

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y LA
RELACIÓN POTASIO-NITRÓGENO SOBRE
LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTA
DE FRUTILLA (CV. CHANDLER)**

por

**Carlos Nelson BARROS MAINARDI
María Carolina BENEVENTANO APA**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Granjera)**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2001**

Tesis aprobada por:

Director: *Ing. Agr. Héctor Genta*

Nombre completo y firma

Ing. Agr. José Zamalvide

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Laura Allende

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autores: *Carlos Nelson Barros Mainardi*

Nombre completo y firma

María Carolina Beneventano Apa

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A los directores de esta Tesis, Ings. Agrs. H. Genta, J. Zamalvide y L. Allende, por su colaboración pedagógica y funcional de este trabajo.

A los Funcionarios de la Cátedra de Horticultura (Salto), por su colaboración en la ejecución de los trabajos.

A todos aquellos que de una forma u otra hicieron posible la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. DINÁMICA DEL NITRÓGENO Y DEL POTASIO EN EL SUELO.....	3
2.1.1. <u>Nitrógeno</u>	3
2.1.1.1. Ciclo del nitrógeno.....	3
2.1.1.2. Formas del nitrógeno en el suelo y su utilización por las plantas	3
2.1.2. <u>Potasio</u>	6
2.1.2.1. Formas del potasio en los suelos y su utilización por las plantas	6
2.1.2.2. Factores del suelo que afectan la disponibilidad de potasio para	
las plantas.....	9
2.1.2.2.1. Tipo de mineral arcilloso.....	9
2.1.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	10
2.1.2.2.3. Nivel de potasio intercambiable.....	11
2.1.2.2.4. Capacidad de fijación del potasio.....	12
2.1.2.2.5. Potasio en subsuelo y exploración radicular.....	12
2.1.2.2.6. Humedad del suelo.....	13
2.1.2.2.7. Temperatura del suelo.....	13
2.1.2.2.8. Aireación del suelo.....	14
2.1.2.2.9. pH del suelo.....	14
2.1.2.2.10. Calcio y magnesio.....	15
2.2. RESPUESTA DEL CULTIVO DE FRUTILLA A LA FERTILIZACIÓN	
NITROGENADA Y POTÁSICA.....	16
2.2.1. <u>Respuesta al nitrógeno</u>	16

2.2.1.1. Respuesta en rendimiento.....	17
2.2.1.1.1. Respuesta al fraccionamiento.....	17
2.2.1.1.2. Respuesta a distintas dosis.....	19
2.2.1.2. Calidad de fruta.....	21
2.2.1.2.1. Tamaño.....	21
2.2.1.2.2. Firmeza.....	22
2.2.1.2.3. Contenido de sólidos solubles y acidez titulable.....	23
2.2.2. <u>Respuesta al potasio</u>	24
2.2.2.1. Respuesta en rendimiento.....	24
2.2.2.2. Respuesta en calidad de fruta.....	25
2.2.2.2.1. Tamaño.....	25
2.2.2.2.2. Firmeza.....	26
2.2.2.2.3. Contenido de sólidos solubles y acidez titulable.....	26
2.2.3. <u>Respuesta a la interacción nitrógeno - potasio</u>	27
2.3. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES.....	28
2.3.1. <u>Extracción de nitrógeno</u>	28
2.3.2. <u>Extracción de potasio</u>	29
2.3.3. <u>Interacción nitrógeno - potasio</u>	30
2.4. ANÁLISIS FOLIAR COMO DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LA PLANTA DE FRUTILLA.....	30
2.4.1. <u>Contenido foliar</u>	32
2.4.1.1 Nitrógeno.....	32
2.4.1.2. Potasio.....	35
2.4.1.3. Relación entre nitrógeno y potasio foliar.....	37
2.4.2. <u>Composición del fruto</u>	38
2.4.2.1. Nitrógeno.....	38
2.4.2.2. Potasio.....	39
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1. UBICACIÓN.....	40
3.2. SUELO.....	40
3.3. CLIMA.....	41
3.4. PREPARACIÓN DEL ENSAYO.....	42
3.4.1. <u>Preparación del suelo y del cantero</u>	42

3.4.2. <u>Preparación de las plantas</u>	43
3.4.3. <u>Protección contra heladas</u>	44
3.4.4. <u>Manejo general del cultivo</u>	44
3.4.5. <u>Diseño experimental y análisis estadístico</u>	44
3.4.6. <u>Tratamientos realizados</u>	45
3.4.7. <u>Mediciones realizadas</u>	46
3.4.7.1. Rendimiento.....	46
3.4.7.2. Calidad de fruta.....	47
3.4.7.2.1. Sólidos solubles y acidez titulable.....	47
3.4.7.2.2. Tamaño.....	47
3.4.7.3. Extracción de nutrientes.....	47
3.4.7.4. Contenido de nitrógeno y potasio foliar.....	48
3.4.8. <u>Variables analizadas</u>	48
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	49
4.1. EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRUTA.....	49
4.1.1. <u>Efecto sobre el rendimiento precoz</u>	49
4.1.2. <u>Efecto sobre el rendimiento del período total de cosecha</u>	51
4.1.2.1. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento comercial.....	53
4.1.2.2. Efecto de la relación potasio - nitrógeno sobre el rendimiento comercial.....	55
4.1.2.3. Efecto de la interacción dosis de N por relación K:N. sobre el rendimiento comercial.....	56
4.2. EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N SOBRE LA CALIDAD DE LA FRUTA.....	58
4.2.1. <u>Tamaño de fruta</u>	58
4.2.1.1. Producción precoz.....	58
4.2.1.2. Producción anual total.....	60
4.2.2. <u>Efecto sobre los sólidos solubles</u>	63
4.2.3. <u>Efecto sobre la acidez titulable</u>	66
4.2.4. <u>Efecto sobre el ratio</u>	69

4.3. EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N SOBRE EL CONTENIDO DE NITRÓGENO Y POTASIO FOLIAR.....	71
4.3.1. <u>Efecto de la dosis de nitrógeno</u>	71
4.3.2. <u>Efecto de la relación K:N</u>	72
4.4. EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO.....	73
5. <u>CONCLUSIONES</u>	77
6. <u>RESUMEN</u>	79
7. <u>SUMMARY</u>	80
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	81

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página
1. Relación entre niveles de K intercambiable y en solución con otras características del suelo, para muestras de horizonte A de cinco suelos del Uruguay.....	11
2. Resultados del análisis químico del suelo	40
3. Promedio de temperatura y humedad relativa del aire para 1993, y su desvío con respecto al promedio de la serie climática existente.....	41
4. Número de días con precipitaciones y milímetros de lluvia caída para 1993, y su comparación con series climáticas	42
5. Fechas de primer y última helada, y período con heladas en 1993, en comparación a la serie climática	42
6. Abonado orgánico y fertilización aplicada de base	43
7. Tratamientos realizados en fertirriego	45
8. Rendimiento precoz (kg/ha) para cada dosis de N y relación K:N	49
9. Análisis de varianza para el rendimiento precoz por categoría	50
10. Rendimiento (kg/ha) para cada dosis de N y relación K:N en el total del período de cosecha	51
11. Análisis de varianza para el rendimiento total del período, por categoría	52
12. Rendimiento comercial promedio mensual y total (kg/ha) para cada dosis de N y resultado del análisis de varianza.....	53
13. Efecto de la dosis de N sobre el número y rendimiento de fruta de las categorías 1, 2 y comercial en el mes de octubre y en el total del período de cosecha	54
14. Rendimiento comercial promedio mensual y total (kg/ha) para cada relación K:N y el resultado del análisis de varianza.....	55

15. Efecto de la relación potasio - nitrógeno sobre los componentes del rendimiento de fruta comercial, en el mes de noviembre	55
16. Efecto de la interacción dosis de N * relación K:N sobre el rendimiento y número de frutos de las categorías 1,2 y comercial para el total del período de cosecha	57
17. Tamaño promedio de fruta (gr) para cada dosis de N y relación K:N ...	59
18. Análisis de varianza para el tamaño promedio de la fruta de la cosecha precoz, por categoría y para el total	59
19. Tamaño promedio de fruta (gr) para cada dosis de N y relación K:N ...	60
20. Análisis de varianza para el tamaño promedio de la fruta cosechada en la estación de producción	61
21. Sólidos solubles en la fruta para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo	63
22. Acidez titulable promedio de la fruta para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo	67
23. Relación entre el contenido de sólidos solubles de la fruta y la acidez titulable para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo	69
24. Efecto de la dosis de N sobre el contenido de N y K foliar, y sobre la relación K:N	71
25. Efecto de la relación K:N sobre el contenido de N y K foliar, y sobre la relación K:N	72
26. Peso por planta (gr), porcentaje y contenido (gr/pl.) de N y K de la parte aérea, para cada fecha de muestreo.....	75

Figura N°	Página
1. Rendimiento comercial total para cada dosis de N y relación K:N	57
2. Tamaño promedio de la fruta producida hasta el 31 de agosto según dosis de N y relación K:N	60
3. Tamaño promedio de la fruta producida según dosis de N y relación K:N	62
4. Evolución del contenido de sólidos solubles en fruta de acuerdo a la dosis de N	65
5. Evolución del contenido de sólidos solubles en fruta de acuerdo a la relación K:N	66
6. Evolución de la acidez titulable de la fruta de acuerdo a la dosis de N	68
7. Evolución de la acidez titulable de la fruta de acuerdo a la relación K:N	68
8. Evolución del ratio (sólidos solubles / acidez titulable) de la fruta de acuerdo a la dosis de N	70
9. Evolución del ratio (sólidos solubles / acidez titulable) de la fruta de acuerdo a la relación K:N	71
10. Evolución del porcentaje en base seca de la fruta, del contenido de N, K y su relación a lo largo del ciclo	73
11. Extracción de N y K a través de la fruta (kg/ha), para los diferentes períodos considerados	74

1.- INTRODUCCIÓN

La frutilla es cultivada en la mayoría de los países del mundo. En algunos lugares es considerada como una hortaliza, mientras que en otros lo es como un frutal.

De acuerdo al Censo General Agropecuario de 1990, en nuestro país se cultiva una superficie de 280 hectáreas, con un rendimiento promedio próximo a los 6000 kg. por hectárea. La principal zona productora de frutilla del país es Salto. La otra zona productora importante es Canelones.

En Salto el cultivo se desarrolla fundamentalmente sobre suelos arenosos. La superficie por productor es pequeña, en general no sobrepasa 1 hectárea.

La utilización de variedades de día corto determina una estación de producción en esta zona de 6 o 7 meses (desde junio a diciembre). Los rendimientos obtenidos son muy variables. A nivel experimental se han logrado rendimientos de 55 a 60 toneladas por hectárea.

En los últimos años, el desarrollo e incorporación por parte de los productores de nuevas tecnologías (riego por goteo, mulch de nylon negro, variedades, control de heladas, manejo del plantín, etc), ha permitido un importante crecimiento en los rendimientos y en la calidad de fruta, abasteciendo el mercado interno y logrando excedentes con los cuales se han iniciado experiencias exportadoras de fruta fresca hacia Argentina.

Sus potencialidades de exportación, su alto valor hacia fines de otoño e invierno, sus altos requerimientos de mano de obra, fundamentalmente en la cosecha, sus requerimientos climáticos, entre otras características del cultivo, así como las características propias de la zona determinan que el cultivo sea uno de los rubros más interesantes para la zona hortícola de Salto.

La utilización de riego por goteo permite incorporar los fertilizantes necesarios según su demanda a través del tiempo o del ciclo de crecimiento. Para ello es importante desarrollar y ajustar programas de fertirriego, que manejen correctamente el agua y los nutrientes, especialmente N y K, de forma de suministrar las cantidades necesarias en el momento justo, para cubrir las reales necesidades del cultivo. Esto implica ajustar la curva de suministro de N desde la descomposición de la materia orgánica incorporada al instalar el cultivo (estiércol o mantillo de bosque) y de la aplicación mineral, a la curva de demanda durante el ciclo del cultivo.

El objetivo del presente trabajo es determinar la respuesta del cultivo en rendimiento y calidad de fruta a diferentes relaciones de K a N en fertirriego, manejando dos dosis de N que implican un nivel medio a bajo y otro medio a alto.

Además, evaluar el estado nutricional a través del análisis foliar; y estimar las cantidades de N y K que extrae el cultivo a través de la producción de fruta y de los demás órganos de la planta, de forma de ser utilizada como un elemento más en los ajustes de los programas de fertirriego.

2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. - DINÁMICA DEL NITRÓGENO Y DEL POTASIO EN EL SUELO.

2.1.1. - Nitrógeno

2.1.1.1. - Ciclo del Nitrógeno.

El ciclo del Nitrógeno (N) en el sistema suelo-planta-atmósfera envuelve muchas transformaciones entre formas inorgánicas y orgánicas. Este ciclo puede ser dividido en ingresos (o ganancias), salidas (o pérdidas) y en N que recicla dentro del suelo, que no es ganado ni perdido por el mismo.

Tisdale et al (1993), esquematiza los ingresos de N al sistema a través de los restos de animales y vegetales, de procesos eléctricos, de la combustión, del agregado de fertilizantes derivados de procesos industriales, y a través de la fijación biológica. Excepto las ganancias por fijación industrial y por combustión, todas las demás transformaciones ocurren naturalmente. Sin embargo, el hombre puede influir en gran forma sobre estos procesos a través del manejo del suelo y de los cultivos.

Estos autores también establecen que el N de los residuos orgánicos es movilizado como amonio (NH_4) por los organismos del suelo, siendo el producto final de la descomposición de dichos residuos. Una parte de este NH_4 es absorbida por las raíces, otra es convertida en nitrato (NO_3) y otra parte puede perderse como amoníaco (NH_3). A su vez, el NO_3 puede ser absorbido por las plantas, puede perderse en profundidad con el agua de percolación o el sistema de drenaje o puede ser convertido en nitrógeno elemental (N_2) y óxidos de nitrógeno que se pierden hacia la atmósfera, completándose el ciclo.

Los detalles de los principales procesos involucrados en el ciclo del nitrógeno han sido desarrollados en anteriores trabajos de Tesis, por lo que aquí no se profundizará en este tema.

2.1.1.2. - Formas del N en el suelo y su utilización por las plantas.

De acuerdo con Tisdale et al (1993), el 95 % o más del nitrógeno total del suelo ocurre como formas orgánicas y el resto como formas inorgánicas.

El N orgánico se encuentra en el suelo bajo forma de proteínas, aminoácidos, aminoazúcares y otros compuestos nitrogenados complejos, siendo muy poco lo que se conoce sobre la naturaleza química de muchas de estas formas de N.

El N inorgánico del suelo incluye formas como el amonio (NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y N elemental (N_2).

Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas más importantes son el NH_4 , NO_2 y el NO_3 .

Estas formas son producidas por la descomposición aeróbica de la materia orgánica del suelo o por la adición de fertilizantes nitrogenados.

Según Tisdale et al (1993), los factores que afectan la actividad de las bacterias nitrificantes del suelo tienen pronunciado efecto en la cantidad de nitratos producidos y consecuentemente en su utilización por las plantas.

Entre estos factores se pueden citar la población inicial de organismos nitrificantes, el suministro o el nivel de amonio agregado, el pH, la temperatura, la humedad y la aireación del suelo.

Las plantas absorben tanto NH_4 como NO_3 y la preferencia por una u otra forma está determinada por la edad y tipo de planta, el ambiente y otros factores.

Dado que la retención de NO_3 por los coloides del suelo es muy baja, este se mueve libremente hacia las raíces por flujo de masa y difusión. Por el contrario el NH_4 presenta alta atracción por los coloides del suelo, determinando que su movimiento con el agua sea muy reducido.

La tasa de absorción de nitratos en relación a NH_4 , es generalmente relativamente alta, y es favorecida por las condiciones de pH bajo. Cuando las plantas absorben grandes cantidades de NO_3 hay un incremento en la síntesis de aniones orgánicos, con un correspondiente incremento en la acumulación de cationes inorgánicos (Ca, Mg, K). El medio de crecimiento puede tornarse alcalino y algunos HCO_3 pueden liberarse desde la raíz para mantener la electroneutralidad de la planta y de la solución, Tisdale et al (1993).

Idealmente el NH_4 es la fuente preferida de N, dado que puede implicar un ahorro energético cuando es utilizado para la síntesis de proteínas por las plantas

en lugar del NO_3 . La reducción del NO_3 para la síntesis proteica es un proceso que consume energía.

La absorción de NH_4 por la planta es mayormente producida por valores de pH neutros y disminuye con el incremento de la acidez. La absorción de NH_4 por las raíces reduce la absorción de Ca, Mg y K, pero incrementa la absorción de H_2PO_4 , SO_4 y Cl.

Las plantas fertilizadas con NH_4 pueden tener un incremento mayor en los niveles de carbohidratos y proteínas en comparación con las plantas fertilizadas con NO_3 . El pH de la rizósfera disminuye cuando la planta recibe NH_4 , como consecuencia del exudado de H que realiza la raíz para mantener eléctricamente neutro el balance de cargas dentro de la planta. Así diferencias que llegan a unidades de pH han sido reportadas en trigo, comparando absorciones de NH_4 versus NO_3 . Esta acidificación puede afectar tanto la disponibilidad de nutrientes como la actividad biológica en la vecindad de la raíz, Tisdale et al (1993).

Los límites de tolerancia al NH_4 son estrechos y los niveles excesivos producen reacciones de toxicidad. Altos niveles de NH_4 pueden retardar el crecimiento, restringir la absorción de K y producir síntomas de deficiencia de K. En contraste, las plantas toleran grandes excesos de NO_3 y lo acumulan en niveles relativamente altos en sus tejidos, Tisdale et al (1993).

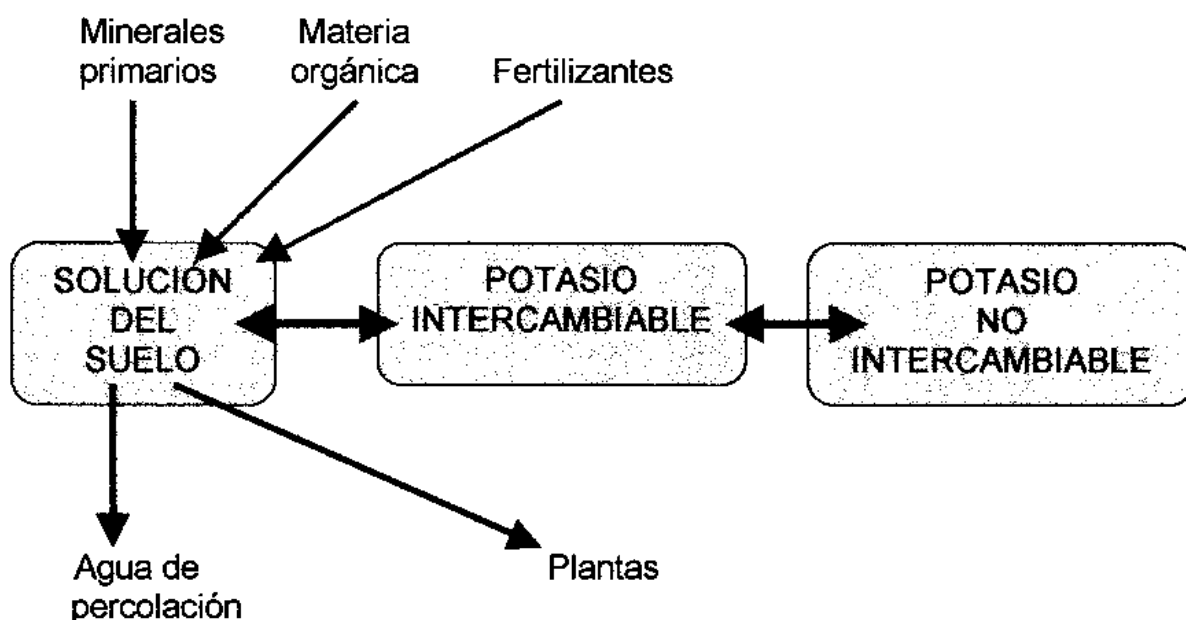
Neilsen et al (1994), luego de trabajar en fertirriego con fuentes nítricas y amoniacales para árboles de manzana, en suelos arenosos y con distintas dosis y momentos de aplicación, concluyen que la rápida respuesta encontrada en la concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$ de la solución del suelo a la aplicación de un fertilizante nítrico, implica un potencial de control bastante exacto sobre los momentos y las dosis de aplicación de la fertilización nitrogenada cuando se utilizan fuentes nítricas. Esto no ocurre cuando se usan fuentes amoniacales.

Según Black (1975) y Tisdale et al (1993), la mayor parte del N que es capaz de perder el suelo por lixiviación es en forma de NO_3 .

Hartz (), concluye a partir de trabajos realizados sobre tomate y morrón, que cuando se fertirriega se pueden minimizar las pérdidas por lavado de $\text{NO}_3\text{-N}$ a través de un manejo correcto del riego. De acuerdo a sus estimaciones, con dosis de 0 a 440 kg/N/há, fertirrigando 3 veces por semana, con fracciones del 15 al 20 % del agua aplicada, las pérdidas por lavado de $\text{NO}_3\text{-N}$, luego de los 80 cm de profundidad, fueron de 25 Kg/há para tomate y 35 kg/há para morrón.

2.1.2. Potasio

Malavolta (1985) esquematiza la dinámica del potasio en el sistema suelo-planta-agua de la siguiente forma:



2.1.2.1. - Formas del Potasio en los suelos y su utilización por las plantas.

