratamientos 220 y 330 colocados en posición lateral mostraron los mayores valores del índice a*/b* con 9,42 y 11,56, respectivamente y el menor al 220-central con 2,93 (da-

tos no mostrados). En este sentido se pudiera decir que este tratamiento fue más efectivo en promover la coloración del fruto, considerándose que las menores temperaturas de almacenamiento retardan la velocidad de maduración de los frutos. Contrario a estos resultados, Villareal *et al.* (23), estableciendo las relaciones óptimas de N-NH₄ y N-NO₃ asociado al K y Ca por etapas de desarrollo del cultivo de tomate híbrido tipo determinado y su influencia en el rendimiento y la calidad poscosecha del fruto, no encontraron una relación directa entre la intensidad del color y la dosis de K, N-NH₄, aún cuando señalan que otros investigadores han encontrado efecto positivo de aplicación de K en el desarrollo del color rojo externo del fruto.

Asimismo, Bugarin-Montoya *et al.* (6) determinaron la influencia de la nutrición potásica, en hidroponía, sobre el rendimiento y la calidad de frutos de tomate, señalaron que el color de los frutos determinado por la relación entre los índices de cromaticidad a*/b* fue similar, oscilando de 1,30 a 1,42 en la mayor y menor dosis (9 y 3 meq L⁻¹, respectivamente), promedios pequeños en relación a los encontrados en este ensayo los cuales oscilaron entre 2,93 y 11,56 (datos no mostrados).

El efecto del cloruro de potasio y la forma de colocación sobre la consistencia del fruto se presenta en el cuadro 4, a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ no se observaron diferencias significativas en ninguna de las fechas de evaluación. Al inicio el mayor promedio se encontró en el tratamiento 220 kg.ha⁻¹-lateral con 31,04 Nw y los menores valores en 330

Cuadro 4. Efecto de la dosis de cloruro de potasio y la forma de colocación en el suelo sobre la consistencia del fruto de tomate, cultivar Rio Grande, almacenados a 10 ± 2°C y 15 ± 2°C y evaluados a 0, 7, 14 y 21 días.

KCl (kg/ha) y colocación	10 ± 2°C					15 ± 2°C				
	0	7	14	21	21	0	7	14	21	21
Testigo	30,44 ^{a1}	51,35 ^a	23,49 ^a	19,23 ^a	19,23 ^a	39,76 ^a	29,26 ^b	16,52 ^{ab}	11,24 ^a	11,24 ^a
220-central	29,42 ^a	28,53 ^a	24,68 ^a	20,70 ^a	20,70 ^a	28,97 ^b	24,95 ^b	15,68 ^{bc}	11,65 ^a	11,65 ^a
220-lateral	31,04 ^a	29,75 ^a	24,38 ^a	21,23 ^a	21,23 ^a	31,43 ^{ab}	26,80 ^b	14,39 ^c	9,50 ^a	9,50 ^a
220-fondo surco	29,86 ^a	30,61 ^a	24,63 ^a	20,71 ^a	20,71 ^a	33,38 ^{ab}	27,72 ^b	14,86 ^{bc}	9,62 ^a	9,62 ^a
330-central	30,34 ^a	30,06 ^a	20,54 ^a	22,09 ^a	22,09 ^a	30,29 ^{ab}	26,08 ^b	17,37 ^{ab}	12,52 ^a	12,52 ^a
330-lateral	28,51 ^a	33,19 ^a	22,23 ^a	20,83 ^a	20,83 ^a	31,91 ^{ab}	24,49 ^b	19,26 ^a	9,97 ^a	9,97 ^a
330-fondo surco	28,89 ^a	29,55 ^a	19,57 ^a	21,81 ^a	21,81 ^a	30,81 ^{ab}	26,61 ^{ab}	16,58 ^{ab}	11,20 ^a	11,20 ^a
(P<0.05)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*	*	n.s.

Promedio de 5 evaluaciones.

