

## EL CULTIVO EN SOLUCIONES NUTRITIVAS SINTETICAS

- I) Comparación de la alcalinización fisiológica del maíz (*Zea mays* L.) y del tomate (*Lycopersi cum esculentu m*).
- II) Comparación del crecimiento y necesidades nutritivas de algunas gramíneas pratenses.

*por Abilio Abundo González Arranz*

### 0. *El cultivo en soluciones nutritivas sintéticas*

#### 1. *Introducción*

La investigación sobre la nutrición de las plantas está, sin duda, entre las primeras investigaciones de Fisiología Vegetal y las relativas a la nutrición hídrica y mineral destacan entre ellas.

Nosotros no haremos una historia detallada de estas investigaciones ya que todo lo relativo a las mismas se puede encontrar en las publicaciones de TOTTINGHAM,<sup>20</sup> PFEFFER,<sup>14</sup> SHIVE,<sup>16</sup> REED,<sup>15</sup> STILES,<sup>17</sup> WOODMAN<sup>21</sup> y HEWIT.<sup>10</sup>

Para realizar estas investigaciones los fisiólogos se han servido de soluciones salinas nutritivas en las cuales, o bien se sumergían las raíces de las plantas a cultivar o bien se utilizaban para regar un substrato inerte (arena cuarzosa, por ejemplo) que servía de soporte a las raíces.

DE SAUSSURE<sup>18</sup> parece ser fue el primero en utilizar soluciones diluidas con objeto experimental y BOUSSINGAULT<sup>2</sup> uno de los primeros en realizar cultivos en arena.

Las bases de la técnica moderna de cultivo en soluciones nutritivas reposan sobre el último trabajo de SACHS<sup>19</sup> que utilizaba un tipo de solución nutritiva simple y estandarizada que contiene todos los elementos considerados en su época como esenciales: nitrógeno, azufre, potasio, calcio, hierro y manganeso. La solución era preparada a partir de soluciones madre de las cuales una de ellas no contenía fosfatos. KNOP<sup>11, 12</sup> estudió la composición de la solución nutritiva y preconizó una solución que fue muy empleada. MAZE<sup>13</sup> investigó el uso de sales amoniacales como fuente de nitrógeno para el maíz. Son dignas de ser citadas, las soluciones nutritivas de HOAGLAND<sup>9</sup> que junto con las de ARNON y HOAGLAND<sup>1</sup> fueron muy utilizadas por los fisiólogos.

## 2. Necesidades en elementos minerales de los vegetales superiores

Los elementos necesarios para las plantas se diferencian en dos grupos; por un lado aquellos que la planta necesita en gran cantidad, y son llamados por esto macroelementos, de aquellos que la planta sólo precisa en pequeñas cantidades a los que se denomina microelementos.

Los macroelementos son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, y magnesio, y los microelementos: hierro, cobre, cinc, manganeso, boro, molibdeno y cloro. Este último elemento, del cual la planta no tiene necesidad más que en pequeña cantidad, se encuentra generalmente presente en gran cantidad.

Las necesidades respectivas en estos diversos elementos son muy variables, principalmente según la especie cultivada, aunque las necesidades dependen también, evidentemente, de otros factores o condiciones que tienen una acción sobre el crecimiento. (temperatura, luz, etc.).

## 3. El modo de alimentación de las plantas

La alimentación mineral se hace bajo forma de iones y en el caso del nitrógeno éste puede adoptar dos formas: el anión nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) y el catión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el anión ortofosfórico ( $\text{PO}_4^{=}$ ), el anión sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ), los cationes potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), etc... estos iones se aportan a la solución bajo la forma de sales para las cuales hay equivalencia entre anión o catión (el catión  $\text{H}^+$  interviene para los fosfatos: así el fosfato monopotásico ( $\text{KPO}_4\text{H}_2$ ) y el bipotásico ( $\text{K}_2\text{PO}_4\text{H}$ )).

Los fisiólogos han utilizado pues soluciones minerales, llamadas sintéticas, para sus investigaciones sobre la nutrición mineral. Los progresos de estas investigaciones han permitido, por otra parte, realizar verdaderos cultivos sin suelo.

## 4. La aireación de la raíz

No es suficiente poner a las raíces de una especie vegetal en contacto con una solución nutritiva completa y cuya composición sea la más conveniente, es preciso crear las condiciones que permitan una absorción rápida del agua y de los elementos minerales que ella contiene. Como la absorción es un fenómeno activo para el cual la energía necesaria proviene de la respiración de las raíces, es preciso que el oxígeno del aire pueda llegar fácilmente a las raíces. Por lo tanto es necesario establecer un equilibrio convenientemente entre el aire (por su oxígeno) y la solución nutritiva.