De acuerdo a su asimilabilidad el K en los suelos se ha clasificado en 4 formas, a saber:

- ⇒ K en la solución
- ⇒ K intercambiable
- ⇒ K no intercambiable o fijado
- ⇒ K estructural o mineral

Estas formas están en un equilibrio muy dinámico. Los límites entre cada una de ellas son difusos, existiendo una graduación entre las mismas.

El equilibrio entre las formas intercambiables y en solución es rápido, mientras que entre éstas y el K fijado, el equilibrio es lento. El K intercambiable y en solución representan la reserva inmediata de K en el suelo.

La importancia relativa de las distintas formas depende de la composición mineralógica del suelo.

Hernández et al (1988), cita para muestras de horizonte A (0-15 cm) de 13 suelos de Uruguay, provenientes de distintos materiales madres, cantidades de K no intercambiable de 0.13 a 3.35 meq/100 gr, entre 0.11 a 1.5 meq/100 gr para el K intercambiable y entre 0.0038 a 0.0311 meq/100 gr para la forma en solución.

De acuerdo a Grimme (1976), citado en el boletín técnico N° 2 del Instituto de la Potasa (EUA-Suiza), cuando la concentración de K en la solución del suelo alcanza valores bajos (con una correspondiente reducción en el K intercambiable), debido a la extracción por los cultivos o a las pérdidas por lixiviación, los minerales más fácilmente alterables inician la liberación de K a la solución. La concentración de K mantenida por estos minerales es generalmente menor al valor ideal para un buen y rápido crecimiento vegetal. Estos minerales constituyen una reserva a mediano y largo plazo.

El K es absorbido por las plantas como ion K^+ de la solución. La concentración de K en la solución del suelo requerida por la planta es variable, dependiendo del tipo de cultivo y la potencialidad de crecimiento, Tisdale et al (1993).

Cuando las raíces de las plantas crecen en soluciones nutritivas, el movimiento de la solución por agitación repone el potasio de la superficie radicular que es removido a través de la absorción. De esta forma, el potasio es mantenido en niveles próximos a los de equilibrio en la interfase raíz-solución por el agitación. Sin embargo, cuando las raíces se encuentran en el suelo, una parte muy pequeña del K requerido por la planta se encuentra en la interfase suelo-raíz, Barber (1985).

Además, de acuerdo a Tisdale et al (1993), sólo del 6 al 10 % del requerimiento de K de las plantas es suministrado por el contacto directo de las raíces con las partículas del suelo (intercepción radicular).

Así el transporte de K desde otras partes del suelo hacia las raíces se hace fundamental. Dicho transporte ocurre por procesos de difusión y flujo de masas, los cuales acontecen en la solución del suelo.

La proporción del potasio que es suministrado por difusión y por flujo de masa depende del área superficial y el radio medio del sistema radicular, la capacidad de absorción de K de la raíz, la tasa de absorción de agua de la raíz, la tasa de difusión del K y los niveles de K en la solución y adsorbidos dentro del suelo, Barber (1985).

Bajo condiciones de campo, la concentración de K en la solución varía considerablemente, en virtud de procesos de concentración y dilución ocasionados por la evaporación y las precipitaciones respectivamente, Tisdale et al (1993).

La importancia del K en la solución para la nutrición vegetal está influenciada por la presencia de otros cationes, particularmente el Ca y el Mg. En suelos ácidos puede influir también el Al, y en suelos salinos el Na, Tisdale et al (1993).

Flujo de masa

Según Barber (1985), la cantidad de K que se mueve por flujo de masa hacia la raíz depende de la concentración de K de la solución del suelo y de la cantidad de agua absorbida por la planta.

Generalmente este mecanismo tiene menor importancia que la difusión en el suministro de K para las plantas. Esta forma adquiere importancia en aquellos cultivos que crecen en suelos con niveles de K en solución normalmente altos, o donde la fertilización potásica ha aumentado los niveles de K en la solución del suelo, Tisdale et al (1993).

Difusión

La difusión es el movimiento del K a través del agua en respuesta a un gradiente de concentración. Este transporte se establece a través de las láminas de agua que rodean las partículas del suelo.

Es un proceso lento comparado con el flujo de masas y está restringido a muy cortas distancias de la raíz, generalmente entre 1 y 4 mm de la superficie radicular, Tisdale et al (1993).

De acuerdo a Tisdale et al (1993), la cantidad de potasio que puede difundir a la zona radicular dependerá del gradiente de concentración, de la tasa de difusión y de la superficie radicular.

El gradiente de concentración depende de los niveles de K en el suelo y de la disminución de la concentración de K en la rizósfera por absorción activa del nutriente por parte de las raíces.

La tasa de difusión depende del contenido de humedad del suelo, de la tortuosidad de la trayectoria del ion alrededor de las partículas del suelo, del poder buffer del suelo para mantener el nivel de K en la solución y de la temperatura (la cual afecta la viscosidad del agua y la relación K intercambiable/ K en la solución), Barber (1985).

2.1.2.2. - Factores del suelo que afectan la disponibilidad de Potasio para las plantas.

2.1.2.2.1. - Tipo de mineral arcilloso.

El contenido de K nativo de un suelo depende del material madre y del grado de meteorización del mismo, Bertsch & Thomas (1985).

Al aumentar el contenido de minerales arcillosos ricos en K, existe un aumento en el contenido de K del suelo. Los principales minerales portadores de K son los feldespatos potásicos y las micas (illita, muscovita, biotita, etc.).

La liberación de K-estructural hacia la solución depende de la concentración de K en la solución en torno a la partícula del mineral. Arcillas del tipo Vermiculita y Montmorillonita resultan en suelos con niveles más altos de K que la Caolinita, con mayor grado de alteración y niveles muy bajos de este elemento. Sin embargo, los primeros pueden mostrar un comportamiento diferente en caso de ser cultivados intensamente, sin el agregado de fertilizantes potásicos, Tisdale et al (1993).

En el cuadro N° 1 se muestra la relación entre los niveles de K intercambiable de distintos suelos del Uruguay, con otras características de los mismos, Hernández et al (1988).

La baja respuesta que presentan ciertos suelos arenosos, con bajos niveles de K, al agregado de este nutriente, puede ser atribuida a la liberación de K de formas fijadas y minerales, en cantidad suficiente para mantener niveles adecuados en solución y en forma intercambiable, Tisdale et al (1993).

2.1.2.2.2. - Capacidad de intercambio catiónico.

Suelos de textura fina tienen generalmente mayores valores de C.I.C. y pueden retener mayor cantidad de K en forma intercambiable.

Sin embargo, de acuerdo a Hernández et al (1988), altos niveles de K-intercambiable no mantienen, necesariamente, altos niveles de K en la solución. Tal como se observa en el Cuadro N°1, para un mismo nivel de K-intercambiable, el potasio en solución de un suelo de textura fina (limosos y franco limosos) suele ser considerablemente más bajo que el de un suelo de textura gruesa.

Malavolta (1985), sostiene que la cantidad de K que puede estar presente en el complejo intercambiable depende, entre otros factores, del contenido y tipo de arcilla, materia orgánica y del pH.

A un mismo contenido de arcilla, la concentración de K en la solución dependerá del tipo de arcilla. Los minerales arcillosos como la caolinita con una menor energía de retención de cationes, además de no presentar sitios específicos de retención de K, resultan en mayores concentraciones de K en la solución, comparados con la montmorillonita, con mayor energía de retención de cationes, Hernández et al (1988).

CUADRO N° 1: Relación entre niveles de K intercambiable y en solución con otras características del suelo, para muestras de horizonte A de cinco suelos del Uruguay, (extraído de Hernández et al. , 1988).

SUELO/UNIDAD	% Arcilla	Mineral Arcilloso Dominante	meq/100 g.		meq/l. K sol.
			C.I.C.	K interc.	
Acrisol (Tacuarembó)	10.3	Caolinita	4.5	0.16	2.07
Brunosol (Toledo)	32.7	Illita	17.5	0.89	0.60
Vertisol (Itapebí)	38.9	Montmorill.	33.2	0.36	0.24
Acrisol (Rivera)	8.5	Caol.-Illi.	2.4	0.35	1.29
Argisol (Salto)	8.6	Mont.-Caol.	3.7	0.19	0.31

2.1.2.2.3. - Nivel de potasio intercambiable.

La determinación del K-intercambiable es la medida universal para predecir la disponibilidad de K y los requerimientos de fertilización. Muchos estudios muestran la relación entre este tipo de evaluación y la respuesta vegetal al K agregado. En ciertos casos, aún con niveles altos de K intercambiable, se encuentra respuesta de los cultivos a la fertilización con K. Una combinación de altos rendimientos con una alta demanda de K, acompañados por períodos de baja humedad o temperatura en el suelo, pueden contribuir a explicar tales respuestas, Tisdale et al (1993).

2.1.2.2.4. - Capacidad de fijación del K.

Bertsch & Thomas (1985), señalan que el proceso de fijación y el de liberación del K, pueden ocurrir simultáneamente bajo determinadas condiciones.

En general son necesarios entre 1 a 50 kg/há o más para incrementar el K-intercambiable en 1 ppm, dependiendo del suelo. Esta diferencia está relacionada, en parte, a la variación en el potencial de fijación de K del suelo, Tisdale et al (1993).

En suelos que han perdido la mayor parte de las reservas originales de K, puede ocurrir una muy importante fijación del K agregado con el fertilizante, con lo cual sólo una pequeña parte del fertilizante agregado puede ser utilizado por el cultivo. Por el contrario, en suelos que en el pasado han sido fertilizados con cantidades importantes de K, el equilibrio existente es más dinámico y por lo tanto el K fijado a partir del fertilizante agregado, queda disponible más rápidamente para las plantas, Bertsch & Thomas (1985).

En este sentido, Tisdale et al (1993), también señalan que si bien algo del K fijado por el suelo puede ser luego liberado para los cultivos, la liberación puede ser muy baja para situaciones de cultivos con altos niveles de producción.

Por otro lado la fijación del K agregado puede ser beneficiosa al reducir las pérdidas por lavado y por consumo de lujo, con lo cual se mantiene el nivel de K disponible.

2.1.2.2.5. - Potasio en el subsuelo y exploración radicular.

Bertsch & Thomas (1985), señalan que en el caso particular de suelos cuyo horizonte superficial es arenoso y presentan un B textural, este último puede contener una importante cantidad de K disponible para las plantas.

El K-intercambiable contenido en el subsuelo puede variar con el tipo de suelo.

No se han realizado muchas investigaciones que relacionen el nivel de K en el subsuelo con los rendimientos de los cultivos, y su respuesta a la fertilización potásica, Tisdale et al (1993).

Sin embargo, Bertsch & Thomas (1985), citan trabajos en maíz y soja que demuestran el importante efecto de la disponibilidad de K en el subsuelo.

2.1.2.2.6. - Humedad del suelo.

Con bajos contenidos de humedad, las láminas de agua alrededor de las partículas del suelo son delgadas y discontinuas, lo que resulta en un camino más tortuoso para el movimiento de iones K hacia la raíz, haciéndolo más lento. El aumento del contenido de K o la humedad del suelo aceleran la difusión del mismo, Tisdale et al (1993).

Malavolta (1985), señala que los suelos arcillosos, al tener mayor capacidad de retener agua, pueden suministrar mas K por difusión que los suelos arenosos.

Tisdale et al (1993), cita un ensayo que muestra el efecto de la humedad del suelo sobre el transporte de K. El incremento de la humedad de 10 a 28 %, incrementa el transporte total por encima de 175 %.

Este autor también señala que la disminución de la humedad en el suelo impide la difusión y reduce el crecimiento de maíz. El rendimiento de maíz disminuye con el contenido de humedad del suelo desde 38 a 22 %, pero esta disminución es parcialmente neutralizada por altos niveles de K intercambiable. La reducción del rendimiento se debe a una insuficiente difusión de K desde el suelo hacia la raíz, ya que un aumento en el nivel de K en forma intercambiable incrementa los rendimientos.

Wilklander, (1969), citado por Malavolta, (1985), señala que cuando el contenido de humedad en el suelo se incrementa, la solución del suelo es diluida y el equilibrio entre los cationes bivalentes y monovalentes en el complejo intercambiable es alterado. La adsorción de cationes bivalentes se incrementa, disminuyendo la de monovalentes, por lo que existen más iones Ca^{+2} y Mg^{+2} con relación a iones K en los sitios de intercambio, comparado a los existentes en un suelo seco. Cuando el suelo se seca, los procesos se revierten.

2.1.2.2.7. - Temperatura del suelo.

El efecto de la temperatura sobre la absorción de K se debe a cambios en la disponibilidad del mismo en el suelo,

a la actividad de las raíces y las tasas de los procesos fisiológicos de la planta, Tisdale et al (1993).

Este autor cita trabajos que indican que la absorción de K por las raíces de maíz fue 2.6 veces mayor a 26 que a 15 ° C. El nivel de K agregado al cual la absorción dejó de ser limitante fue el mismo para ambas temperaturas.

La capacidad del suelo para suministrar potasio a las raíces fue reducida debido al efecto de las bajas temperaturas sobre la difusión.

Otro factor que afecta la capacidad del suelo de satisfacer los requerimientos de las plantas por K es la concentración de K en la solución del suelo. En este sentido Ching y Barber (1979), citado por Hernández et al (1988), señalan que las concentraciones de K en solución fueron menores cuando el suelo fue equilibrado a 15 °C que a 29 °C. Este efecto de la temperatura fue mayor a bajos niveles de K. En el caso de no agregar K el coeficiente de difusión a 15 °C fue 0.4 veces el correspondiente a 29 ° C. La diferencia tiende a disminuir con altos niveles de K en el suelo.

2.1.2.2.8. - Aereación del suelo.

La respiración y el normal funcionamiento de las raíces son muy dependientes de un adecuado suministro de oxígeno. Con altos niveles de humedad o en suelo compactado, el crecimiento de las raíces es restringido, el suministro de oxígeno disminuye y la absorción de potasio y otros nutrientes es lenta, Tisdale et al (1993).

El agregado de fertilizantes potásicos, que incrementan la concentración de K en el suelo, contrarresta el efecto depresivo de la poca aireación sobre la absorción del K por las raíces de las plantas.

2.1.2.2.9. - pH del suelo.

Reitemeier (1951), citado por Malavolta (1985), concluye que el encalado tiende a aumentar el nivel de K intercambiable, disminuyendo el K en la solución.

Tisdale et al (1993), señala que cuando los suelos ácidos son encalados, el Al^{+3} intercambiable y los cationes hidroxí-aluminios, como él $Al(OH)_2^+$, son precipitados como $Al(OH)_3$.

Así se remueve el Al desde los sitios de intercambio, permitiendo al K competir con el Ca por los mismos. Como consecuencia de esto, cantidades importantes de K pueden ser retenidas por los coloides arcillosos, removiéndolo desde la solución del suelo.

De esta manera el uso de caliza en suelos ácidos, con bajos niveles de K, puede inducir deficiencia del mismo por el efecto del ion complementario.

Este autor también señala que cuando se encala un suelo ácido, hay un aumento de la C.I.C. del suelo, por aumento de las cargas dependientes del pH. El efecto competitivo del Ca y Mg será mayor si los niveles de K no aumentan en relación con estos.

La presencia de cantidades tóxicas de Al^{+3} y Mn^{+2} intercambiable en muchos suelos ácidos crea un ambiente desfavorable en torno a la raíz, para la absorción de K y otros nutrientes.

El efecto del encalado en la remoción del Al (que reduce el crecimiento de la raíz), puede compensar el efecto competitivo del Ca en la absorción del K por las plantas.

El agregado de grandes cantidades de Cloruro de Potasio en suelos ácidos, puede resultar en incrementos importantes en la concentración de elementos potencialmente tóxicos como el Al y el Mn en la solución del suelo, viéndose anulado el efecto del K agregado.

Esto puede ocurrir en condiciones de campo, donde pueden realizarse aplicaciones en banda de fertilizante, adyacente al gránulo de fertilizante, o con el agregado del fertilizante potásico en forma líquida al suelo.

2.1.2.2.10. - Calcio y magnesio.

Tanto el Ca como el Mg compiten con el K por la entrada a la planta. De esta manera, es de esperar que suelos con altos niveles de uno o ambos cationes necesiten altos contenidos de K para un buen suministro a las plantas. De acuerdo con tal relación de actividades, la absorción de K será reducida en la medida que aumente el contenido de Ca y Mg y viceversa, Hernández et al (1985).

Claaseen and Barber (1977), estudiando la absorción de Mg en plantas de Maíz cuyas raíces se dividieron en partes que crecieron con distinta disponibilidad de K, observaron que el influjo de Mg hacia la raíz fue mucho mayor en la zona con ausencia de K que en la zona con presencia del mismo.

Omar and El Kobbia (1966), citan un efecto depresivo del K sobre la absorción de Mg en alfalfa, mientras que el efecto recíproco del Mg sobre el K, no existió. Esto no concuerda con los resultados de otros trabajos de investigación sobre esta interacción.

Mengel y Kirkby (1982), citados por Dibb & Thompson (1985) señalan que el antagonismo K-Mg esta relacionado al balance iónico y no a los efectos de la competencia específica por los sitios de transporte.

Ward (1959), encontró para papa, que el contenido de Mg en las hojas y pecíolos varió inversamente con el tratamiento con K. Esta tendencia también la mostró el Ca, pero en menor proporción. Las raíces y los tubérculos no muestran tal relación (Ca y Mg con K).

Resultados similares de reducción en la absorción de Ca y Mg, por aumentos en la disponibilidad de potasio, son citados por Waddington et al (1972), para "Agrostis Palustris", por Human and Kotzé (1990), para frutilla, y por Dibb & Thompson (1985) en una revisión sobre la interacción de estos nutrientes en maíz.

Este concepto también indica que la asimilabilidad del K depende más de su concentración relativa con respecto a Ca y Mg, que del contenido total de K presente en la solución. Debido a que la relación de actividades no siempre concuerda con la absorción de K, Ca y Mg por las plantas, también se debe considerar la cantidad absoluta de K presente, Hernández et al (1985).

2.2. - RESPUESTA DEL CULTIVO DE FRUTILLA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA

2.2.1. - Respuesta al Nitrógeno.

Según Boyce and Matlock (1966); citado por Breen and Martin (1981), los resultados de los estudios de respuesta a la fertilización con N en frutilla son contradictorios.

Human and Kotzé (1990), indican que estas contradicciones pueden resultar de las diferencias en el tipo de suelo, práctica de irrigación, clima, cultivar y tipo de fertilizante utilizado.

Breen and Martin (1981), señala que la compleja relación entre el desarrollo vegetativo y el posterior desarrollo reproductivo en frutilla contribuye principalmente a la variabilidad en la respuesta.

También indican que el crecimiento vegetativo en algunas circunstancias aparece como antagónico al crecimiento reproductivo, y el aumento en el tamaño de la planta puede o no estar correlacionado con un mayor rendimiento.

2.2.1.1. - Respuesta en Rendimiento

2.2.1.1.1. - Respuesta al fraccionamiento:

Locascio and Meyers (1975), encontraron incrementos en el rendimiento de fruta cuando el 50 % del N y del K fueron aplicados en preplantación, comparado con todo el fertilizante aplicado en ese momento, o todo a través de los tubos de microirrigación.

En este sentido, Locascio et al (1977), reporta que el número total y el peso de la fruta fueron significativamente mayores cuando el 50 % del N y del K fueron aplicados con el riego por goteo, comparado a la aplicación total en preplantación. Cuando se aplicó 100 % con el riego resultó en rendimientos mayores que el tratamiento en que todo el fertilizante se aplicó en preplantación, pero menor a aquellos tratamientos en que el 50 % de la dosis se aplicó en fertirrigación.

De acuerdo a Albregts et al (1991), el uso de fertilizantes en preplantación en frutilla puede que no aumente el rendimiento, la calidad de la fruta, o el crecimiento de la planta, si es suministrado suficiente fertilizante por el riego luego que las raíces de las plantas son capaces de absorberlo.

Voth (1991), citado por Albregts et al (1991), recomienda para California aplicar todo el fertilizante en preplantación, o una combinación de preplantación con NH_4NO_3 líquido por el microrriego. Cuando todo el fertilizante es aplicado por el sistema de riego, las dosis deben ser el doble de las manejadas para los sistemas anteriores.

Según Human and Kotzé (1990), para obtener altos rendimientos en frutilla es necesario un suministro de fertilizantes continuo y a bajas concentraciones.

En contraposición, Locascio and Myers (1975) y Locascio et al (1977), reportan que no existen diferencias en la respuesta en rendimiento a la aplicación diaria o semanal del fertilizante en fertirriego.

Según Human and Kotzé (1990), a pesar de que las plantas de frutillas no absorben grandes cantidades de N durante el otoño, se necesitan aplicaciones pequeñas y regulares de N en ese período para obtener rendimientos mayores y más tempranos.

En este sentido, Casado and Hernando (1976), sostienen que en el otoño hay una fuerte demanda por la planta y es fundamental que esté bien nutrida en N para producir altos rendimientos. En esta época la planta almacena grandes cantidades de compuestos nitrogenados de reserva.

Kotzé et al (), señala que el rendimiento comercial se incrementa de forma altamente significativa tanto por la fertilización de otoño como por la de primavera. Utilizando en otoño dosis de N de 0, 18 y 36 kg/ há, y en primavera de 0 y 36 kg/ há, trabajando con el cultivar Selekt y una densidad de 100.000 plantas/há, obtuvo un rendimiento de 20,7 t/há cuando no aplicó fertilizante; 30,0 t/há cuando fertilizó en otoño; 41,2 t/há cuando fertilizó en primavera y 44,5 t/há cuando fertilizó en otoño y en primavera. Este resultado muestra claramente el gran efecto de la fertilización nitrogenada en primavera sobre el rendimiento total.