¹Valores entre columnas seguido por letras diferentes, son estadísticamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

kg.ha⁻¹-fondo del surco y 330 kg.ha⁻¹-lateral con 28,89 y 28,51 Nw, respectivamente. A los 7 dda los tratamientos 220 kg.ha⁻¹-central y 220 kg.ha⁻¹-lateral disminuyeron sus promedios con relación a la evaluación anterior mientras que en los demás se registró un ligero aumento. No obstante cabe destacar que esta es una prueba destructiva, por lo que no puede ser evaluada sobre el mismo fruto y además las bajas temperaturas retardan la tasa de maduración.

A los 14 dda el promedio de todos los tratamientos disminuyó encontrándose los valores entre 19,57 y 24,67 Nw, para 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco y 220 kg.ha⁻¹-central, respectivamente. Esta misma tendencia se mantuvo, en la mayoría de los casos, a los 21 dda con valores entre 19,23 Nw para el testigo y 21,23 Nw para el 220 kg.ha⁻¹-lateral. No obstante, los tratamientos 330 kg.ha⁻¹-central y 330 kg.ha⁻¹-fondo del surco, aumentaron ligeramente sus promedios con relación a la evaluación anterior. De manera similar, Bugarin-Montoya *et al.* (6) observó que la fuerza aplicada para producir la deformación de los frutos de tomate fue 0,15 y 0,25 veces mayor con tratamientos (hidropónicos) de 6 y 9 meq L⁻¹ de K, respectivamente, que 3 meq K L⁻¹, pero esta diferencia fue no significativa.

En los frutos almacenados a 15 ± 2°C se observaron diferencias significativas a los 0, 7 y 14 dda. El testigo a los 0 dda obtuvo el promedio de consistencia más alto de 39,76 Nw, contrariamente el tratamiento de 220-central alcanzó el promedio más bajo de 28,97 Nw, de la misma manera a los 7 días el testigo obtuvo el valor más

alto de 29,26 Nw, y los tratamientos de 220-central y de 330-lateral los valores más bajos de 24,95 y 24,49 Nw, respectivamente. A los 14 días el valor más bajo se alcanzó con el tratamiento de 220 kg.ha⁻¹-lateral con 14,39 y el tratamiento de 330 kg.ha⁻¹-lateral el mayor valor con 19,26 Nw.

A los 21 días el valor más alto fue el correspondiente al tratamiento de 330 kg.ha⁻¹-central de 12,52 Nw, los otros tratamientos se mantuvieron con valores similares. Como era de esperarse los frutos almacenados a la temperatura más alta disminuyeron con mayor velocidad, y a menores valores su consistencia. Por el contrario, Villareal *et al.* (23) aplicando en fertirriego diferentes dosis de N, K y Ca, encontraron que en general, el tratamiento testigo presentó una tendencia hacia una menor firmeza durante todo el período de simulación de mercadeo, aunque estadísticamente no significativa (Tukey, $\alpha = 0,05$). No se encontró respuesta de la aplicación de alta dosis de K en dichas etapas de desarrollo del cultivo y en la firmeza del fruto,

Alfalluji *et al.* (3) señalan que este atributo de calidad está bajo control genético y las diferencias entre cultivares son utilizadas en el mejoramiento genético. Por otro lado, Hall *et al.* (8) observó una disminución de la consistencia a medida que el período de maduración avanzó, lo cual coincide con los resultados encontrados en este trabajo. Los más altos valores de consistencia en frutos almacenados a bajas temperaturas han sido asociados con altos contenidos de sustancias pépticas (7).

En ese mismo orden de ideas,

Lin y Block (12), analizaron la influencia de los factores precosecha y condiciones de almacenamiento a 4, 13 y 22°C sobre tomates en estado verde,

maduros, rompimiento y rosado, encontrando que la consistencia fue baja en frutos maduros rojos y en alta temperatura de almacenamiento.

Conclusiones

Al final del almacenamiento a 15°C se encontraron los menores valores de L en los tratamientos 330 tanto en posición lateral como al fondo del surco, lo cual representa colores más oscuros.

En el tratamiento 330-lateral a 15°C, se encontró la mayor proporción de color rojo evaluado como índice a*, así como también el menor valor de b*, indicando menor proporción de tonos amarillos, lo cual resultaría en un

fruto de coloración con menos porcentaje de tonos anaranjados.

La menor temperatura de almacenamiento retardó la aparición de colores rojos, propios de la maduración del fruto de tomate.