A su vez, Casado y Hernando (1976), concluyen que la aplicación en primavera requiere un riguroso control. Muchos resultados negativos (citados en la bibliografía), a la aplicación de N en esta estación se deben a que el aporte es realizado en una sola aplicación y en altas dosis, lo que provoca un excesivo crecimiento vegetativo. En cambio, cuando se aplica el N en dosis bajas, de forma escalonada y en cortos intervalos los resultados son siempre positivos.

De acuerdo a la literatura al parecer el efecto de la fuente de nitrógeno (NO_3 o NH_4), sobre el rendimiento de frutilla está generalmente más relacionado con la duración de la disponibilidad de nitrógeno que con la concentración a la cual éste es suministrado. En muchos casos se ha obtenido respuesta positiva a formas de nitrógeno de liberación lenta.

2.2.1.1.2. - Respuesta a distintas dosis

Según Human & Kotzé (1990), en un estudio reciente se ha visto que la frutilla tiene un bajo requerimiento en N y K.

Kotzé and Smit (), indica que la cantidad óptima de N a suministrar a las plantas por mes sería del orden de 9 a 12 kg de N/há.

Hochmuth et al (1994), reportan que fertirrigando semanalmente con nitrato de amonio, con dosis que van de 0.28 a 1.40 Kg de N/há/día, durante la estación de fructificación en Florida, U.S.A., manteniendo el potasio a dosis de 0.84 Kg/há/día, el rendimiento de fruta responde positivamente al aumento de la dosis, con un rendimiento máximo a 0.56 kg de N/há/día. El N en la hoja y los nitratos en el pecíolo también responden positivamente a la dosis de N.

Breen and Martin (1981), indican que las aplicaciones de N de 150 kg/há o más, aumentaron la producción de flores en los 3 cultivares estudiados. Sin embargo a altos niveles de N disminuyó el número de inflorescencias, lo que parcialmente fue compensado por un incremento en el número de flores/inflorescencia. En este estudio el número de flores/inflorescencia en cada cultivar mostró una relación lineal significativa ($P < 5\%$) con el N aplicado.

Según estos autores, y para climas fríos, los altos niveles de N podrían demorar la entrada en dormancia y extender el período de desarrollo de la inflorescencia, lo cual llevaría a la formación de más flores.

Por su parte Breen and Martin (1981), citan que la iniciación floral en frutilla está muy ligada a la nutrición. El número de flores o frutos formados, estaría fuertemente asociado con el contenido de N durante el período de iniciación.

Himelrick and Dozier (1994), trabajando con la variedad Chandler, en un sistema hidropónico, con 6 concentraciones de N (35, 70, 140, 210, 280, 350 ppm), concluyen que el mayor rendimiento y el mayor tamaño de los frutos se logran con concentraciones de 70 ppm, obteniéndose el menor rendimiento y menor tamaño de fruta con la dosis de 350 ppm.

Estos autores también señalan que la arquitectura de la planta se modifica con la concentración de nitrógeno en la solución. Con 350 ppm se desarrollan plantas de hojas pequeñas de color verde oscuras y de pecíolos cortos, mientras que con 35 ppm se producen hojas verdes claro, con folíolos grandes y pecíolos

largos. El tratamiento de 210 ppm produce el mayor crecimiento de las plantas, y el de 35 el menor.

Casado y Hernando (1976) trabajando con plantaciones de verano en la Provincia de Málaga, España, concluyen que con dosis de N de 113 a 1130 Kg/há en todo el ciclo, se obtienen los mayores rendimientos con dosis de 678 Kg/há, fraccionada en una aplicación de 150 kg de base y 66 kg por mes, durante 8 meses. La precocidad no fue afectada por la dosis de N.

Voth et al (1967), reporta que con aplicaciones de 134 kg N/há en un suelo arenoso, aumentó el rendimiento significativamente, en las 6 variedades que él utilizó. Cuando el nivel de N se incrementó a 404 kg N/há, sólo uno de los cultivares tuvo un incremento significativo del rendimiento.

En un ensayo similar, pero realizado sobre suelo pesado, estos autores obtuvieron el mayor rendimiento, en todas las variedades, con 112 kg/há de N, mientras que con 448 kg/há de N, el rendimiento fue menor en todas los cultivares. Con los niveles más altos de N, el rendimiento, la precocidad, el tamaño de fruta y la apariencia fueron afectados negativamente.

Por otro lado, Voth et al (1961), señala que el rendimiento total de los tratamientos fertilizados con N, es mayor que en el testigo sin fertilizar. En los 2 cultivares utilizados el mayor rendimiento se obtuvo con 168 kg/há de N, mientras que con 336 kg de N/há se logró mayor rendimiento que con 84 kg/há, pero menor que con 168 kg/há.

Cannell et al (1961), señala que el rendimiento de fruta no fue significativamente incrementado al pasar de 54 kg/há de N a 112 kg/há.

Coincidiendo con esta afirmación, Kotzé et al (), no obtuvo respuesta en rendimiento, al aumentar la cantidad de N de 54 a 73 kg/há, y Locascio y Saxena (1967) al pasar de 50 a 200 Kg de N/há.

Albregts and Howard (1987), realizaron un ensayo utilizando 0, 112 y 224 kg de N/há, encontrando que el rendimiento de fruta comercializable se incrementaba linealmente al aumentar el nivel de fertilización. El incremento fue mayor al pasar de 0 kg/há a 112 kg/há que al pasar de 112 kg a 224 kg.

Human and Kotzé (1990), reportan diferencias significativas en rendimiento para aplicaciones de otoño (Abril-Junio) de 0, 18 y 36 Kg de N por há., a favor de las dosis más altas. Las frutillas que recibieron más N en otoño tienen un mayor

rendimiento y precocidad. Existe una interacción altamente significativa, para el rendimiento total, entre el N en otoño y primavera.

El efecto del N otoñal fue reducido por la aplicación de 36.5 Kg de N por há en primavera. Cuando no se aplicó N en primavera, la respuesta al N otoñal fue mayor.

El resultado obtenido por estos autores confirma observaciones de otros investigadores, de que la frutilla no requiere grandes cantidades de nitrógeno. El N aplicado en primavera es el que determina, en mayor medida, el rendimiento.

2.2.1.2.- Respuesta en calidad de fruta.

2.2.1.2.1.- Tamaño

Janick and Eggert (1968), señalan que el tamaño de la fruta, en frutilla, depende de la interacción entre la posición de la flor en la inflorescencia, el número de achenios desarrollados en la fruta, la competencia entre los frutos y el vigor de la planta. La posición de la flor y el número de achenios desarrollados tienen una influencia determinante.

Estos autores indican también que la disminución en el tamaño del fruto, está probablemente relacionada con una reducción en el número de células del tejido del receptáculo y una disminución del aporte de auxinas efectuada por los achenios en desarrollo.

El incremento en el número de hojas resulta en un incremento del peso total de los frutos. La respuesta es mayor en los frutos primarios que en los secundarios.

Human and Kotzé (1990), reportan que la aplicación de N tiene resultados diferentes de acuerdo al momento del año en que se realice. En este sentido el N aplicado en otoño es el más determinante del tamaño de fruta, encontrándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos de 0, 18 y 36 kg de N/há, a favor de la dosis más alta.

Voth et al (1967), encontraron que en 2 de los 4 cultivares estudiados, el tamaño de fruta fue significativamente menor en el tratamiento de 448 kg/há de N

que con las dosis menores (0, 112, 224 kg/há de N). Al parecer, la reducción en el tamaño de fruta estaría relacionada con un excesivo crecimiento vegetativo.

Voth et al (1961), trabajando con 2 cultivares (Lassen y Solana) y 4 dosis de N (0, 84, 168 y 336 kg/há de N), encontraron que el tamaño promedio por fruta fue aproximadamente igual en las plantas fertilizadas que en el testigo.

Kotzé et al (), señalan que el tamaño promedio de la fruta fue afectado de forma altamente significativa ($P < 0,001$) por el nivel de fertilización nitrogenada en otoño y primavera. Sin embargo el incremento fue de sólo el 10 % (con respecto al testigo con 0 kg /há de N), lo que en la práctica tiene un pequeño significado.

2.2.1.2.2.- Firmeza

Varios trabajos han indicado que la fertilización nitrogenada en frutilla resulta en la producción de fruta más blanda. Este efecto ha sido asociado generalmente con las condiciones ambientales.

Brown (1919), citado por Saxena and Locascio (1967), reportó que parcelas fertilizadas con N producen frutas blandas bajo condiciones de tiempo cálido, pero que con tiempo frío el efecto fue muy pequeño. Aplicaciones primaverales de 275 kg/há produjeron fruta blanda en comparación con aquellas parcelas no fertilizadas con N.

Además de las condiciones ambientales, el incremento en el crecimiento foliar con la fertilización nitrogenada ha sido reportado como una de las posibles causas de la producción de fruta blanda.

Sin embargo, Webster and Gray (1937), citados por Saxena and Locascio (1967), reportan que la aplicación de 2240 kg/há de $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, no redujo la firmeza de la fruta. Resultados similares reportaron Cochran and Webster (1931), citados por Saxena and Locascio (1967).

Saxena and Locascio (1967), encontraron un incremento en la resistencia a la compresión, con el aumento en la fertilización nitrogenada. Existe una interacción positiva entre la cantidad de N y la fuente de potasio. Con el aumento en la cantidad de N la resistencia a la compresión aumenta cuando se usa KNO_3 , pero disminuye cuando se usa K_2SO_4 o KCl. En todas las muestras hubo una tendencia a aumentar la resistencia al corte, "shear resistance", con altas

cantidades de N. Cuando se incrementa la cantidad de N y se usa KNO_3 como fuente de potasio, hay un incremento lineal significativo en la resistencia al corte, mientras que si se usa K_2SO_4 o KCl ocurre una disminución de la misma. El incremento obtenido al aumentar el N aplicado, fue acompañado por un incremento en el contenido de N total en los tejidos del fruto. Tal efecto fue corroborado por una correlación positiva significativa entre el contenido de nitrógeno en la fruta y la "shear resistance"; igualmente estos coeficientes son bajos.

Estos resultados están de acuerdo a los reportados por Curwen, et al (1966), y son contrarios a los reportados por Darrow (1931) y Brown (1919), citados por Saxena and Locascio (1967), de que la fertilización con N resulta en fruta más blanda.

2.2.1.2.3.- Contenido de sólidos solubles y acidez titulable

De acuerdo a Duewer and Zych (1966), los azúcares representan del 70 al 80 % de los sólidos solubles totales del fruto maduro de frutilla.

Trabajando con distintas variedades de frutilla, concluyen que a pesar de encontrar diferencias, entre años, en el contenido de sólidos solubles de las variedades, el orden relativo de las mismas se mantiene, por lo que se pueden clasificar arbitrariamente de acuerdo a su contenido en los mismos, al igual que para acidez titulable y pH.

Saxena and Locascio (1967), reportan la falta de respuesta a la fertilización con N en el contenido de sólidos solubles de la fruta. Esto no concuerda con lo reportado por muchos autores de que, el contenido de sólidos solubles disminuye con el aumento en el N aplicado.

Ibrahim and Mohamed (1993), indican que el contenido de sólidos solubles fue afectado negativamente por el N. Los tratamientos con N tuvieron valores menores que el testigo.

Esto concuerda con Voth et al (1967), quienes señalan que el contenido de sólidos solubles fue mayor en los tratamientos sin N, en 2 de los 3 cultivares utilizados.

De acuerdo a Duewer and Zych (1966), el ácido monovalente más importante en la frutilla es el ácido cítrico (90 %), luego el ácido málico (10 %).

La Fertilización con N se ha reportado como causa de frutos de baja acidez y con pocos azúcares totales y reductores.

Saxena y Locascio () reportan que la acidez titulable de la fruta se incrementa linealmente con el cantidad de K aplicada.

2.2.2.- Respuesta al Potasio

2.2.2.1.- Respuesta en Rendimiento.

Bradfield et al (1975), citado por Albregts et al (1991), encontraron un incremento en la producción de flores y en el rendimiento de fruta con el incremento en la aplicación de K, desde floración hasta completa fructificación.

Lineberry and Collins (1942), citado por Albregts et al (1991), en North Carolina (U.S.A.), no encontraron respuesta en rendimiento a la aplicación de K.

Locascio and Saxena (1967), en Florida (U.S.A), no encontraron respuesta positiva en rendimiento a tasas de aplicación de K de 0 kg/há a 202 kg/há, usando distintas fuentes (KCL, KNO_3 y K_2SO_4) sobre una arena fina conteniendo de 37 a 45 ppm de K.

Dennison and Hall (1956), citado por Albregts et al (1991), no encontraron respuesta en rendimiento a la fertilización con potasio en suelos de Florida (U.S.A) que contenían de 18 a 90 ppm de K.

Kotzé et al (), realizaron un ensayo con dos niveles de potasio, 40 y 80 mg de K extractable/kg de suelo (Método de Bray II), aplicados en solución bajo la forma de K_2SO_4 , encontrando un efecto relativamente pequeño del potasio sobre el rendimiento de fruta.

Albregts et al (1991), trabajando con los cultivares "Dover", "Tufts" y "Chandler", concluyen que el cultivar "Dover", desarrollado en Florida (U.S.A.) mostró una respuesta positiva en rendimiento de fruta a la aplicación de K, en los

2 años en que se realizó el ensayo, mientras que los cultivares "Tufts" y "Chandler" desarrollados en California (U.S.A) no presentan tal respuesta. Las dosis variaron de 0 a 224 kg/há de KCl.

- En este sentido, Voth et al. (1961) y Voth (1974), citados por Albregts et al (1991), indican que las plantas de frutilla no responden a la fertilización potásica en California, porque existe un nivel suficiente en el suelo.

Albregts et al (1991), señalan que los cultivares de frutilla de Florida (U.S.A.) han sido seleccionados bajo condiciones de alta fertilización potásica, mientras que la selección en California se ha realizado sobre la base de los niveles naturales del suelo.

- Albregts et al (1994), trabajando durante la estación 92-93 en Florida, U.S.A., encontraron que fertilizando semanalmente con KCl con dosis de 0.28; 0.56; 0.84; 1.12 y 1.40 Kg de K/há/día, manteniendo el N a 0.84 Kg/há/día, el rendimiento de fruta en la estación no se incrementa por encima de las dosis de 0.56 Kg de K/há/día.

2.2.2.2.- Respuesta en calidad de fruta.

2.2.2.2.1.- Tamaño

Kotzé et al (), señalan que con un alto nivel de K se observó una reducción pequeña, pero altamente significativa ($P < 0.001$), del tamaño de la fruta. Es posible que el suelo utilizado en este ensayo (de textura gruesa) no haya tenido capacidad de adsorber un nivel alto de K, lo que podría resultar en una alta concentración de K en la solución del suelo.

Human and Kotzé (1990), indican que existe un efecto significativo del K en el tamaño de la fruta, en los 2 últimos períodos de cosecha (Nov-Dic; H.S.), donde los tratamientos con 40 ppm de K resultaron en frutos de mayor tamaño que el tratamiento de 80 ppm.

- Albregts et al (1991), señala que el peso promedio de fruta de la variedad "Tuft" y "Dover", decrece en relación con el incremento de la tasa de K. El cultivar "Chandler", no varió el peso de fruta al variar el aporte de K.

Albregts et al (1994), trabajando durante la estación 92-93 en Florida, U.S.A., encontraron que fertilizando semanalmente con KCl con dosis de 0.28; 0.56; 0.84; 1.12 y 1.40 Kg de K/há/día, manteniendo el N a 0.84 Kg/há/día, el peso de fruta promedio y el porcentaje de fruta comercial disminuyen con el incremento en la tasa de K, no afectándose la firmeza.

2.2.2.2.- Firmeza

Saxena and Locascio (1967), señalan que en general se piensa que la fertilización con K incrementa la firmeza de la fruta. Tal efecto no ha sido confirmado por los trabajos publicados. •

Este autor trabajando con el cultivar "Florida- Ninety" y con niveles de 39.2, 100.8 y 162.4 kg/há de K, obtuvo una reducción en la resistencia a la compresión con el aumento en la cantidad de K y una tendencia a reducir la resistencia al corte con grandes cantidades de este nutriente. Se realizaron 4 muestreos para determinar la calidad de fruta (25/03, 11/04, 18/04 y 02/05; H.N.) encontrando que el efecto del K sobre la resistencia a la compresión no fue significativo al inicio de la estación de producción. En el muestreo del 02/05, las parcelas que recibían el K bajo la forma de KNO_3 produjeron fruta con alta resistencia a la compresión en comparación a las parcelas que recibían K_2SO_4 o KCL.

2.2.2.3.- Contenido de sólidos solubles y acidez titulable.

Según la bibliografía citada por Saxena and Locascio (1967), al aumentar el suministro de K se ha visto que el contenido de sólidos solubles y la acidez aumentan.

Ricketson and Hill (1966), citados por Saxena and Locascio (1967), indican que el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable de frutos de frutilla se incrementa cuando el K foliar pasó de 0,5% a 2%.

Saxena and Locascio (1967), señalan que en los 2 años de ensayo, el contenido de sólidos solubles de la fruta de las parcelas que recibían KCL como fuente de K tendió (pero sin ser significativo) a ser más bajo que el de las parcelas que recibían K_2SO_4 o KNO_3 .

La acidez titulable se incrementó linealmente con el aumento en la cantidad de K aplicado. Se vio también que las parcelas que recibían K_2SO_4 tenían un contenido significativamente mayor de ácidos que las que recibían KCL.

2.2.3.- Respuesta a la interacción (Nitrógeno-Potasio).

Martín Del Molino y Roson-Riestra (1981), señalan que el crecimiento de las diferentes partes de la planta de frutilla viene determinado por la interacción entre el N y el K, y también por la de éstos con la época del ciclo.

Estos autores indican que las dosis crecientes de N favorecen el desarrollo foliar, pero inciden, en general, negativamente en el desarrollo de la corona y en el de la raíz. Cuando las dosis de K son más bajas, el N reduce el crecimiento de todas las partes de la planta, particularmente el de la raíz.

El K favorece el desarrollo de todos los órganos, principalmente cuando el N del medio es alto. Durante la emergencia de las flores y el desarrollo del fruto el efecto del K es más marcado en las hojas que en las coronas y la raíz, mientras que en el otoño el proceso es inverso.

Human and Kotzé (1990), señalan que existió una interacción significativa entre el nivel de K y la aplicación de N en primavera. Cuando las plantas se fertilizaron con N en primavera, las que recibieron 80 ppm de K tuvieron un rendimiento total significativamente menor (41.9 t/há) que las que recibieron 40 ppm de K (44.4 t/há).

→ Locascio et al (1977), indica que la cantidad y momento de la aplicación del N y K a través del riego por goteo, no tiene efecto en el rendimiento temprano, pero sí en el rendimiento total.

Hernando y Casado (1976) estudiando la fertilización nitrogenada sobre plantaciones de invierno de frutilla en la Provincia de Málaga, España, concluyeron que la respuesta al N es positiva, pero dependiente de la fertilización con K. Cuando se aplicaron dosis más altas de K fueron necesarios dosis altas de N (414 kg/há) para obtener el rendimiento más alto.

2.3.- EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

Albregts and Howard (1980), señalan que el conocimiento de la acumulación de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo brinda información que es muy utilizada en el manejo de la fertilización de los cultivos.

➤ Estos autores encontraron que la mayor acumulación de nutrientes en la planta de frutilla se produce luego que ésta comienza a fructificar. Esto se ve reflejado por un incremento del peso seco de la planta de 15.4 gramos al comienzo de la fructificación, a 27.1 gramos al final de dicho período.

➤ La mayor acumulación de nutrientes se produce en el fruto. Los autores concluyen que para lograr rendimientos máximos es necesario que en el momento de la fructificación exista un adecuado nivel de nutrientes.

➤ Lieten and Misotten (1993), señalan que la absorción de nutrientes sigue estrechamente la absorción de agua y que la proporción en que se absorbe cada nutriente varía dependiendo del estado fisiológico de la planta durante la estación de crecimiento.

2.3.1.- Extracción de nitrógeno.

Lieten and Misotten (1993), indican que la absorción de N en plantas de frutilla fue alta desde el transplante hasta el estado de floración (18 mmol/l) y disminuyó durante el estado de fruto verde (12 mmol/l) y en el período de cosecha (10 mmol/l). El contenido de N de las raíces y de la corona disminuyó en el período de cosecha como consecuencia de la demanda por los frutos.

Con un rendimiento de 59.450 kg/há, el total de N extraído fue de 125 kg/há (33% del total de nutrientes absorbidos) lo que lo convierte en el segundo elemento más acumulado por el cultivo.

El N fue acumulado en partes iguales por los frutos (62.3 kg/há) y el resto de los órganos de la planta (63.2 kg/há).

Ulrich et al (1980), citados por Human and Kotzé (1990), sostienen que en el cultivo de frutilla el pico de absorción de N se produce en primavera. Esto estaría justificando la respuesta encontrada por este autor, al N aplicado en primavera, y

explicaría las diferencias, relativamente pequeñas, entre los tratamientos donde se aplicaban 0, 18 ó 36 kg/há de N en otoño, y 36 kg/há de N en primavera.

Human and Kotzé (1990), encontraron que la absorción de nutrientes no fue muy activa durante el final del otoño y el invierno. A principios de la estación de crecimiento no se observaron diferencias en el contenido de N de las hojas entre los tratamientos de 0, 18 y 36 kg/há de N en otoño. Una posible explicación a esto sería el efecto de dilución por el mayor crecimiento que tuvieron las plantas que recibieron N en otoño.

Albregts and Howard (1980), calcularon que el total de N absorbido por la frutilla durante una estación de crecimiento sería del orden de 60 kg/há de N.

Albregts and Howard (1981), trabajando con el cultivar "Florida Bell", señalan que aún cuando aplicaron más de 700 kg/há de N y K, durante la estación de crecimiento las plantas acumularon menos de 70 kg/há de cada nutriente.

2.3.2.- Extracción de potasio.

Lieten and Misotten (1993), señalan con respecto a la absorción de K, que ésta fue casi paralela a la producción de materia seca. La absorción mostró un pico en el momento de floración y durante la maduración. Los frutos acumularon la mayoría del K (70 %). Comparado con los otros macroelementos el K no se diluyó en los frutos. Con un rendimiento de 59.450 kg/há, el consumo total de K fue de casi 190 kg/há.

De acuerdo con Claassen and Barber (1977), al reducir la proporción de raíces con K, se redujo la absorción de K por la planta de maíz. Sin embargo, el influjo de K en la parte de la raíz con suministro de este nutriente se incrementa 2.6 veces en comparación con plantas en las que el total de sus raíces recibieron un suministro adecuado de K. Este autor señala que la concentración de K en el tallo tiene un mayor efecto en el influjo de K, que su concentración en la raíz, al hallar una relación curvilínea inversa, entre su contenido, (en porcentaje), en el tallo y el influjo máximo de K hacia dentro de la raíz ($R^2 = 0.74$).

Albregts and Howard (1980), indican que las cantidades de N y K acumuladas en la planta son menores a las extraídas en la fruta cosechada. A partir de mitad del período de cosecha, casi todo el N y el K se acumulan en la fruta.

Estos autores calcularon una extracción total promedio de 58.6 Kg/há de N y 63.4 Kg/há de K, trabajando con los cultivares "Tioga", "Florida Belle" y "71-729", con una densidad de 59000 plantas por hectárea y un rendimiento promedio de 20.300 Kg/há de fruta comercial.

2.3.3.- Interacción N/K.

Johanson (1963), señala que las deficiencias de un elemento específico a menudo causan desviaciones en el contenido foliar de uno o más de los otros elementos esenciales.

En este sentido señala que el contenido de N foliar en cultivos deficientes en Ca fue aproximadamente un 50 % mayor que el de los cultivos que crecieron en un medio de cultivo completo. Por otro lado en el caso de cultivos deficientes en S (azufre), el contenido de N es de sólo un 25% más del hallado en cultivos deficientes en N.

Claassen and Barber (1977), trabajando con maíz, encontraron un mayor influjo de N en la porción de las raíces con suministro de K, que en las que no tenían. El incremento en el flujo de NO_3 hacia dentro de la raíz, cuando el K estuvo presente indica que el mismo juega algún rol en la absorción o translocación del NO_3 .

Human and Kotzé (1990), señalan que los niveles de K en el suelo fueron influenciados por las aplicaciones de N en otoño y primavera. El nivel de K medido por Bray II es menor al aumentar el N aplicado en ambas estaciones.

Las diferencias pueden ser atribuidas a diferencias en el tamaño de las plantas, y a la competencia entre el K y el NH_4 por los sitios del complejo de intercambio catiónico.

2.4.- ANÁLISIS FOLIAR COMO DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LA PLANTA DE FRUTILLA

El análisis foliar es una herramienta valiosa en la apreciación del estado nutricional de las plantas, pero la interpretación del dato del análisis foliar requiere una comprensión de los muchos factores que influyen en la composición química, John et al (1976).

Este autor señala que la gran variación en crecimiento y rendimiento que presentan los distintos genotipos podría estar reflejando diferencias en su composición nutricional. Trabajando con 7 cultivares de frutilla encontró diferencias significativas entre los distintos genotipos en la concentración foliar de los 13 elementos estudiados. Esta diferencia estaría sugiriendo que los genotipos varían en el requerimiento de nutrientes o en la habilidad para asimilarlos.

John et al (1975) señala que factores tales como las prácticas culturales, el clima, el suelo, el tejido seleccionado, la edad de la hoja y el estado fisiológico afectan la composición de la hoja. La concentración de la mayoría de los elementos cambia rápidamente durante los períodos de alta actividad metabólica, como son la floración y la fructificación.

Human and Kotzé (1990), indican que la concentración de todos los nutrientes disminuye a medida que avanza la estación de crecimiento.

Shaulis (1956), citado por Johanson (1963), señala que en el caso de frutilla la composición de la hoja es más sensible a los cambios nutricionales que el fruto.

Johanson (1963), indica que el nivel de nutrientes en soluciones deficientes fue reflejado por el nivel absorbido en la hoja.

Kwong and Boynton (1959), Kwong (), y Human and Kotzé (1990), señalan a la hoja madura más joven como la más aceptable para el estudio del estado nutricional de la planta.

Ballinger and Mason (1960), indican que el pecíolo aparece como el estimador más preciso para K, y los folíolos para el N.

John et al (1975), encontró una mayor estabilidad en el pecíolo que en la hoja para el K, y recomienda este tejido para conocer el estado de K.

Kwong and Boynton (1959), no encontraron diferencias consistentes en la composición química entre los folíolos laterales y el central de la hoja madura más joven.

2.4.1.- Contenido foliar.

2.4.1.1.- Nitrógeno

Blatt (1967), estudió el efecto de la forma y nivel de N en el cultivar "Acadia", encontrando que el contenido de N de la hoja se incrementó con el aumento en la cantidad de N aplicado y que los tratamientos que recibían el N bajo forma de NH_4NO_3 tuvieron niveles más altos en los tejidos que los que recibían el N como NO_3 .

Voth et al (1967), encontró que el N foliar se incrementó con el aumento en la aplicación de N. Utilizó dosis de N de 0, 112, 224 y 448 kg/há. Observó que el incremento en el contenido de N fue mayor al pasar de 0 kg/há de N a 112 kg /há de N, que al pasar de una dosis de N a otra.

Breen and Martin (1981), realizaron un estudio para comparar la respuesta vegetativa y reproductiva, y el contenido de N de 3 cultivares de frutilla ("Olympus", "Benton" y "Hood") bajo un amplio rango de niveles de N. Encontraron que el % de N en las hojas en el mes de Agosto (H.N.) se incrementó al aumentar el nivel de N aplicado, encontrando una relación lineal significativa en los 3 cultivares. En ambas estaciones de crecimiento y para los 3 cultivares estudiados el N foliar siempre fue menor al 3%. En este estudio la máxima acumulación de N la habrían alcanzado los cultivares "Olympus" y "Benton", dado que al pasar de 3,6 a 4,8 g/l de N en la solución nutritiva, no se produjo un aumento del N foliar.

La falta de un efecto apreciable en el contenido de N foliar al aumentar el nivel de N ha sido observado en otros cultivares de frutilla. Esta diferencia en la acumulación de N, podría estar reflejando diferencias de genotipo en la eficiencia con la cual el N es utilizado y/o transportado desde las raíces a los tallos.

Voth et al (1961), trabajando con los cultivares "Solana" y "Lassen", encontró que el nivel de N foliar fue mayor en las parcelas fertilizadas que en las testigo. Utilizó niveles de N de 0, 84, 168 y 336 kg/há. Al pasar de 168 a 336 kg/há de N no se produjo un aumento estadísticamente significativo en el valor del N foliar con respecto a 84 kg/há de N, pero hubo una tendencia a que aumentara al aumentar el nivel de N. Las hojas del cultivar "Lassen" tuvieron un contenido significativamente mayor de N que "Solana", para una misma fecha y tratamiento. Para este estudio los niveles de N foliar oscilaron de 2,1 % a 3,4 %.

Cannell et al (1961), realizó un ensayo con el cultivar "Lassen", evaluando la influencia del nivel y método de riego, uso de mulch de polietileno y fertilización nitrogenada en la producción de frutilla en California. Los niveles de N utilizados fueron de 56 y 112 kg/há de N, aplicadas como sulfato de amonio. Encontraron que la absorción de N se incrementó con la disminución del contenido de humedad del suelo. Los niveles de N foliar oscilaron de un mínimo de 1,99 % a 3,26 %.

Human and Kotzé (1990), analizando el contenido de N foliar en la tercer semana de cosecha (Setiembre, Hemisferio Sur) encontraron una respuesta altamente significativa a la aplicación de 36 kg/há de N en primavera. El contenido de N en las plantas fertilizadas fue de 3.12 % y de 2.55% en las no fertilizadas. El menor contenido de N foliar se vio reflejado en un rendimiento menor en el resto de la estación de producción.

Poebsting et al (1960), Voth et al (1961) y Cannell et al (1961) verificaron la disminución en el contenido de N foliar a medida que avanza la estación de crecimiento.

Esto concuerda con lo señalado por John et al (1976), pero según este autor la magnitud de la disminución varía según el genotipo.

Human and Kotzé (1990), señalan que en la primer etapa de la estación de cosecha el contenido de N foliar fue mayor a 3%, pero al final del período de producción el nivel disminuyó a 1%. tanto en las plantas fertilizadas como en las no fertilizadas, indicando que el N aplicado en la última parte de la primavera no es absorbido, por lo cual los autores concluyen que la aplicación de N de fines de Octubre (Hemisferio Sur) no es eficientemente utilizada.

Esto concuerda con lo reportado por Ulrich et al (1980), citado por Human and Kotzé (1990).

Otra explicación posible es que el N absorbido en esta etapa es transportado al fruto.

Por otro lado, Kwong and Boyton (1959), indican que, aunque no encontraron diferencias significativas en la concentración de nutrientes en las muestras de los 2 cultivares utilizados, esto no significa que las diferencias no existan. Por el contrario, es probable que variedades que tienen marcadas diferencias en las características de crecimiento puedan tener diferencias en el análisis foliar debido a:

- 1) el efecto de la tasa de crecimiento sobre la edad de la hoja muestreada.
- 2) el efecto del crecimiento y fructificación sobre los requerimientos nutritivos de la planta.

Ibrahim and Mohamed (1993), señalan que hay diferencias considerables entre cultivares, en el requerimiento en N y en la sensibilidad al N.

Kotzé et al (), señala que aunque el % de N foliar al final del período de cosecha alcanzó valores aproximados al 1%, de todas maneras se logró una cosecha excepcionalmente buena.

Por otro lado, Bould (1964), en un factorial NPK, estudiando el rendimiento a campo, no encontró respuesta a la fertilización con N, en plantas que tenían una concentración de N foliar superior al 2,6% de la materia seca, al estado de fructificación.

Trabajando con distintas variedades, Roach and Bould (1962), citados por Bould (1964), no encontraron respuesta significativa al agregado de N en plantas con valores de N foliar de 2.61 a 3.3 % de la materia seca, en el inicio de la fructificación.

Voth et al (1967), concluye que pese a la dificultad de generalizar un nivel óptimo de N foliar, para las condiciones de California podría establecerse un nivel de aproximadamente 3 % para la mayoría de los cultivares.

Locascio et al (1977), trabajando con la variedad "Tioga", no encontró respuesta en el contenido de N en hoja, a los tratamientos con 94-55-104, 135-78-149, y 202-118-223 Kg/há de N-P-K, en tres muestreos: floración, mitad de cosecha y fin de cosecha.

En todos los tratamientos el valor de N en el muestreo temprano fue mayor a 3.1 % y mayor a 3.5 % en el último muestreo. Según los autores, estos valores estarían por encima del nivel crítico para frutilla.

Estos resultados concuerdan con los de Albregts and Howard (1984) y Ulrich et al (1980), citados por Albregts and Howard (1987), en el sentido de que el nivel óptimo de nitrógeno foliar, en el momento de la fructificación, oscila entre 2.6 y 3.0

2.4.1.2.- Potasio

Albregts et al (1991), indica que el contenido de K foliar se correlaciona bien con la tasa de fertilizante potásico aplicada.

El cultivar "Dover" tuvo una disminución del K foliar a niveles menores a 1% en los tratamientos que recibían bajos niveles de K, observándose síntomas de deficiencia de K en el mes de Feb.(H.N.) en los dos años de ensayo. Sin embargo los cultivares "Tufts" y "Chandler" no mostraron síntoma de deficiencia. Esta disminución indica que la cantidad de K absorbido por el cultivar "Dover", fue menor a la cantidad requerida para soportar una producción óptima.

Locascio et al (1977), señalan que el contenido de potasio en la hoja fue influenciado por el método de riego y por la tasa y método de aplicación del fertilizante. Con riego por goteo se incrementaron los niveles de K, solamente cuando el fertilizante fue aplicado con el agua de riego. La cantidad (50 o 100 %) y el momento (diaria o semanalmente) no afectan el contenido de K de la hoja. Sin el suministro de K, los niveles de este nutriente en hoja estuvieron por debajo del 2 %, pero por encima de los niveles críticos (1.5%).

Smith and Childers (1960), citados por Albregts et al (1991), no encontraron respuesta a la fertilización con K, trabajando con niveles en hoja mayores a 1.06 %.

Bould (1964), señala que el máximo rendimiento fue obtenido con aproximadamente 2 meq K/litro (entre dosis de 1/4, 1/2, 1,2 y 4 meq K/litro). Este nivel de nutriente en la solución nutritiva produce una concentración de K en la hoja de fructificación de 1% en materia seca. Al aumentar el K en la solución de 2 a 4 meq/l el contenido de K en la hoja de fructificación se incrementó a 1.89% y se produjo un pequeño aumento en el rendimiento, aunque no significativo. El peso seco de la parte aérea más la raíz se incrementó de forma significativa.

Este autor también señala que en un experimento en el que el nivel de N, P y Mg se mantuvieron en niveles adecuados, el hecho de aumentar el nivel de K en la solución de 1 a 3 meq/l tiene un efecto significativo en el rendimiento de fruta de primera, en el rendimiento total y en el peso seco de la parte aérea más la raíz. Esto estuvo asociado con un incremento de K en la hoja de fructificación de 1,37 a 1,86 % en materia seca.

Von Gruppe and Nurbachs (1962), citados por Bould (1964), encontraron un rendimiento máximo en frutilla, en un cultivo en arena, a niveles de K foliar de 0.7% en materia seca, después de la floración.

Bould (1958), citado por Bould (1964), trabajando con la variedad "Royal Sovereign", no encontró repuesta al K con niveles de este nutriente en hoja en el período de fructificación, mayores a 1.5% en materia seca.

Por el contrario, el aumento en el contenido de K foliar en fructificación de 0.7% a 1% en M.S., causó un aumento pequeño pero significativo (nivel de 5%) en el rendimiento total y en el rendimiento comercial.

Bould and Catlow (1954), citados por Bould (1964), utilizando el cultivar "Climax", obtuvieron un incremento en el rendimiento de fruta de primera y en el rendimiento total, al aumentar el K aplicado y la concentración del mismo en la hoja de 0.88% a 1.48% en materia seca.

Bould (1964), establece un nivel óptimo de K foliar en floración y fructificación mayor a 2.0 % y 1.5 % respectivamente.

Bradfield et al (1975), citado por Albregts et al (1991), establece valores óptimos de 1.2 % en hoja.

Albregts and Sutton (1971), citados por Locascio et al (1977), y Saxena and Locascio (1967) establecen un valor crítico de K foliar de 1.5 %.

Human and Kotzé (1990), reportan que la aplicación de K en primavera resulta en más K y menos Mg en la hoja. Esto se puede deber a la competencia entre ambos por los sitios de absorción.

También señalan que el nivel de K foliar fue constante durante la estación, salvo al final del período de cosecha donde disminuyó.

Albregts et al (1991), encontraron que la concentración de K foliar disminuyó desde floración (Diciembre, Hemisferio Norte) hasta el final de cosecha (Marzo).

Bould (1964), concluye que en la etapa de fructificación, la concentración de K en la lámina madura de la hoja más joven, puede ser dividida en cuatro rangos:

- < a 0.5% (en base seca): asociada con síntomas de deficiencia, escaso vigor de la planta, bajo rendimiento y pobre calidad de fruta.

- 0.5% a 1% : es una región de alta respuesta en ausencia de otros factores limitantes.
- 1% a 1.5% : región marginal, donde una respuesta significativa al K es dudosa.
- > a 1.5% : las plantas no responden al K.

Bould (1964) y Molino (1981), citado por Albregts et al (1991), indican que durante la fructificación, el nivel de potasio foliar debería de ser mayor a 1.5 %, sin embargo Bradfield et al (1975), señala un valor de 1.2 % como óptimo.

Smith and Childers (1960), citados por Albregts et al (1991) indican que cuando el contenido de K foliar fue menor o igual a 1%, el crecimiento de la planta fue restringido.

2.4.1.3.- Relación entre N foliar y K foliar

Voth et al (1967), reporta que existe una relación inversa entre el nivel de N en la hoja y el % de K.

Human and Kotzé (1990), señalan que el contenido foliar de K fue mayor en las plantas que no recibieron N en otoño. Si bien es probable que esto pueda deberse al efecto de dilución (por el mayor crecimiento que lograron las plantas fertilizadas en otoño), es más probable que se deba a una absorción diferencial debido a la competencia por los sitios de intercambio disponibles en los suelos utilizados en este ensayo (de baja C.I.C.). Además el NH_4 (amonio) aplicado puede competir con los iones K por los sitios disponibles en el complejo de intercambio catiónico.

Es probable que las plantas de mayor tamaño absorban cantidades mayores de K, pero debido a la mayor tasa de crecimiento se produce un efecto de dilución.

Las plantas que no recibieron N contienen menos Ca, posiblemente como resultado de la competencia con el K por los sitios de absorción.

Ajayi et al (1970), encontró en tomate, que las aplicaciones de K disminuyen la concentración del N total foliar a un nivel dado de fertilización con NH_4 ,

aparentemente debido a la competencia entre el K y el NH_4 por los sitios de absorción.

El NH_4 no puede ser acumulado en los tejidos de las plantas en condiciones normales; sin embargo aplicaciones prolongadas de una fuente externa de NH_4 puede inducir su acumulación. A altas tasas de aplicación de NH_4 se requiere un incremento en la concentración de K foliar para prevenir la toxicidad del mismo.

Las altas relaciones de NH_4/K ocurren en las últimas fechas de muestreo, mientras que las relaciones bajas (con inhibición del crecimiento), se producen en fechas tempranas. Esto está de acuerdo con lo observado, de que las plantas son menos tolerantes al NH_4 en estados tempranos de crecimiento.

Bould (1967), señala que la aparición de síntomas de deficiencia de K en hojas de frutilla coincide con valores de K foliar de 0.5% o menos, en materia seca, dependiendo de los niveles de N.

En presencia de altos niveles de N y bajos de K, aparecen áreas necróticas en los peciolo, causando marchitamiento y muerte de hojas.

2.4.2.- Composición del fruto

De acuerdo a Albregts and Howard (1978) el contenido de materia seca de los frutos varía con la etapa del ciclo y con el clon. El peso seco de los frutos es mayor en la primera parte de la estación de cosecha, más baja a media estación y vuelve a crecer hacia fin de la misma.

2.4.2.1.- Nitrógeno

Saxena et al (1967), señala que el contenido de N del fruto se incrementó linealmente al aumentar la cantidad de N aplicado. Las dosis de N utilizadas fueron de aproximadamente 67, 134 y 201 kg/há de N.

El contenido de N del fruto no fue influenciado ni por la tasa, ni por la fuente de K utilizada. Los niveles de N en el fruto oscilaron de 1,25 % a 1,55 %.

2.4.2.2.- Potasio

Saxena et al (1967), indica que el contenido de K del fruto se incrementó linealmente con el aumento en el suministro de K.

Sin embargo ese incremento fue significativo sólo en la parte final de la estación de fructificación.

Variaciones en el nivel de N no mostraron ningún efecto en el contenido de K del fruto.

El contenido de K del fruto fue significativamente mayor cuando la fuente de potasio utilizada fue el K_2SO_4 , en comparación con el KCl.

El contenido de Ca del fruto tendió a ser menor cuando la tasa de K aplicada se incrementó.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1- UBICACIÓN

El trabajo experimental se realizó en el correr del año 1993, en el predio del Sr. José Martínez Savio, ubicado en Avenida Rodó (zona suburbana de la ciudad de Salto).

3.2- SUELO

El suelo sobre el que se instaló el experimento es un Argisol dístrico ócrico abráptico, perteneciente a la unidad de suelos Salto, con un horizonte A de textura franco-arenosa de 35 cm de profundidad y un horizonte B arcillo-arenoso.

En el cuadro N° 2 se resumen los resultados del análisis de suelo de los primeros 20 cm del suelo de cada bloque, obtenidas previo a la instalación del experimento.

Cuadro N° 2: Resultados del análisis químico del suelo.

bloque	pH (H ₂ O)	M.O.(%)	P (ppm)	K (meq/100g)
1	5.7	0.8	> 63	0.34
2	6.0	0.7	> 63	0.26
3	6.1	0.8	> 63	0.27
4	6.1	1.0	> 63	0.28
5	6.4	0.9	> 63	0.27
media	6.1	0.84	—	0.28

En los dos años anteriores, en el área del experimento, se cultivó cebolla. En el verano 92-93 el suelo permaneció en barbecho a través de laboreos periódicos con rastra de discos como forma de controlar las malezas.

3.3- CLIMA

Los parámetros de temperatura máxima y mínima, humedad relativa, lluvia y heladas, se presentan en los cuadros No. 3, 4 y 5. Los datos corresponden a los del año del cultivo, y se incluye los desvíos de los mismos con respecto al promedio de años de las series climáticas existentes.