A 10°C el testigo mostró la menor consistencia.

Los frutos almacenados a 15°C presentaron menor consistencia en relación a los almacenados a 10°C.

Literatura citada

1. Adams, P., y L.C. Ho. 1995. Uptake and distribution of nutrient in relation to tomato fruits. *Acta Hort.* 412: 374-385.
2. Adams, P. y Grimmet, M. 1986. Some responses of tomatoes to the concentration of potassium in the recirculating nutrient solution. *Acta Hort.* 366:405-416.
3. Alfalluji, R., D. Trinlein y V. Lambert. 1982. Inheritance of pericarp firmness in tomato by generation mean analysis. *HortScience* 17:763 – 764.
4. Anac, D., N. Eryuge y R. Kiling. 1994. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. *Acta Hort.* 376:243-250.
5. Beg D., C. Agular., D. Martínez., G. Piñero., M. A. Sánchez., L. Arias y F. Blanco. 1984. Diagnóstico agroecológico de la región centro-occidental. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Yaracuy, Serie C N° 17-01.
6. Bugarín-Montoya, R., A. Galvis-Spinola, P. Sánchez-García y D. García-Paredes. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20:391-399.
7. El-Sayed, M., H. Ericson y M. Thornes. 1996. Pectic substances in tomatoes as related to whole – fruit firmness, and inheritance. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 89:529 – 531.
8. Hall, C., J. Augustine y J. Lazarte. 1979. Pericarp thickness of ripened tomato fruit related to maturity at harvest. *HortScience* 14:541 - 542.
9. Hartz, T. K., G. Miyao, R. J. Mullen, M. D. Cahn, J. Valencia y K. L. Britan. 1999. Potassium Requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:199-204.
10. Islam, S., Matsni y Y. Yoshida. 1996. Effect of Carbon dioxide enrichment on physico-chemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity

- Scientia Horticultural. 65:137-149.
11. Johjima, T. y H. Matsuzoe 1995. Relationship between color value (a/b) and colored carotene content in fruit of various tomato cultivars and breeding lines. *Act. Hort.* 412:153-157.
 12. Lin, W. C. y G. S. Block. 1999. The effects of culture practice and storage temperature on quality and flavor volatiles of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 464:213 – 218.
 13. McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254 – 1255.
 14. Moretti, Celso Luiz, Araujo, Alessandra L., Marouelli, Waldir Aparecido *et al.* 2002. 1-Methylcyclopropane delays tomato fruit ripening. *Hortic. Bras.*, 20 (4):659-663.
 15. Ramírez, R. 1992. Aplicación eficiente de los fertilizantes y posibilidades de uso de fertilizantes no tradicionales en el país. en: Situación actual y perspectivas de los fertilizantes en Venezuela. Taller de fertilizantes 21p.
 16. Ramírez, R., D. Morales y E. Alvarez. 1990. Calibración de cuatro métodos de análisis del fósforo del suelo para producir la respuesta del melón (*Cucumis melo*) a la fertilización fosfatada. 40:125-138.
 17. Statistical Analysis Systems, a user's guide: statistics. SAS. 1982. SAS institute Inc. Cary, NC.U.S.A.
 18. Shewfelt, A. L. y J. E. Halpin. 1967. The effect of light quality on the rate of tomato color development. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88:561-565.
 19. Tijskens, L.M. y R.G. Evelo 1994. Modelling colour of tomatoes during post-harvest storage. *Post-harvest Biology and technology* 4:85-98.
 20. Türk, R., V. Seniz, N. Özdemir y M. A. Süzen 1994. Changes in the chlorophyll carotenoid and lycopene contents of tomatoes in relation to temperature. *Act. Hort.* 368: 856-862.
 21. Uexkull M. 1978. Tomato: nutrition and fertilizer requirements in the tropics. In: Robert Cawell (de). 1st International Symposium on tropical tomato. Taiwan. China.
 22. Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart. *HortScience.* 27:1256 – 1260.
 23. Villarreal R. M., R. S.García E., T. O. Enciso1 y A. D. Armenta B. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y Calidad poscosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20: 311-320.
 24. Young, T.E., J.A. Juvik y J.G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 286-292.