Estos datos fueron tomados en la Estación Meteorológica de Salto, y fueron procesados y suministrados por la Cátedra de Agrometeorología, E.E.F.A.S..

Las series climáticas de referencia fueron las siguientes:

- ⇒ Temperatura 1946-1980
- ⇒ Humedad relativa 1946-1970
- ⇒ Precipitación 1951-1980

Cuadro N° 3: Promedios de temperatura y humedad relativa del aire para 1993, y su desvío con respecto al promedio de la serie climática existente.

	temp. aire (°C)				humedad relativa (%)	
	máxima		mínima		prom.	des.
	prom.	des.	prom.	des.		
Ene.	32.1	(*)+1.1	21.2	+3.1	71.0	+12.0
Feb.	29.2	-0.8	17.8	+0.5	72.0	+13.0
Mar.	30.3	+2.7	17.7	+2.1	73.0	+7.0
Abr.	25.9	+2.5	15.2	+3.3	78.0	+7.0
May.	19.7	-0.7	10.8	+1.0	81.0	+8.0
Jun.	18.4	+1.6	8.4	+1.0	80.0	+3.0
Jul.	16.2	-0.7	7.1	+0.1	78.0	+3.0
Ago.	20.9	+2.5	7.3	0.0	74.0	+4.0
Set.	21.8	+1.4	8.9	-0.2	67.0	-3.0
Oct.	25.5	+2.3	14.8	+3.4	74.0	+6.0
Nov.	26.6	-0.2	16.0	+2.2	71.0	+8.0
Dic.	29.4	-0.2	17.9	+1.6	68.0	+9.0

(*) Cuando es (+) el registro de 1993 estuvo por encima del promedio de años registrados y cuando es (-), viceversa.

Cuadro N° 4: Número de días con precipitaciones y milímetros de lluvia caída para 1993, y su comparación con series climáticas

	milímetros	des.	n° de días	des.
Ene.	129.0	(*)+8.4	13	+7
Feb.	43.3	-59.0	10	+4
Mar.	126.0	-23.0	5	-2
Abr.	158.0	+30.9	12	+5
May.	334.0	+249.0	11	+5
Jun.	31.8	-64.0	4	-4
Jul.	38.8	-37.0	7	+1
Ago.	22.7	-51.0	5	-1
Set.	7.7	-97.0	3	-4
Oct.	300.0	+176.0	12	+4
Nov.	166.0	+57.0	12	+6
Dic.	140.0	+32.8	7	0

(*) Cuando es (+) el registro de 1993 estuvo por encima del promedio de años registrados y cuando es (-), viceversa.

Cuadro N° 5: Fechas de primer y última helada, y período con heladas en 1993 en comparación a la serie climática.

	año 1993	prom. serie climática
Primer helada meteorológica	1 de Junio	19 de Junio
Última helada meteorológica	18 de Agosto	1 de Agosto
Período con heladas	79 días	44 días
Período libre de heladas	286 días	321 días

3.4- PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DEL ENSAYO

3.4.1. - Preparación del suelo y del cantero.

En el mes de Febrero se trabajó el suelo con arado y rastra de discos. Los canteros se levantaron en el mes de Marzo, utilizando un encanterador de discos, y una chapa que le da la forma deseada a los mismos.

La distancia entre canteros fue de 1.6 m, con un ancho de mesa de 1 m aproximadamente, y una altura de 0.25 a 0.3 m

El 11 de Marzo se realizó el abonado orgánico sobre la superficie de los canteros, 4 días más tarde se aplicó el fertilizante químico de base, incorporándose con pala de dientes. Entre ambas aplicaciones llovió 60 mm.

Las cantidades aplicadas se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 6: Abonado orgánico y fertilización aplicada de base.

	por m2 de cantero
Abono orgánico (mantillo de bosque)	10 litros
Superfosfato de calcio (0-21-23-0)	100 g.
KCl (0-0-0-60)	15 g.
Urea (46-0-0-0)	5 g.

El 20 del mismo mes se colocó el mulch de nylon negro, previa instalación de dos líneas de riego por goteo por cantero.

3.4.2. - Preparación de las plantas

La variedad utilizada fue **Chandler**, obteniéndose las mudas de un vivero comercial de la zona. Los plantines fueron extraídos del mismo entre los días 20 y 22 de Marzo.

Los plantines se bañaron por inmersión, en una suspensión de Benomil a razón de 1 g. de producto comercial por litro de agua, durante 10 minutos.

Posteriormente, y previo corte de las puntas de las raíces, se transplantaron en macetas de plástico de aproximadamente 400 cm³ de capacidad. Por cada m³ de suelo necesario para el llenado de las macetas se agregaron 75 litros de abono orgánico (mantillo de bosque), 400 gr de Superfosfato de calcio (0-21-23-0) y 60 gr de KCl (0-0-0-60). Ambos fertilizantes químicos se molieron antes de ser agregados a la mezcla para favorecer la uniformidad de la distribución.

Las macetas permanecieron entre 25 y 28 días bajo un invernáculo, protegidas del sol con una malla de sombra del 50 %.

Periódicamente recibieron los riegos y curas necesarias.

Entre el 16 y 17 de Abril se realizó el transplante a campo.

El sistema de plantación fue en tresbolillo, con 30 cm entre plantas y con 4 filas por cantero.

3.4.3. - Protección contra heladas.

A principios del mes de Junio se instalaron túneles de polietileno natural (no tratado) de 100 micrones, a los efectos de cubrir la mesa del cantero. La altura máxima del túnel sobre el cantero fue de aproximadamente 0.5 m

3.4.4. - Manejo general del cultivo.

El manejo del riego consistió en mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo, a través de riegos de poco volumen y de alta frecuencia. El nivel de humedad se determinaba subjetivamente por observación visual y por tacto.

Las líneas de riego eran del tipo Typhoon, tubos con goteros integrados no autocompensados, de 2 litros/hora/emisor separados a 0.3 m

Periódicamente se realizaron los controles sanitarios necesarios con productos de uso común en el cultivo.

3.4.5. - Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un arreglo factorial 2 x 3, con un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones.

⇒ Factores:

- a) dosis de nitrógeno.
- b) relación potasio:nitrógeno.

⇒ Niveles de cada factor:

a) dosis de N

- 150 Kg de N/ha.
- 225 Kg de N/ha.

b) relación K: N

- 1:1
- 1.5:1
- 2:1

Cada parcela experimental ocupó una superficie de 8 m² (5 m de largo por 1,6 m de ancho), con 4 filas de plantas y un total de 68 plantas por parcela.

Para efectuar el análisis estadístico se utilizó el paquete SAS. En primera instancia se hizo un análisis de varianza para bloques, cada factor y su interacción.

Para determinar cuales de los tratamientos son significativamente diferentes se separaron las medias con la prueba Least Squares Means (LSM).

3.4.6. - Tratamientos realizados.

Los tratamientos consistieron en refertilizaciones realizadas a través del fertirriego. De acuerdo a lo señalado anteriormente se definieron 6 tratamientos, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 7: Tratamientos realizados en fertirriego.

tratamiento	dosis de N (kg./ha)	dosis de K ₂ O (kg./ha)
1	150	150
2	150	225
3	150	300
4	225	225
5	225	337,5
6	225	450

Las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron nitrato de potasio (13-0-44) y nitrato de amonio (33-0-0).

El fraccionamiento de la dosis total de fertilizante a aplicar por hectárea se realizó de acuerdo a una curva probable de producción, estimada para este cultivar en la zona. En base a ello se realizó la siguiente distribución del fertilizante:

- 15/07 al 15/08. 10% de la dosis total
- 15/08 al 15/09. 40% de la dosis total
- 15/09 al 15/10. 40% de la dosis total
- 15/10 al 15/11. 10% de la dosis total

A su vez la cantidad de fertilizante a aplicar en cada momento se dividió entre el número de semanas comprendidas en cada período, de forma de realizar una aplicación semanal.

El fertilizante se aplicó individualmente en cada parcela a través de una línea de riego adicional e independiente a la de riego utilizada para todo el experimento.

La cantidad de fertilizante a aplicar era disuelta en 8 litros de agua y posteriormente se inyectaba con una pulverizadora de tipo mochila.

3.4.7. - Mediciones realizadas

3.4.7.1. - Rendimiento

El período de cosecha se extendió desde el 23/07 al 16/11.

El número de cosechas por semana varió de 1 a 4 en función de la época del año.

La fruta de cada parcela se clasificó en 3 categorías según el diámetro ecuatorial, a saber:

- categoría 1: diámetro mayor o igual a 2,54 cm.
- categoría 2: diámetro entre 1,8 y 2,54 cm.
- categoría 3: diámetro menor a 1,8 cm.

Las dos primeras categorías corresponden a fruta comercial y la 3 descarte.

En cada categoría se registró el número de frutos y el peso total.

3.4.7.2. - Calidad de fruta

3.4.7.2.1. - Sólidos solubles y acidez titulable.

Semanalmente, en el período comprendido entre el 31/08 y el 27/10, se tomaron muestras de 15 a 20 frutos por parcela en todos los tratamientos.

La fruta lavada, se trituró en una juguera. El líquido obtenido se dejó decantar durante algunos minutos y luego se filtró con filtros de papel. A este líquido se le determinó el contenido de sólidos solubles mediante un refractómetro y la acidez titulable por titulación con NaOH (0,1 N) y fenolftaleína como reactivo indicador.

3.4.7.2.2. - Tamaño

El tamaño de la fruta promedio se determinó, para cada cosecha, por el cociente entre peso de fruta y número de frutos en cada categoría.

3.4.7.3. - Extracción de nutrientes.

En una de las repeticiones del tratamiento 3 (elegida al azar) y en tres fechas (16/08, 14/09 y 23/10), se realizaron extracciones de 15 a 25 plantas por vez. La muestra incluía corona, hojas, flores y frutos en distinto grado de madurez.

Las muestras fueron lavadas con jabón neutro y posteriormente se secaron en estufa a 65°C. Luego se acondicionaron hasta ser analizadas.

En el laboratorio de análisis foliar del MGAP se realizó la digestión por vía húmeda (ácido sulfúrico y perhidrol), determinándose el porcentaje de N total por el método de Kjeldahl y el porcentaje de K por el método de espectrofotometría de llama.

Estas determinaciones se efectuaron sobre una submuestra, obtenida del conjunto de la totalidad de las plantas molidas para cada fecha,

Además, semanalmente y en el período comprendido entre el 19/08 al 06/11 se tomaron muestras de frutos del tratamiento 3. Los frutos se secaron en estufa a 65°C, y por los mismos métodos se efectuaron los análisis del contenido de N y K.

3.4.7.4. - Contenido de N y K foliar

Se realizó un análisis foliar por bloque previo al inicio de los tratamientos con fertirriego y luego de iniciados los mismos, 3 muestreos foliares (16/08, 14/09 y 23/10) para cada tratamiento. Se muestreó la primer hoja totalmente desarrollada, tomándose al azar, un total de 15 hojas (folíolos y pecíolo) por parcela.

Las muestras se lavaron con jabón neutro y luego se secaron en estufa a 65°C, acondicionándose hasta el momento de ser analizadas.

Los análisis realizados fueron iguales que en el caso anterior.

3.4.8. - Variables analizadas

1. Rendimiento comercial en tt/ha.
2. Peso por fruta y número de frutos comerciales.
3. Rendimiento de fruta de 1ª.
4. Peso por fruta y número de frutos de 1ª.
5. Rendimiento de fruta de 2ª.
6. Peso por fruta y número de frutos de 2ª.
7. Rendimiento total en tt/ha.
8. Porcentaje de N-total en hoja.
9. Porcentaje de K en hoja.
10. Contenido de sólidos solubles de la fruta.
11. Acidez titulable de la fruta.
12. Extracción de N y K.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRUTA

4.1.1.- Efecto sobre el rendimiento precoz.

En el cuadro N° 8 se presenta el rendimiento precoz obtenido por categoría para cada dosis de nitrógeno y relación potasio:nitrógeno

La producción del mes de julio fue muy escasa, por lo que el rendimiento precoz se debe casi exclusivamente a las cosechas registradas en agosto. Este atraso en el inicio de cosecha fue común, ese año, en los cultivos de frutilla de la zona.

A modo de ejemplo puede citarse que en el año 1993, en la Estación Experimental INIA-Salto Grande, utilizando el cultivar Chandler y en condiciones de producción bajo túnel se logró una producción comercial precoz de 3.402 kg./ha. (Serie Actividades de Difusión N° 31, Jornada de campo, INIA SALTO GRANDE).

Cuadro N° 8: Rendimiento Precoz (kg./ha) para cada dosis de N y relación K: N.

		Categorías				
		1º	2º	Desc.	Com.	Total
dosis	150	2.505	168	156	2.673	2.830
de N	225	2.695	188	162	2.883	3.045
	1	2.641	187	179	2.828	3.007
K:N	1.5	2.572	156	165	2.728	2.893
	2	2.582	190	133	2.772	2.905

El análisis de varianza para estos datos de rendimiento se muestra en el cuadro N° 9. Del mismo se concluye que no existe efecto de los tratamientos en el rendimiento precoz en ninguna de las categorías consideradas.

Cuadro N° 9: Análisis de varianza para el rendimiento precoz por categoría.

	GL	<i>Categorías</i>				
		1° Pr >F(4)	2° Pr >F	Desc. Pr >F	Com. Pr >F	Total Pr >F
Bloque	4	0.499	0.289	0.174	0.581	0.498
DN	1	0.503	0.354	0.813	0.466	0.477
K:N	2	0.952	0.684	0.401	0.926	0.915
DN*K:N	2	0.213	0.490	0.922	0.317	0.342
CME (1)	18	558.94	70.12	70.90	602.38	642.33
C.V. (2)	--	21.49	39.36	44.30	21.68	21.86
Media (3)	--	2600	178	160	2778	2938

(1)= Cuadrado Medio del Error

(2)= Coeficiente de Variación (%)

(3)= Promedio para cada parámetro

(4)= nivel de significación en el ANOVA

Una posible explicación de la falta de respuesta es la fecha de inicio de los tratamientos diferenciales de fertirriego (15/07). Gran parte de la producción lograda hasta el 31/08 ya estaba determinada. La cosecha comenzó el 23/07.

A esto se suma la forma de distribución de la fertilización en el ciclo del cultivo (10 % de la dosis total hasta el 15 de agosto), con lo cual la diferencia en las cantidades absolutas de fertilizantes aplicados es mínima entre los tratamientos.

La falta de respuesta al N en el rendimiento precoz, coincide con lo señalado por Casado y Hernando (1976).

Otros autores en cambio, indican que con pequeñas y frecuentes aplicaciones de N en el otoño se logran rendimientos mayores y más tempranos (Human and Kotzé, 1990); pero si el nivel de N es excesivamente alto puede afectar negativamente el rendimiento y la precocidad (Voth et al, 1967).

4.1.2.- Efecto sobre el rendimiento del período total de cosecha.

El rendimiento para el total del período de cosecha se muestra en el cuadro N° 10. Considerando los rendimientos potenciales obtenidos en la zona a nivel experimental (55 a 60 t/há), se puede afirmar que los rendimientos logrados en este trabajo son bajos.

Cuadro N° 10: Rendimiento (kg./ha) para cada dosis de N y relación K:N en el total del período de cosecha.

		C a t e g o r í a s				
		1°	2°	Desc.	Com.	Total
dosis	150	14.263	4.917	3.320	19.181	22.501
	de N 225	15.563	5.173	3.457	20.736	24.193
K:N	1	14.593	5.026	3.474	19.619	23.094
	1.5	15.161	4.987	3.386	20.149	23.536
	2	15.020	5.123	3.296	20.144	23.440

Una explicación de los bajos rendimientos es el efecto año, debido a las condiciones climáticas adversas registradas durante 1993.

De acuerdo a los datos climáticos presentados anteriormente (cuadros N° 3 y 4), los meses de marzo y abril fueron más cálidos de lo normal, con más precipitaciones y más días con lluvias que la serie climática, lo cual afectó la inducción y diferenciación floral. Así se produjo un atraso en el inicio de cosecha.

El período de heladas comenzó antes que el promedio y fue más extenso (79 días en 1993 vs. 44 días promedio en la serie).

Los meses de octubre y noviembre fueron más cálidos, con mayor humedad relativa, más precipitaciones y más días con lluvias en relación a la serie. En respuesta a ello las plantas dejaron de producir a mediados de noviembre.

Ello determinó que el período total de cosecha fuera muy corto, comenzando tarde (23 de julio) y culminando a mediados de noviembre, un mes antes de lo normal. Esta situación fue común en todos los cultivos de frutilla en la zona hortícola de Salto en 1993.

El análisis de varianza para la producción de fruta por categoría, en todo el período de cosecha, se presenta en el cuadro N° 11.

Existe un efecto significativo de la dosis de N sobre la producción de fruta de la categoría primera.

Para las categorías comercial y total, si bien la respuesta no es significativa, marca una clara tendencia a incrementar el rendimiento con la dosis más alta de N.

La interacción dosis de N * relación K:N tiene un efecto significativo sobre los rendimientos de fruta de las categorías primera y comercial.

Cuadro N° 11: Análisis de varianza para el rendimiento total del período, por categoría

	GL	Categorías				
		1° Pr > F	2° Pr > F	Desc. Pr > F	Com. Pr > F	Total Pr > F
Bloque	4	0.262	0.305	0.823	0.228	0.265
DN	1	0.068	0.435	0.425	0.105	0.115
K:N	2	0.604	0.809	0.615	0.703	0.838
DN*K:N	2	0.055	0.446	0.512	0.087	0.187
CME	18	1602.42	640.30	398.62	2116.60	2378.73
C.V.	--	10.74	12.69	11.76	10.60	10.19
Media	--	14913	5045	3389	19959	23348

Es normal encontrar efectos similares de los tratamientos en los rendimientos de las categorías primera y comercial. En este trabajo el 75 % del rendimiento de la categoría comercial corresponde a fruta de la categoría primera, por lo que cuando el tratamiento afecta a esta última, también afecta la comercial.

4.1.2.1.- Efecto de la dosis de N sobre el rendimiento comercial.

Tomando como referencia lo anteriormente manejado, a continuación se analizará en detalle el efecto de la dosis de N. sobre los rendimientos de la categoría comercial.

En el cuadro N° 12 se presenta los rendimientos obtenidos en cada mes de la estación de producción y el resultado del análisis de varianza para dichos datos.

Cuadro N° 12: Rendimiento comercial promedio mensual y total (kg./ha) para cada dosis de N y resultado del análisis de varianza.

		M e s e s				
		Jul-Ago	Set	Oct	Nov	Total
dosis	150	2.674	5.078	10.032	1.398	19.182
de N	225	2.884	5.233	11.000	1.620	20.737
P>F		0.466	0.699	0.106	0.409	0.105

En el mes de octubre se produce un pico muy importante de producción, con más del 50 % del rendimiento total alcanzado en el período de cosecha.

Si bien la dosis de nitrógeno no tiene efecto significativo, en el mes de octubre y en el total del período se registran tendencias a un mayor rendimiento con la dosis de 225 kg. de N/ha, muy próximas a una significación del 10 %.

De acuerdo a la bibliografía, para las dosis de N manejadas en este trabajo, con los rendimientos totales obtenidos es probable encontrar una falta de respuesta a los tratamientos con N. Sin embargo cuando se produce el pico máximo de producción (octubre), donde las exigencias para la planta son máximas, es cuando se evidencia una clara tendencia hacia una respuesta a la dosis más alta de N.

Por ello a continuación se estudia el efecto del N sobre el número de frutos y la producción total para las categorías primera y segunda (cuadro N° 13), componentes de la categoría comercial. El tamaño de los frutos (el otro componente del rendimiento) se analizará más adelante.

Se observa que en los períodos considerados y para la categoría primera, existe respuesta significativa en rendimiento a la mayor dosis de N. En octubre esta respuesta esta explicada por el efecto significativo de la dosis de N en la mayor cantidad de frutos producidos.

Para la categoría segunda no se evidencian efectos significativos.

Según Breen and Martin (1981), para un cultivar determinado, el incremento de la dosis de N aumenta la producción de flores por planta, aunque al alcanzar niveles mayores al óptimo de N se produce una disminución de la misma. Altos niveles de N (superiores a las dosis óptimas) reducen el número de inflorescencias por corona, pero incrementan el número de coronas por planta y el número de flores por inflorescencia, con lo cual se puede compensar parcialmente el número de flores por planta.

Cuadro N° 13- Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el número y rendimiento de fruta de las categorías 1 ,2 y comercial en el mes de Octubre y en el total del período de cosecha.

dosis de N	categoría 1		categoría 2		comercial	
	Nºfrut.	kg.	Nºfrut.	kg.	Nº frut.	Kg.
<i>Octubre</i>						
150	561429	7046	455625	2986	1017054	10032
225	622500	7861	483036	3139	1105536	11000
Pr >F	0.032	0.051	0.516	0.631	0.128	0.106
<i>Período total</i>						
150	1105714	14264	717946	4918	1823660	19181
225	1177321	15563	760982	5173	1938303	20737
Pr >F	0.201	0.068	0.350	0.435	0.226	0.105

De acuerdo a la bibliografía (Hochmuth et al, 1994; Casado y Hernando, 1976; Voth et al, 1961; Voth et al, 1967; Albregts and Howard, 1987), los mayores rendimientos se logran con dosis que oscilan entre 120 y 220 Kg de N

por há. Con dosis mayores la respuesta es variable según los autores; en algunos casos no se observa respuesta y en otros ésta es negativa.

4.1.2.2.- Efecto de la relación K:N sobre el rendimiento comercial.

En el cuadro N° 14 se presenta los rendimientos obtenidos en cada mes de la estación de producción y el resultado del análisis de varianza para dichos datos.

Cuadro N° 14: Rendimiento comercial promedio mensual y total (kg./ha) para cada relación K:N y el resultado del análisis de varianza.

		M e s e s				
		Jul-Ago	Set	Oct	Nov	Total
K:N	1	2.828	5.094	10.400	1.298	19.620
	1.5	2.729	5.044	10.899	1.479	20.151
	2	2.773	5.336	10.263	1.773	20.145
P>F		0.926	0.557	0.599	0.086	0.703

Del cuadro N° 14 se desprende que sólo en el mes de Noviembre hay un efecto significativo al 10 % de la relación K:N sobre el rendimiento de fruta comercial. A continuación se muestra este efecto sobre el rendimiento y el número de frutos en las categorías 1ª, 2ª y comercial en dicho mes.

Cuadro N° 15- Efecto de la relación potasio-nitrógeno sobre los componentes del rendimiento de fruta comercial, en el mes de noviembre

Relac. K:N	categoría 1ª		categoría 2ª		comercial	
	Nºfrut.	kg.	N frut.	kg.	N frut.	kg.
1	71000 b (*)	769 b	87750	529	158750 b	1298 b
1.5	83611 ab	898 ab	97361	581	180972 ab	1479 ab
2	102500 a	1113 a	107361	660	209861 a	1773 a
Pr >F	0.057	0.084	0.165	0.13	0.083	0.086

(*)Las medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente al nivel del 0.05 de acuerdo a la prueba de Lsmeans (Least Squares Means)

Existe una diferencia significativa al 10 % en el número de frutos comerciales. La relación 2:1 rinde un mayor número de frutos que la relación 1:1. La relación 1,5:1 tiene un comportamiento intermedio, no mostrando diferencias con las demás.

En cuanto a la categoría 1ª, el comportamiento de los tratamientos es exactamente igual que para la categoría comercial. La relación 2:1 resulta en mayor producción y mayor número de frutos que la relación 1:1 y la relación 1.5:1 con un comportamiento intermedio.

La categoría 2ª si bien no muestra diferencias significativas entre las relaciones para ninguno de los parámetros evaluados, evidencia una tendencia similar..

Por lo tanto, la relación potasio-nitrógeno está afectando la cantidad de fruta comercial producida al afectar el número de frutas de primera.

Este efecto se produce hacia el final del ciclo productivo (noviembre), luego del importante pico productivo de octubre, y cuando la distribución del fertirriego marcaba una significativa disminución en la cantidad aplicada a partir del 15 de octubre.

4.1.2.3.- Efecto de la interacción dosis de N por relación K:N sobre el rendimiento comercial.

Tal como se observa en el cuadro N°11, existe un efecto significativo de la interacción, al nivel del 10%, en la producción de fruta comercial en el período total de cosecha. En la figura N° 1 se muestran los rendimientos comerciales obtenidos para cada dosis de N y relación K:N.

En el cuadro N° 16 se observa que para la categoría comercial, en la dosis de 150 kg. de N/ha, la relación 2 tiene un mayor rendimiento que la 1, siendo significativa la diferencia al 10 %. La relación 1.5 tiene un rendimiento intermedio, con 460 kg. más que la 1, y aproximadamente 1900 kg. menor a la 2, sin ser estas diferencias significativas.

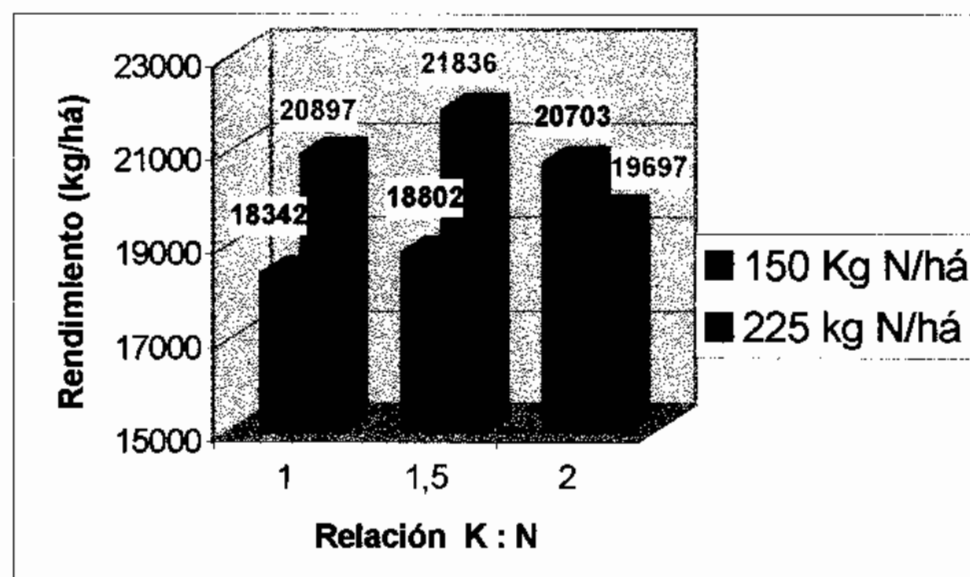


Figura N° 1: Rendimiento comercial total para cada dosis de N y relación K : N.

Cuadro N 16- Efecto de la interacción dosis de N * relación K: N sobre el Rendimiento y número de frutos de las categorías 1, 2 y comercial para el total del período de cosecha.

Dosis N	rel. K:N	Comercial		categoría 1		categoría 2	
		Nº. frut.	kg.	Nº frut.	Kg.	Nº frut.	Kg.
150	1	1716250 b (*)	18342 b	1015250 b	13517 c	701000	4826
	1.5	1844500 ab	18802 ab	1144750 a	14027 bc	699750	4776
	2	1931875 a	20703 a	1170000 a	15493 ab	761875	5210
225	1	1966000 a	20897 ab	1193750 a	15670 ab	772250	5227
	1.5	2012812 a	21836 a	1238125 a	16580 a	774687	5253
	2	1851000 ab	19697 b	1112250 ab	14643 bc	738750	5055

(*) Las medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente al nivel del 10 % de acuerdo a la prueba de Lsmeans (Least Squares Means).

Para la dosis de 225 kg. N/ha, con la relación 1.5 se logra un mayor rendimiento comercial que con la relación 2, significativa al 10%.

En este caso es la relación 1 la que tiene un rendimiento intermedio, con una diferencia de aproximadamente 1000 kg. con cada una de las otras, a pesar de lo cual no son diferencias significativas.

La categoría 1 presenta el mismo comportamiento que la comercial. Para la dosis de 150 kg. N/ha, la relación 2 tiene un rendimiento de fruta de primera significativamente mayor que la relación 1, mientras que para 225 kg. N/ha la relación 1,5 es la que obtiene mayor rendimiento.

Con respecto al número de frutos el resultado varía según el nivel de nitrógeno. Para la dosis de 150 kg. N/há, la relación 2 produce un mayor número de frutos comerciales y de la categoría primera que la relación 1. Para la dosis de 225 kg. N/há no existen diferencias significativas

En las condiciones de este ensayo, para un nivel de 150 kg. N/ha la relación K:N de 2:1 es la de mejor comportamiento, mientras que para 225 kg. N/ha la que produce mayor rendimiento es la relación 1,5:1. Sin embargo para esta dosis de N no hay efecto en el número de frutos.

Por lo tanto, dependiendo de la dosis de N la respuesta a la relación K:N es diferente. Cuando la dosis de N es baja, existe respuesta positiva en Kg. y número de frutos al aumento en la relación. Sin embargo cuando se manejan dosis altas de N, las relaciones altas de K:N que impliquen altas dosis de K presentan significativas mermas en el rendimiento, pero no afectan en número de frutos producidos.

4.2.- EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N SOBRE LA CALIDAD DE LA FRUTA.

4.2.1- Tamaño de fruta.

4.2.1.1- Producción precoz.

En el cuadro N° 17 se presentan los tamaños de fruta obtenidos para cada dosis de N y relación K:N, y en el cuadro N° 18 los resultados del análisis de varianza para el peso promedio de la fruta de cada categoría.

Cuadro N° 17: Tamaño promedio de fruta (gr.) para cada dosis de N y relación K: N.

		Categorías			
		1°	2°	Com.	Total
dosis	150	15.22	7.91	14.38	13.81
de N	225	15.30	8.13	14.50	14.05
	1	15.37	7.79	14.44	14.00
K:N	1.5	15.25	8.00	14.49	13.86
	2	15.15	8.31	14.39	13.92

Cuadro N° 18: Análisis de varianza para el tamaño promedio de la fruta de la cosecha precoz, por categoría y para el total.

		Categorías				
	GL	1° Pr > F	2° Pr > F	Desc. Pr > F	Com. Pr > F	Total Pr > F
Bloque	4	0.482	0.790	0.257	0.253	0.038
DN	1	0.931	0.477	0.641	0.884	0.513
K:N	2	0.821	0.482	0.191	0.992	0.649
DN*K:N	2	0.184	0.421	0.502	0.102	0.042
CME	18	0.0007	0.0008	0.0017	0.0006	0.0005
C.V.	--	4.34	10.15	19.59	4.14	3.64
Media	--	0.0153	0.0080	0.0087	0.0144	0.0139

Se observa que solo existe efecto significativo en el tamaño de fruta en el caso de la interacción DN*K:N para la producción precoz total.

Para esta categoría, y tal como se observa en la Figura N° 2, cuando se maneja una dosis de nitrógeno de 150 kg./ha, el mayor tamaño de fruta se obtiene con relaciones K:N de 2 a 1, en cambio con dosis de nitrógeno de 225 kg./ha el mayor tamaño de fruta se obtiene con relaciones de 1 a 1.

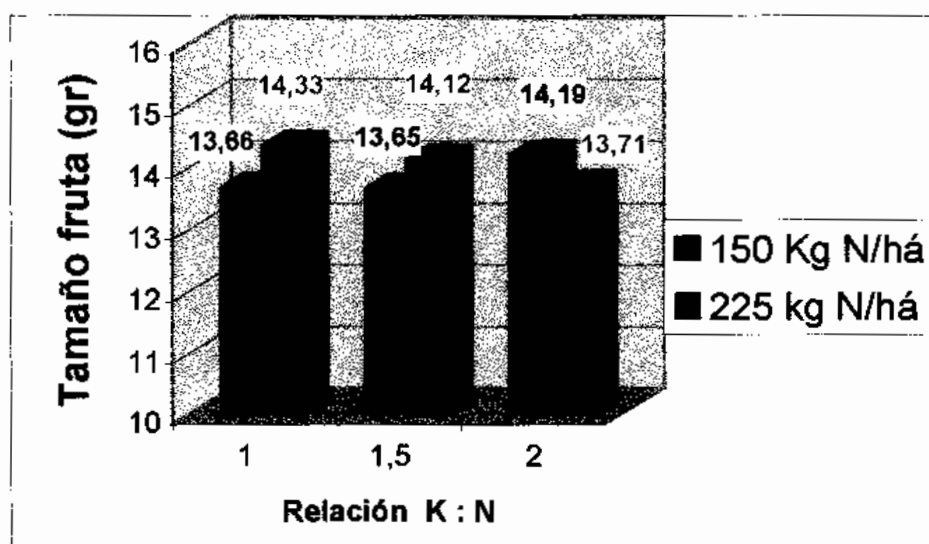


Figura N° 2: Tamaño promedio de la fruta producida hasta el 31 de agosto según dosis de N y relación K : N.

Dado que no existe respuesta en rendimiento precoz a los tratamientos, se puede afirmar que el efecto de la interacción sobre el tamaño de fruta no se traduce en la producción de más kg.

4.2.1.2- Producción anual total.

En el cuadro N° 19 se muestra el tamaño de fruta promedio en cada categoría para todo el período de cosecha, y en el cuadro N° 20 el resultado del Anova para dichos datos.

Cuadro N° 19: Tamaño promedio de fruta (gr.) para cada dosis de N y relación K: N.

		<i>Categorías</i>			Total
		1º	2º	Com.	
dosis de N	150	12.97	6.85	10.55	9.00
	225	13.20	6.80	10.69	9.12
K:N	1	13.22	6.83	10.66	9.04
	1.5	12.83	6.81	10.52	8.99
	2	13.18	6.84	10.67	9.14

Cuadro N° 20: Análisis de varianza para el tamaño promedio de la fruta cosechada en la estación de producción.

	GL	Categorías				
		1° Pr >F	2° Pr >F	Desc. Pr >F	Com. Pr >F	Total Pr >F
Bloque	4	0.680	0.084	0.125	0.650	0.432
DN	1	0.311	0.309	0.706	0.311	0.255
K:N	2	0.601	0.960	0.910	0.901	0.706
DN*K:N	2	0.172	0.468	0.563	0.220	0.019
CME	18	0.0007	0.00012	0.00021	0.00043	0.0003
C.V.	--	5.17	1.69	4.41	4.02	3.29
Media	--	0.0131	0.0068	0.0049	0.0106	0.00906

Al igual que para la fruta producida hasta el 31 de agosto (precoz), solo tiene efecto significativo la interacción dosis de N * K:N para la producción total de fruta.

Por lo tanto, las diferencias analizadas anteriormente en los efectos de los tratamientos sobre el rendimiento de las categorías comercial y primera para el total del período de cosecha, se debe a su acción sobre el número de frutos cosechados y no sobre su tamaño.

De la misma forma, el efecto de la interacción dosis de N * K:N sobre el tamaño de la fruta total producida, no se traduce en respuestas en el rendimiento.

Human and Kotzé (1990), afirman que la respuesta en tamaño de fruta a la fertilización nitrogenada es variable de acuerdo al momento del año que se realiza, existiendo respuesta a la fertilización otoñal.

Voth, et al (1967), afirma que con dosis muy elevadas de N se reduce el tamaño de la fruta, al parecer por un incremento excesivo en el crecimiento vegetativo.

En la figura N° 3 se muestra los tamaños de fruta obtenidos para cada dosis de N y relación K:N.

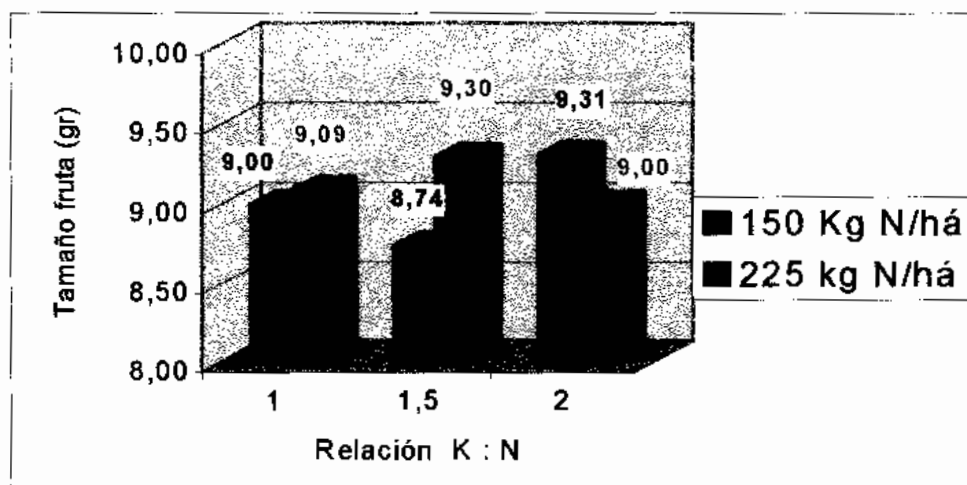


Figura N° 3: Tamaño promedio de la fruta producida según dosis de N y relación K : N.

Como se puede ver, cuando se utiliza 150 kg. N/ha. el mayor tamaño de fruta se obtiene con relaciones K:N de 2 a 1, siendo significativa la diferencia con la relación 1,5:1.

En cambio, cuando hablamos de 225 kg. N/ha., los resultados se invierten, obteniéndose el mayor tamaño con la relación 1,5:1, significativamente mayor que la obtenida con la relación 2:1.

Estos resultados son coincidentes por los reportados por varios autores. Albergt, et al (1994) encontró una disminución del peso de la fruta y el porcentaje de fruta comercial al aumentar el K, manteniendo constante el N a un nivel no limitante.

Human and Kotzé (1990) encontraron una reducción del tamaño de fruta al incrementar la tasa de aporte de K.

Albregts, et al (1991) reporta que la reducción en tamaño de fruta con el aumento del K es variable de acuerdo a la variedad, no encontrando diferencias en el caso de Chandler.

4.2.2- Efecto sobre los sólidos solubles.

En el cuadro N° 21 se muestra el contenido de sólidos solubles en fruta encontrados en las diferentes fecha de muestreo para cada dosis de N, para cada relación K:N y su interacción. También se muestra su significación al 10 %.

Cuadro N°21: Sólidos solubles en la fruta para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo.

		Fecha de muestreo							
		31/8	8/9	14/9	25/9	29/9	10/10	14/10	21/10
dosis de N									
150		4.57 b(*)	6.08 b	7.03	6.53	6.75	6.48	5.45	5.97
225		4.84 a	6.32 a	7.12	6.58	6.70	6.40	5.54	5.78
rel. K:N									
1		4.54 b	6.20	6.92	6.70 a	6.72	6.34 b	5.36 b	6.09 a
1.5		4.84 a	6.10	7.21	6.35 b	6.74	6.53 a	5.39 b	5.84 b
2		4.75 ab	6.30	7.10	6.63 ab	6.73	6.45 ab	5.73 a	5.67 b
interacción									
DN K:N									
150	1	4.46 b	6.21	6.87	6.79 a	6.92 a	6.61a	5.40 bc	6.23 a
150	1.5	4.51 ab	5.83	7.13	6.38 b	6.85 ab	6.56 a	5.29 c	5.93 ab
150	2	4.75 ab	6.20	7.12	6.40 b	6.49 b	6.27 b	5.67 ab	5.71 b
225	1	4.61 ab	6.19	6.97	6.61 ab	6.52 b	6.07 c	5.32 c	5.95 ab
225	1.5	5.17 a	6.36	7.30	6.32 b	6.62 ab	6.50 a	5.50 abc	5.75 b
225	2	4.75 ab	6.41	7.07	6.81 a	6.97 a	6.64 a	5.80 a	5.64 b

(*)Las medias seguidas de la misma letra dentro de columna y para cada parámetro (dosis de N, relación K:N e interacción)no difieren significativamente al nivel del 10 % de acuerdo a la prueba Lsmeans (Least Squares Means)

La dosis de nitrógeno tiene efecto significativo en las dos primeras fechas, a favor de la dosis más alta. No así para el resto del período.

El efecto de la relación K:N es muy variable entre las fechas de muestreo. Al comienzo de la estación de producción (31/8) la relación 1,5:1 presenta un contenido de sólidos solubles significativamente mayor que la relación 1:1, mientras que la relación 2:1 no muestra diferencia con las anteriores.

El 25/9 la situación se invierte, siendo la relación 1:1 mayor en sólidos solubles que la relación 1,5:1, y la relación 2:1 no presenta diferencias.

El 10/10, nuevamente la relación 1,5:1 presenta mayor contenido que la 1:1. El 14/10 la relación 2:1 presenta más sólidos que las otras dos, mientras que el 21/10 la relación 1:1 tiene más que las otras.

Esta variación en la respuesta a la relación K:N puede deberse a errores en el muestreo; a pesar de muestrear fruta totalmente roja es posible que estos frutos tengan distintos grados de madurez. Otra posible explicación es que exista otro u otros factores (por ej. ambientales), que tengan un papel más determinante en la acumulación de azúcares, y/o que interaccionen con la fertilización y determinen una respuesta diferente en cada fecha.

La interacción DN*K:N, tiene efecto significativo en los muestreos del 31/8, 25/9, 29/9 y 10/10. Su efecto también es variable de acuerdo a la fecha de muestreo.

De todas maneras se puede generalizar afirmando que para 150 kg. de N/ha. existe una tendencia hacia un mayor contenido de sólidos solubles al comienzo de la estación de producción de las relaciones K:N más altas, mientras que desde fines de setiembre en adelante es la relación más baja la de mayor contenido de los mismos.

En el caso de 225 Kg. N/ha. las relaciones más altas son las que presentan una tendencia a tener mayores sólidos solubles en toda la estación de producción. Esta tendencia se hace más notoria en los momentos pico de producción.

Saxena and Locascio (1967) reporta falta de respuesta a la fertilización con N en los sólidos solubles. Sin embargo, esto no concuerda con lo reportado por otros autores (Ibrahim and Locascio (1993); Voth et al (1967)) de que la fertilización nitrogenada reduce el contenido de sólidos solubles en la fruta.

Saxena and Locascio (1967) y Ricketson and Hill (1966) reportan que al aumentar la disponibilidad de K se aumenta el contenido de sólidos solubles de la fruta.

Para una mejor visualización de los resultados encontrados en este trabajo, en las Figuras N° 4 y 5 se representa gráficamente la evolución del contenido de sólidos solubles a lo largo de la estación de producción, de acuerdo a la dosis de N y la relación K:N respectivamente.

Puede apreciarse una importante variación en estos parámetros evaluados a lo largo de la estación de producción.

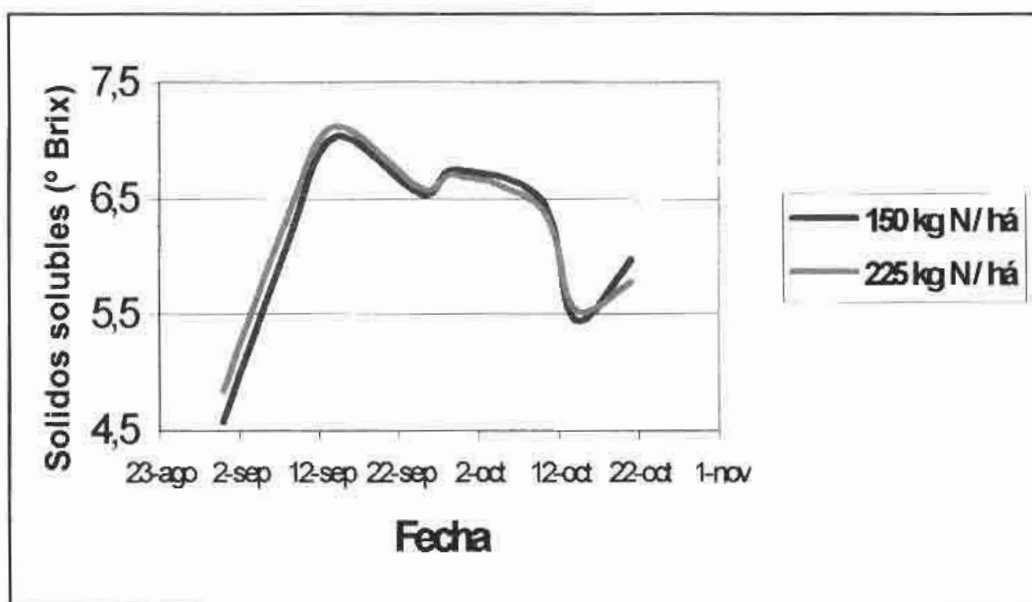


Figura N° 4: Evolución del contenido de sólidos solubles en fruta de acuerdo a la dosis de N

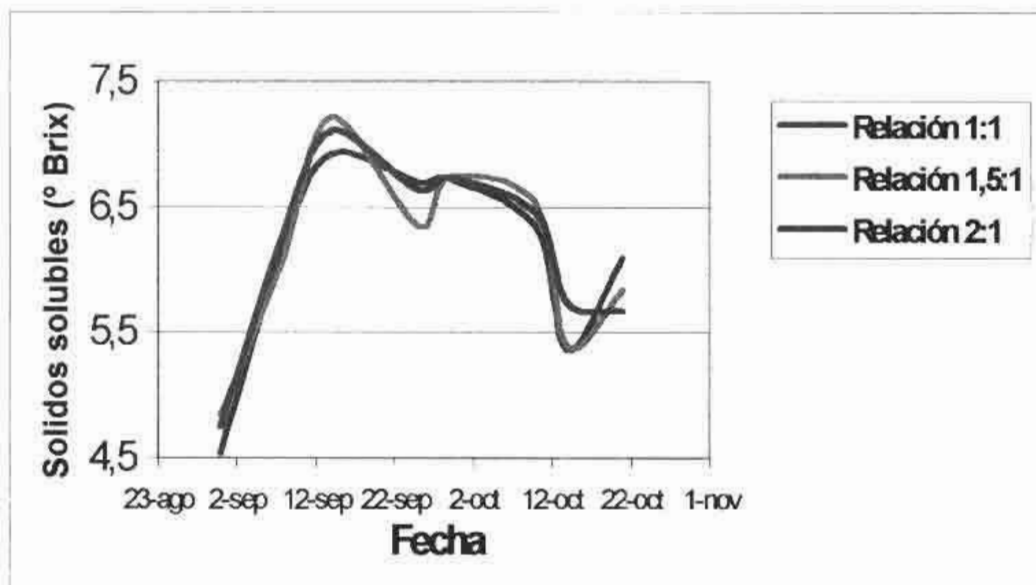


Figura N° 5: Evolución del contenido de sólidos solubles en fruta de acuerdo a la relación K:N

4.2.3- Efecto sobre la acidez titulable.

En el cuadro N° 22 se muestra el efecto de la dosis de N, la relación K:N y su interacción sobre la Acidez titulable en la fruta, así como las diferencias significativas al nivel del 10 %.

La dosis de nitrógeno tiene efecto significativo el 8/9, 14/9 y 14/10 a favor de la dosis de 225, mientras que el 29/9 y 21/10 existe diferencias significativas a favor de la dosis de 150 kg. de N.

El efecto de la relación K:N, al igual que para los sólidos solubles es variable según la fecha de muestreo.

El 29/9 la relación 1:1 presenta una acidez titulable significativamente mayor que la 1,5:1, mientras que la 2:1 no muestra diferencia con las anteriores.

Cuadro N°22: Acidez titulable promedio de la fruta para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo.

	Fecha de muestreo							
	31/8	8/9	14/9	25/9	29/9	10/10	14/10	21/10
dosis de N								
150	0.76	0.83 b	0.88 b	0.98	1.03 a	0.95	0.88 b	0.72 a
225	0.74	0.87 a	0.91a	0.97	0.98 b	0.95	0.92 a	0.56 b
rel. K:N								
1	0.74	0.85	0.89	0.98	1.03 a	0.96	0.86 c	0.71a
1.5	0.76	0.86	0.90	0.96	0.98 b	0.94	0.90 b	0.64 b
2	0.74	0.85	0.89	0.98	1.01 ab	0.96	0.94 a	0.56 c
interacción								
DN K:N								
150 1	0.77	0.85abc	0.86b	1.02a	1.06 a	0.97 a	0.84 d	0.83 a
150 1.5	0.74	0.83bc	0.87b	0.97bc	1.00 bc	0.95 ab	0.88 bd	0.74 a
150 2	0.76	0.81c	0.90ab	0.96bc	1.03 ab	0.95 ab	0.91 bc	0.57 b
225 1	0.72	0.86abc	0.92ab	0.95c	0.99 bc	0.96 ab	0.87 cd	0.60 b
225 1.5	0.77	0.89a	0.94a	0.95 c	0.96 c	0.92 b	0.92 ab	0.54 b
225 2	0.71	0.88ab	0.88ab	1.01ab	0.98 bc	0.97a	0.97 a	0.55 b

(*)Las medias seguidas de la misma letra dentro de columna y para cada parámetro (dosis de N, relación K:N e interacción)no difieren significativamente al nivel del 10 % de acuerdo a la prueba Lsmeans (Least Squares Means)

El 14/10 la relación 2:1 presenta más acidez titulable que las otras, y a su vez la relación 1,5:1 más que la 1:1. El 21/10 la situación es inversa, es la relación 1:1 la que presenta mayor acidez que las demás, y la 2:1 la menor acidez.

En el caso de la interacción dosis de N por relación K:N, el resultado es muy variable, sin una tendencia muy definida.

Este comportamiento errático, al igual que en los sólidos solubles, entre otros factores podría deberse a errores de muestreo. Otra posible explicación es errores en la determinación en el laboratorio. La titulación se realizó con NaOH 0.1 Normal. Para estos valores de acidez, el consumo de este producto es muy bajo, lo que incrementa el error analítico. Lo ideal es utilizar el producto

con una Normalidad de 0.01, con un mayor consumo y mayor exactitud en la determinación.

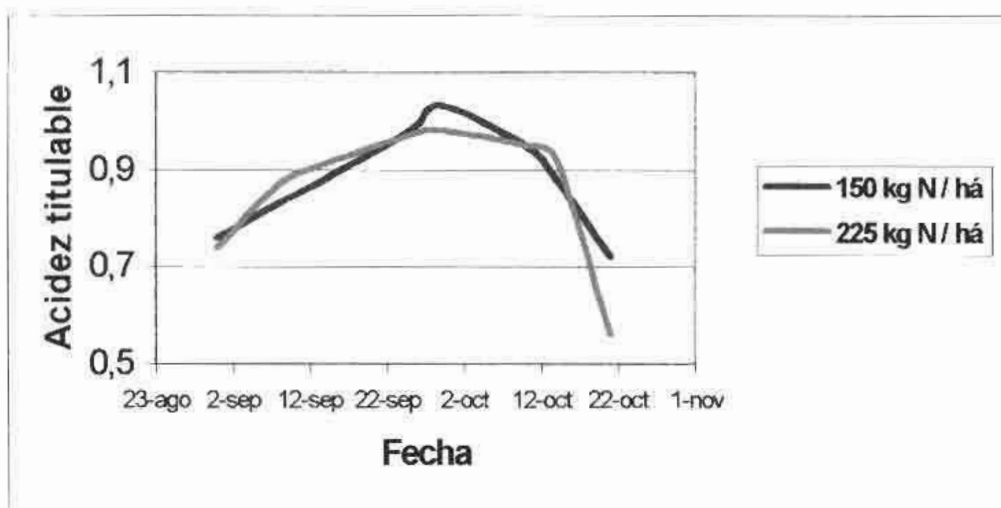


Figura N° 6: Evolución de la acidez titulable de la fruta de acuerdo a la dosis de N

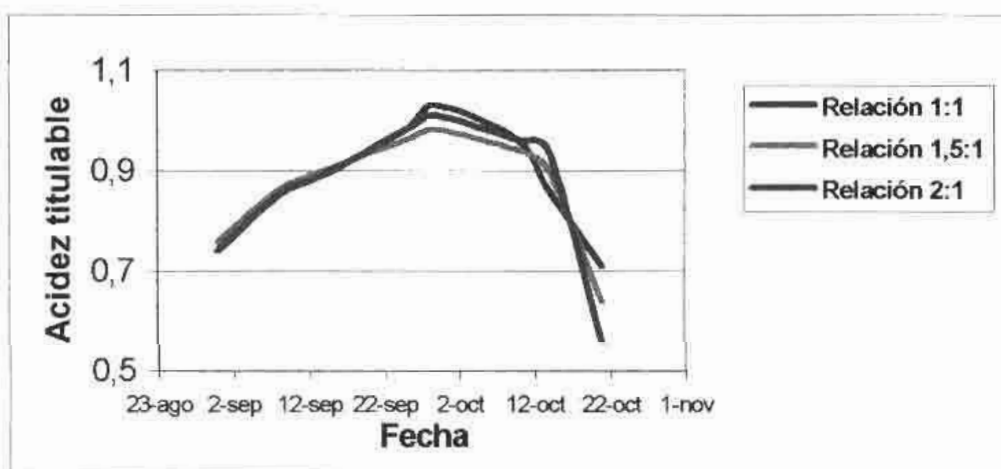


Figura N° 7: Evolución de la acidez titulable de la fruta de acuerdo a la relación K:N

De acuerdo a Saxena and Locascio (1967), el aumento del N provoca una disminución en la acidez titulable de la fruta. Existe una interacción entre el N y el K. Con el aumento a altas tasas de aportes de K la reducción en la acidez titulable debido al aumento en las tasas de aporte de N fue linealmente menor.

Al igual que para los sólidos solubles, en las figuras N° 6 y 7 se presenta la evolución en la estación de producción de la acidez titulable para cada dosis de N y relación K:N respectivamente.

4.2.4- Efecto sobre el ratio.

En el cuadro N° 23 se muestra los valores promedios de ratio para los tratamientos analizadas.

Cuadro N°23: Relación entre el contenido de sólidos solubles de la fruta y la acidez titulable para las distintas dosis de N, relación K:N y su interacción, en cada fecha de muestreo.

		Fechas de muestreo							
		31/8	8/9	14/9	25/9	29/9	10/10	14/10	21/10
dosis de N									
150		6.05b(*)	7.33	8.02	6.65	6.56 b	6.80	6.21	8.51b
225		6.60a	7.23	7.81	6.81	6.88 a	6.76	6.02	10.38a
rel. K:N									
1		6.12 b	7.28	7.79	6.83	6.56	6.60 b	6.25	8.84
1.5		6.40 a	7.12	7.99	6.63	6.88	7.00 a	5.97	9.39
2		6.46 a	7.46	7.95	6.75	6.72	6.74 b	6.11	10.28
interacción									
DN	K:N								
150	1	5.81	7.31	7.95	6.67	6.52 bc	6.84 ab	6.43	7.68
150	1.5	6.08	7.06	8.19	6.59	6.87 ab	6.93 a	5.99	8.15
150	2	6.26	7.63	7.88	6.70	6.30 c	6.62 bc	6.20	9.99
225	1	6.42	7.24	7.63	6.98	6.59 bc	6.36 c	6.08	10.01
225	1.5	6.72	7.17	7.78	6.67	6.90 ab	7.06 a	5.95	10.62
225	2	6.66	7.29	8.01	6.78	7.13 a	6.85 ab	6.01	10.51

(*)Las medias seguidas de la misma letra dentro de columna y para cada parámetro (dosis de N, relación K:N e interacción) no difieren significativamente al nivel del 10 % de acuerdo a la prueba Lsmeans (Least Squares Means)

En cuanto a la dosis de Nitrógeno, en tres momentos (31/8, 29/9 y 21/10) la dosis de 225 presenta un ratio mayor, mientras que en las demás fechas no existen diferencias.

En cuanto al efecto de la relación K:N, el 31/8 las relaciones 2:1 y 1,5:1 presentan un valor de ratio significativamente mayor que la 1:1. El 10/10 la relación 1,5:1 presenta significativamente mayor ratio que las otras. En las demás fechas no existen diferencias.

En cuanto al efecto de la interacción Dosis de N * Relación K:N, este es significativo solo el 29/9 y el 10/10.

El 29/9, para 150 kg. de N, la relación 1,5:1 tiene mayor ratio que la 2:1, mientras que la relación 1:1 no es diferente con las anteriores. Para 225 de N la situación es diferente, siendo el ratio para la relación 2:1 mayor a 1:1, mientras que la relación 1,5:1 no presenta diferencias con ninguna de las dos.

El 10/10 se repite la situación para 150 de N, mientras que para 225 la relación 1:1 tiene significativamente menor ratio que las relaciones 1,5:1 y 2:1, no existiendo diferencia entre estas últimas.

Para una mejor visualización de los resultados en las fig. Nº 8 y 9 se presentan gráficamente los valores para cada dosis de N y relación K:N respectivamente

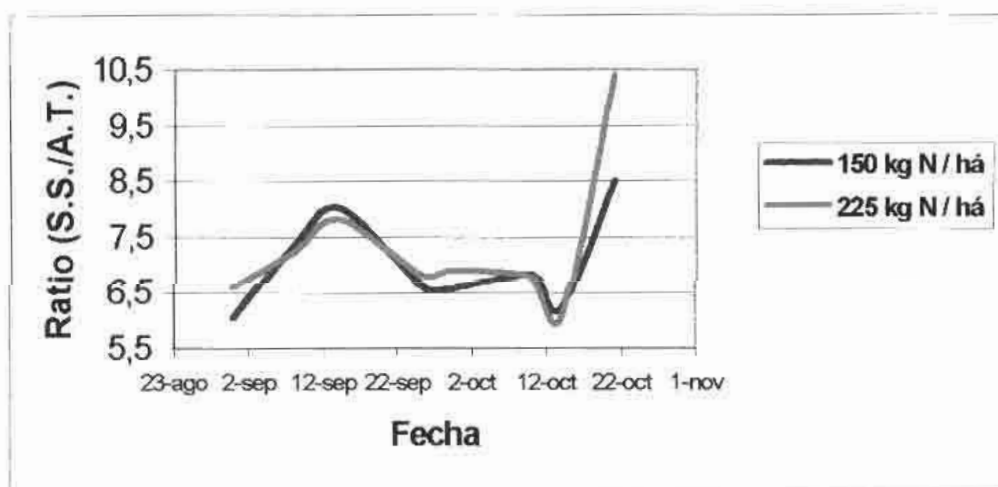


Figura Nº 8: Evolución del ratio (sólidos solubles / acidez titulable) de la fruta de acuerdo a la dosis de N

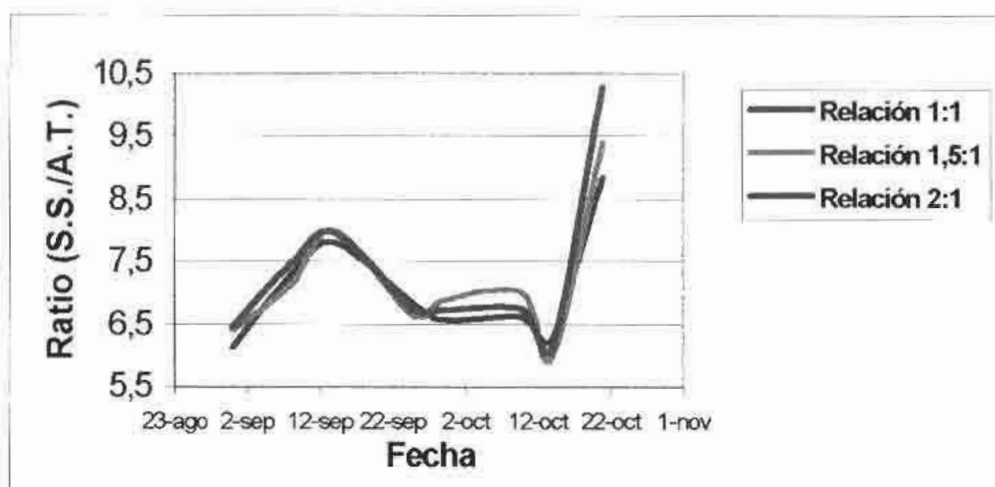


Figura N° 9: Evolución del ratio (sólidos solubles / acidez titulable) de la fruta de acuerdo a la relación K:N

4.3- EFECTO DE LA DOSIS DE NITRÓGENO Y DE LA RELACIÓN K:N, SOBRE EL CONTENIDO DE N Y K FOLIAR.

4.3.1- Efecto de la dosis de N.

En el siguiente cuadro se observa el efecto del nitrógeno sobre el nivel de N y K presentes en la hoja.

Cuadro N° 24- Efecto de la dosis de N sobre el contenido de N y K foliar y sobre la relación N: K

dosis de N	% N			%K			N/K		
	Ag	Set	Oct	Ag	Set	Oct	Ag	Set	Oct
150	3.04	3.02	2.44	2.67	2.79	2.98	1.14	1.09	0.82
225	3.02	2.96	2.48	2.73	2.68	2.97	1.11	1.11	0.83
Pr>F	0.70	0.35	0.52	0.16	0.21	0.89	0.23	0.62	0.51

De los valores de probabilidad se desprende que no existen diferencias estadísticamente significativas, entre las dosis de N, en el contenido de N y K, ni en la relación entre ellos en la cual se encuentran presentes.

Los valores de N foliar oscilaron entre 3.04 al comienzo de la estación de producción y 2.44 al final de la misma. Estos valores están por encima de los niveles críticos.

Roach y Bould, citados por Bould(1964), y Bould (1964), no encontraron respuesta significativa en el contenido foliar de N al agregado de este nutriente en plantas que tenían un contenido foliar de 2.61 a 3.3% al inicio de cosecha. Albregts and Howard (1987), señalan que el valor óptimo en el momento de fructificación oscila entre 2.6 y 3.0%.

La disminución en el contenido de N que se observa a medida que avanza la estación de producción coincide con lo señalado por varios autores. (Proebsting et al, 1960; Voth et al, 1961; Cannell et al 1961).

Los valores de K oscilaron entre 2.7 al inicio de la estación de producción y 3 % al final de la misma. Estos valores están por encima de los valores críticos citados en la bibliografía.

4.3.2.- Efecto de la relación K:N.

En el cuadro N° 25 se muestra el efecto de la relación K:N sobre el contenido foliar de N, K y su ratio. Como puede observarse no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro No. 25 : - Efecto de la relación K: N sobre el contenido de N y K foliar y sobre la relación N/K

relac. K:N	% N			%K			N/K		
	Ag	Set	Oct	Ag	Set	Oct	Ag	Set	Oct
1	3.09	2.95	2.43	2.74	2.71	2.98	1.13	1.10	0.82
1.5	2.97	3.00	2.46	2.68	2.77	2.95	1.11	1.09	0.83
2	3.04	3.02	2.50	2.68	2.73	3.00	1.13	1.11	0.83
Pr>F	0.14	0.69	0.58	0.38	0.81	0.82	---	0.87	0.73

Como comentario final se puede decir que para los niveles de fertilización utilizados en este ensayo, la variación de los aportes de K y N en fertirriego, no afectaron el contenido foliar de estos nutrientes, ni su relación.

4.4.- EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO

De manera de tener una aproximación de las curvas de extracción de N y K realizadas por el cultivo a lo largo de su ciclo de producción se hizo un muestreo semanal de fruta. También se tomó muestras del resto de la parte aérea de las plantas en tres momentos del ciclo, no así del sistema radicular por razones operativas. El tratamiento muestreado fue el de 150 Kg. de N y 300Kg. de K por ha en fertirriego.

La evolución del contenido porcentual de N y K en el fruto a lo largo del ciclo se muestra en la Fig. N° 10.

Los valores porcentuales de estos nutrientes encontrados en los frutos están dentro de los valores citados en la bibliografía, con una relación de K a N que varía entre 1,7 y 2,2.

Para ambos nutrientes, si bien presentan variaciones en su comportamiento a lo largo del ciclo, se identifica una tendencia a disminuir sus porcentajes con el avance de la estación de producción.

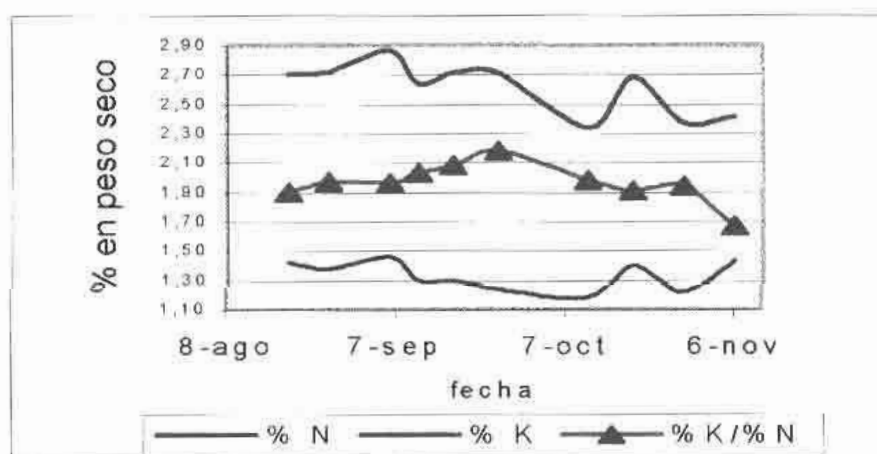


Fig N° 10: Evolución del porcentaje en base seca de la fruta, del contenido de N, K y su relación a lo largo del ciclo.

De acuerdo al rendimiento de fruta obtenido en cada momento del ciclo, se determinó la extracción de estos nutrientes por la fruta para distintos períodos, lo cual se muestra en la figura N° 11.

Estos valores están estimados asumiendo una superficie efectiva de cantero por hectárea de cultivo de 6250 m². De acuerdo a la distancia de plantación utilizada en este ensayo, la población total considerada por ha. es de 83.333 plantas.

La extracción de N a través del fruto representó 0,289 gramos por planta (24 kg. N/ha), y la de K fue de 0,566 gramos por planta (47 kg. K/ha).

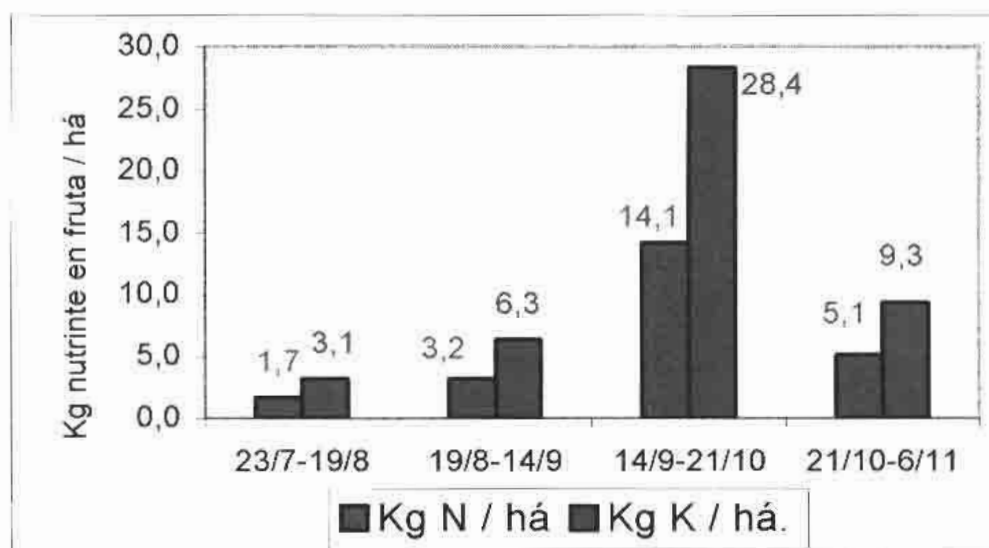


Fig. N° 11: Extracción de N y K a través de la fruta (kg./ha), para los diferentes períodos considerados.

En cuanto a la parte aérea, el peso fresco y seco por planta, así como el contenido de N y K para cada fecha de muestreo se muestra en el cuadro N° 26.

La evolución del peso seco de la parte aérea de la planta coincide con lo citado por Albregts and Howard (1980) de que la mayor acumulación de nutrientes en la planta de frutilla se produce luego que ésta comienza a

fructificar. Esto se ve reflejado en el incremento del peso seco de la planta, que en este trabajo paso de 4.6 a más de 16 gr. por planta.

Cuadro No. 26 : - Peso por planta (gr.), porcentaje y contenido (gr./pl.) de N y K de la parte aérea, para cada fecha de muestreo.

Fecha	gr. por planta		K		N	
	fresco	seco	%	gr./pl.	%	gr./pl.
16/8	30.81	4.694	2.66	0.125	2.16	0.101
14/9	76.26	9.374	2.91	0.273	2.04	0.191
21/10	94.74	16.024	3.06	0.490	1.92	0.308

De acuerdo a estos datos, en las proximidades del fin del ciclo productivo, la cantidad de N por planta contenida en las hojas, coronas, flores, frutos verdes y pedúnculos verdes de frutos ya cosechados era de 308 miligramos. El contenido de K era de 490 miligramos.

Con la densidad de plantación manejada (83.333 pl./ha.) la cantidad de N y K presentes en la parte aérea de las plantas en ese momento era de 25,67 kg. de N y 40,83 kg. de K.

Si sumamos lo extraído por los frutos más lo presente en la parte aérea de las plantas en la etapa final del ciclo de producción, tendremos una extracción de N y K de:

⇒ **49,7 kg. de N en todo el ciclo**

⇒ **88 kg. de K en todo el ciclo**

A estos valores habría que sumarle las cantidades de estos nutrientes contenidos en el sistema radicular y lo perdido en las hojas muertas.

De acuerdo a Lieten and Misotten (1993) y a Albregts and Howard (1980) la cantidad de N en el sistema radicular es aproximadamente un 30 % del N total contenido en los órganos vegetativos y reproductivos (raíces, coronas, hojas, pecíolos, flores, pedúnculos), excluyendo los frutos. Para el potasio este porcentaje es del 15 al 20 %.

Si estas proporciones se aplicaran a este ensayo, el sistema radicular debería contener alrededor de 11 Kg. de N y 7 kg. de K, lo que significaría una extracción total por parte del cultivo de unos 60 Kg. de N y 95 Kg. de K.

Estos valores de N coinciden con los reportados por Albergtz and Howard (1980 y 1981).

La acumulación de iguales cantidades de N en los frutos que en los demás órganos de la planta también fue reportada por Lieten and Misotten (1993).

Las cantidades absolutas extraídas de potasio así como las proporciones en fruta y resto de la planta son similares a las indicadas en la bibliografía.

5.- CONCLUSIONES

⇒ En cuanto a la producción precoz, no existe efecto de los tratamientos sobre la productividad del cultivo en ninguna de las categorías consideradas. Si bien la interacción dosis de N * K:N afecta significativamente el tamaño de la fruta, esto no llega a afectar el rendimiento por hectárea.

⇒ Para todo el período de cosecha, existe efecto significativo de la mayor dosis de N sobre el rendimiento de fruta de la categoría primera, y una clara tendencia sobre el rendimiento comercial.

⇒ Esta respuesta a N se produce en octubre, mes pico de producción (50 % del rendimiento total anual); cuando los requerimientos de la planta son mayores debido a esa alta producción de fruta.

⇒ De los dos componentes del rendimiento de frutas comerciales, el N. afectó significativamente el número de frutos, no así el peso promedio de los mismos. Dentro de las categorías que componen la fruta comercial, este efecto se da exclusivamente en la categoría primera.

⇒ La relación K:N solamente muestra efecto significativo en nº de frutos y rendimiento (Kg/ha.) de las categorías primera y comercial, a favor de las relaciones mayores, hacia finales del ciclo productivo, en el mes de noviembre., y solo para ese mes.

⇒ La interacción dosis de N * K:N tuvo efecto significativo sobre el rendimiento de fruta de primera y comercial para el total del período de cosecha.

Para ambas categorías, con 150 kg. de N/ha. la relación 2:1 tiene mayor número y rendimiento de frutos; para 225 kg. de N/ha. la relación 1,5:1 es la que tiene mayor rendimiento de fruta, pero no hay efecto sobre el número.

⇒ El tamaño de fruta solamente es afectado por la interacción dosis de N* K:N, para el total de fruta producida. Así, con 150 kg de N el mayor tamaño de fruta se logra con relaciones 2:1, mientras que para 225 kg de N los mayores tamaños se logran con relaciones 1,5:1.

⇒ El efecto de los tratamientos sobre los parámetros de calidad de fruta (sólidos solubles, acidez titulable y ratio), siguió un comportamiento muy errático. En general, los valores encontrados siguen un patrón acorde con la fecha de muestreo, donde se incrementa hasta mediados o fines de setiembre y luego descienden hacia fines de octubre.

⇒ No existe efecto significativo de los tratamientos sobre el contenido foliar de N y K. Para ambos nutrientes, en todos los muestreos los valores se ubicaron por encima de los rangos críticos citados por la bibliografía.

⇒ Para el tratamiento de 150 kg. N y 300 kg. de K por ha. en fertirriego, con una densidad de 83333 plantas y un rendimiento de 24 tt/ha. la cantidad de N extraída por los frutos y contenida en la parte aérea fue de aproximadamente 50 kg. y la de K de 88 kg; no están consideradas las pérdidas de hojas durante el cultivo.

⇒ De las cantidades manejadas en el punto anterior, en el caso del N. el 50 % corresponde a la extracción por los frutos. En el caso del K el porcentaje correspondiente a lo extraído por los frutos se eleva al 55 %.

Como comentario final, es conveniente establecer algunas condiciones de este ensayo que han conspirado contra una respuesta más clara del cultivo a los diferentes tratamientos realizados.

Por una parte, el suelo donde se instaló el ensayo presentaba un estado de degradación medio a bajo, con buenos niveles de potasio y materia orgánica, en relación a los valores normales para estos suelos del cinturón hortícola de la ciudad de Salto.

Por otra parte, el potencial productivo del cultivo de frutilla en 1993 fue muy bajo, debido a las condiciones climáticas adversas para el normal desarrollo del cultivo. Se produjo un acortamiento del período de cosecha, por un retraso en el comienzo y un adelanto en la finalización del mismo.

Bajo estas condiciones, con un potencial de rendimiento muy bajo, en un suelo con buenas condiciones relativas de aporte de nutrientes, sumado a un importante suministro de nutrientes de base, es esperable encontrar una muy baja respuesta a los tratamientos de fertilización realizados.

Bajo otras condiciones, con otros potenciales de rendimiento, la respuesta a estos tratamientos puede ser diferente.

6.- RESUMEN.

Con el objetivo de determinar la respuesta en rendimiento y calidad de la frutilla, var. Chandler, a diferentes relaciones de K a N en fertirriego, se manejaron dos dosis de N (un nivel medio a bajo, 150 kg/ha, y otro medio a alto, 225 kg/ha), y tres relaciones de K a N (1:1, 1,5:1 y 2:1).

Además, se determinó el estado nutricional a través del análisis foliar; y se estimó las cantidades de N y K que extrae el cultivo a través de la producción de fruta y de los demás órganos de la planta.

No hay efecto de los tratamientos en el rendimiento hasta el 31 de agosto (rendimiento precoz).

Para el total del período de cosecha, los rendimientos obtenidos muestran una respuesta al N en rendimiento de fruta de la categoría primera, y una tendencia en las categorías comercial y total. Este efecto se produce en octubre, donde ocurre un pico de producción y los requerimientos de nutrientes del cultivo se hacen máximos, expresado por el mayor número de frutos producidos con la dosis de 225 kg de N.

En relación a la interacción dosis de N * relación K:N, con 150 kg de N la relación 2:1 tiene mayor rendimiento, número y tamaño de frutos, mientras que para 225 kg de N, la relación 1,5:1 tiene mayor, tamaño y rendimiento de fruta.

Existe una respuesta muy variable a los tratamientos en el contenido de sólidos solubles y acidez titulable de la fruta, según la fecha de muestreo. Los contenidos de N y K foliar no varían según los tratamientos, estando en todos los casos por encima de los niveles críticos.

La extracción de N y K estimadas a lo largo de todo el ciclo de producción son de 50 kg / ha de N y 88 kg / ha de K. Aproximadamente la mitad es extraído en los frutos y la otra mitad se encuentra en la partes vegetativas de la planta.

7.- SUMMARY.

Fertigation response in yield and quality of Chandler strawberry var. To different relationships of K and N was studied. The trial consisted in two levels of nitrogen (low to medium 150 kg/ha vs. medium to high 225 kg/ha) and three relations of K to N (1:1; 1,5:1; 2:1).

Nutritional status through foliar analysis and the quantities of N and K removed by the plants and their different organs during the producing fruit cycle were also studied.

There were no significative effects of the treatments in yield until the august 31 (early yield)

Yield showed responses to N in fruit production of first category and tendencies on comercial and total (cat. 1 + comercial + culls) categories for the full period of the crop. The mayor effect was produced in october with a peak of production determined by the highest number of fruits due to 225 kg N level. It was also the period of maximum requirements of nutrients.

High yields due to number and size of fruits were obtained at 150kg N level with a 2:1 K/N relation, but yields and size of fruit were even higher with a 225 kg N level and 1,5:1 K/N.

The response to the different treatments on soluble solids and acidity depended of the date of sampling. N and K foliar levels were always under critical thresholds, and did not change with the different treatments.

Quantities of N and K extracted were estimated during all the production period resulting in 50 kg/ha of N and 88 kg/ha of K. Half the N and K was extracted by the fruits and the same quantity by the vegetative parts of the plant.

8.- BIBLIOGRAFÍA

1. AJAYI, O.; MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V. 1970. The effects of potassium on ammonium nutrition of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Agronomy Journal*. 62: 818-821.
2. ALBREGTS, E.E.; HOWARD, C.M. 1978. Elemental composition of fresh strawberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(3): 293-296.
3. -----; -----, 1980. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown annual hill culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3):386-388.
4. -----; -----, 1981. Effect of poultry manure on strawberry fruiting response, soil nutrient changes and leaching. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3): 295-298.
5. -----; -----, 1987. Fertilizer rate and method of application on fruiting strawberry. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100: 198-200.
6. -----; -----; CHANDLER, C.K. 1991. Strawberry responses to K rate on a fine sand soil. *HortScience*. 26(2): 135-138.
7. -----; CLARK, G.A.; STANLEY, C.D.; ZAZUETA, F.S.; SMAJSTRLA, A.G. 1991. Preplant fertilization of fruiting microirrigated strawberry. *HortScience*. 26(9): 1176-1177.
8. -----; HOCHMUTH, G.J.; CHANDLER, C.K. 1994. Fruiting response of strawberry is affected by K rates. *HortScience*. 29(5): 435.
9. BALLINGER, W.E.; MASON, D.D. 1960. Selection of a tissue for use in strawberry nutritional studies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 359-365.
10. BARBER, S.A. 1985. Potassium availability at the soil - root interface and factors influencing potassium uptake. In *International Symposium of Potassium in Agriculture* (1985 jul 7-10: Atlanta, Georgia). Potassium in Agriculture. Robert D. Munson, editor. Madison, Wisconsin: ASA. pp. 309-324.
11. BERTSCH, P.M.; THOMAS, G.W. 1985. Potassium status of Temperate Region soils. In *International Symposium of Potassium in Agriculture* (1985 jul 7-10: Atlanta, Georgia). Potassium in Agriculture. Robert D. Munson, editor. Madison, Wisconsin: ASA. pp. 131-162.

12. BLATT, C.R. 1967. Response of "Acadia" strawberry to two forms and three rates of nitrogen at two pH levels. *Proc. Amer. Soc. Hort. Scie.* 92: 346-353.
13. BOULD, C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. V. Sand culture N,P,K, Mg experiments with strawberry (*Fragaria* spp). *J. Sci. Fd. Agric.* 15: 474-487.
14. BREEN, P.J. ; MARTIN, L.W. 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. *J. Amer. Soc. Hort. Scie.* 106(3): 266-272.
15. CASADO, M. ; HERNANDO, V. 1976. Estudio de la fertilización del fresón. I. Nitrógeno en plantaciones de verano. *Anales de Edafología y Agrobiología.* 35(7-8): 733-739.
16. CANNELL, G.H.; VOTH, V.; BRINGHURST, R.S. ; PROEBSTING, E.L. 1961. The influence of irrigation levels and application methods, polyethylene mulch, and nitrogen fertilization on strawberry production in Southern California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78: 281-291.
17. CLAASSEN, N. ; BARBER, S.A. 1977. Potassium influx characteristics of Corn root and interaction with N,P,Ca and Mg influx. *Agronomy Journal.* 69: 860-864.
18. DIBB, D.W. ; THOMPSON, W.R.Jr. 1985. Interaction of Potassium with Other Nutrients. In *International Symposium of Potassium in Agriculture* (1985 jul 7-10: Atlanta, Georgia). Potassium in Agriculture. Robert D. Munson, editor. Madison, Wisconsin: ASA. pp. 515-534.
19. DUEWER, R.G. ; ZYCH, C.C. 1966. Heritability of soluble solids and acids in progenies of the cultivated strawberry (*Fragaria* x *Ananassa* Duch). *Proc. Amer. Soc. Hort. Scie.* 90: 153-157.
20. HERNANDEZ, J.; CASANOVA, O. ; ZAMALVIDE, J. 1988. Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. *Boletín de Investigación* No. 19.
21. HIMELRICK, D.G. ; DOZIER, W.A.Jr. 1994. "Chandler" strawberry response to hydroponic solution nitrogen concentration. *HortScience.* 29(7): 735.

22. HOCHMUTH, G.J.; ALBREGTS, E.E. ; CHANDLER, C.K. 1994. Fruiting response of strawberry to nitrogen fertilization by drip irrigation. *HortScience*. 29(5): 435.
23. HUMAN, C. ; KOTZE, W.A.G. 1990. Effect of nitrogen and potassium fertilization on strawberries in an annual hill culture system: 2. Soil N and K levels. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.* 21(9-10): 783-793
24. ----- ; ----- . 1990. Effect of nitrogen and potassium fertilization on strawberries in an annual hill culture system: 3. Leaf nutrient levels. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.* 21(9-10): 795-810.
25. IBRAHIM, I.E. ; MOHAMED, A.I. 1993. Effect of alar and nitrogen fertilizer treatments on growth, yield and quality of strawberry. *Acta Horticulturae*. 345: 29-36.
26. JANICK, J. ; EGGERT, D.A. 1968. Factors affecting fruit size in strawberries as influenced by nitrogen and potassium nutrition. 92: 354-362.
27. JOHANSON, F.D. 1963. Nutrient deficiencies and foliar composition of strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Scie.* 83: 431-439.
28. JOHN, M.K.; DAUBENY, H.A.; McELROY, F.D. 1975. Influence of sampling time on elemental composition of strawberry leaves and petioles. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(5): 513-517.
29. ----- ; ----- . ; GARLAND, M. 1976. Genotypic influence on elemental composition of strawberry tissues. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4): 438-441.
30. KOTZE, W. ; SMIT, L. . Slow release fertilisers for the production of strawberries. *Deciduous fruit Grower*.
31. KWONG, S.S. ; BOYNTON, D. 1959. Time of sampling, leaf age and leaf fractions as factors influencing the concentration of nutrient elements in strawberry leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Scie.* 73: 168-173.
32. ----- . Leaf age and leaf fraction influence upon the concentration of micro - elements in strawberry leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 257-260.
33. LIETEN, F. ; MISOTTEN, C. 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae*. 348: 299-306.

34. LOCASCIO, S.J. ; MYERS, J.M. 1975. Trickle irrigation and fertilization method for strawberries. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 88: 185-189.
35. ----- ; ----- ; MARTIN, F.G. 1977. Frequency and rate of fertilization with trickle irrigation for strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(4): 456-458.
36. ----- ; SAXENA, G.K. 1967. Effects of potassium source and rate and nitrogen rate on strawberry tissue composition and fruit yield. *Proc. Fla. State Hort. Society.* 80: 6-9.
37. MALAVOLTA, E. 1985. Potassium status of tropical and subtropical region soils. In *International Symposium of Potassium in Agriculture (1985 jul 7-10: Atlanta, Georgia)*. Potassium in Agriculture. Robert D. Munson, editor. Madison, Wisconsin: ASA. pp. 163-200.
38. MARTIN DEL MOLINO, I.M. ; ROSON-RIESTRA, J.A. 1981. Influencia del N y del K, en cultivo de arena, en la planta de fresa. *Anales de Edafología y Agrobiología.* 40(1-2): 269-284.
39. NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; PARCHOMCHUK, P. ; HOGUE, E. 1994. Response of soil solution NO₃-N to N fertigation. *HortScience.* 29(5): 467.
40. OMAR, M.A. ; EL KOBBA, T. 1966. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium. *Soil Science.* 101(6): 437-440.
41. SAXENA, G.K. ; LOCASCIO, S.J. 1967. Fruit quality of fresh strawberries as influenced by nitrogen and potassium nutrition. 92: 354-362.
42. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HALVIN, J.L. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5ed. Macmillan Publishing Company. New York, USA. 613 p.
43. VOTH, V.; PROEBSTING, E.L. ; BRINGHURST, R.S. 1961. Response of strawberries to nitrogen in Southern California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78: 270-274.
44. ----- ; URIU, K. ; BRINGHURST, R.S. 1967. Effect of high Nitrogen applications on yield, earliness, fruit quality and leaf composition of California strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 249 -256.
45. WADDINGTON, D.V.; MOBERG, E.L. ; DUICH, J.M. 1972. Effect of N source and K rate on soil nutrient levels and the growth and elemental

composition of penncross creeping Bentgrass, *Agrotis palustris* Huds. Agronomy Journal. 64: 562-566.

46. WARD, G.M. 1959. Potassium in plant metabolism. II. Effect of potassium upon the carbohydrate and mineral composition of potato plants. Canadian Journal of plant Science. 39: 246-252.