## 5. Técnicas utilizadas

Dos son las técnicas corrientemente utilizadas:

a) *Solución nutritiva fija*, en la que las raíces se sumergen directamente en la solución nutritiva, aireada por burbujeo.

b) *Solución nutritiva periódica*, cuando las raíces están en arena regada, sea gota a gota, o periódicamente (cada 15 minutos por ejemplo), con un volumen conocido de la solución nutritiva.

La elección de una de estas dos técnicas depende del problema a resolver. Por ejemplo la primera (solución fija) permite determinar, en un espacio de tiempo relativamente corto, la cantidad de iones absorbidos por la planta, pero la composición de la solución varía bastante. La segunda (solución periódica en arena) permite cultivar las plantas durante un espacio de tiempo tan largo como se quiera, en un medio bien aireado, y con una solución nutritiva de composición conocida y poco variable.

## 6. Interpretación de las fórmulas empleadas en el cultivo con soluciones nutritivas.

Las fórmulas de soluciones nutritivas se representan por medio de un enrejado como el que se ve a continuación:

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
K <sup>+</sup>	3,3	0,8 0,4			4,5
Na <sup>+</sup>				0,2	0,2
Ca <sup>++</sup>	6,3				6,3
Mg <sup>++</sup>			1,5		1,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,4				2,4
H <sup>+</sup>		1,6 0,2			1,8
Total	12	3	1,5	0,2	16,7

en el cual los iones se expresan en equivalente miligramo por litro.

En esta fórmula la casilla situada en la intersección de dos columnas indica la sal utilizada. Para cada sal hay equivalencia química entre anión y catión. Para los fosfatos se hace intervenir el catión hidrógeno. En la columna fosfato la cifra superior de cada casilla indica que se utiliza el fosfato monopotásico y la cifra inferior corresponde al fosfato bipotásico. Con la combinación del fosfato monopotásico y bipotásico se regula el pH. Así hay 3,3 equivalentes de KNO<sub>3</sub>, 6,3 equivalentes de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, etcétera.

Los oligoelementos se aportan en la forma de cloruros o sulfatos, según se quieran provocar o no carencias de azufre. El hierro se suministra en forma de versenato de hierro.

#### I. Comparación de la alcalinización fisiológica del maíz (*Zea mays* L.) y del tomate (*Lycopersicum esculentum*).

El ión nitrógeno es absorbido por las plantas en mayor cantidad que los demás. Cuando una planta se alimenta en una solución nutritiva

de pH conveniente y en la cual el anión nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) constituye el único ión nitrogenado, hay generalmente alcalinización de la solución nutritiva, es decir el pH aumenta. Esta alcalinización de la solución es la consecuencia de una mayor absorción de aniones que de cationes (estando las cantidades absorbidas expresadas en equivalentes químicos), y puesto que esta alcalinización resulta del funcionamiento de la planta, en el proceso de absorción de iones, ha sido calificada de fisiológica.

Cuando el catión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> constituye el único ión nitrogenado de la solución nutritiva se produce el fenómeno inverso, hay acidificación fisiológica de la solución nutritiva, porque cuando el nitrógeno es un catión hay mayor absorción de cationes que de aniones.

De una manera general la acidificación fisiológica es mucho más fuerte y más rápida que la alcalinización fisiológica. Algunos fisiólogos han explicado esta diferencia de cariz de estos dos fenómenos inversos, por el hecho de que la excreción de CO<sub>2</sub> por las raíces tamponaba la variación de pH en el caso de la alcalinización.

Es posible que esta acción de gas carbónico, excretado por el proceso de respiración celular, exista, pero la razón esencial de la lentitud de la alcalinización fisiológica está explicada por la concepción del determinismo de la alcalinización y de la acidificación fisiológica de Coïc, LESAINT y LE ROUX<sup>3</sup> y Coïc.<sup>4</sup> Así el ión del cual la planta tiene, cuantitativamente, la mayor necesidad es el ión nitrógeno. Cuando el ión nitrógeno está exclusivamente bajo la forma nítrica, es pues, normalmente, el ión NO<sub>3</sub><sup>-</sup> el que va a ser más rápidamente absorbido y metabolizado. Cuando este ión emigra hacia la hoja, es acompañado de una cantidad de equivalente de catión. El equilibrio electrostático aniones-cationes está trastornado por el metabolismo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que se convierte en ácidos aminados (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> — — — — R · CH · COOH) · NH<sub>2</sub> pero éste se restablece en la hoja gracias a los ácidos orgánicos.

Cuando el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es metabolizado en la raíz el equilibrio electrostático sería restablecido por un ión mineral (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por ejemplo) lo que significa que como consecuencia de esta metabolización del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la raíz hay una absorción más grande de aniones que de cationes lo que crea la alcalinización fisiológica.

Hay una gran diferencia respecto al poder del metabolismo del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> según la especie vegetal, deberá pues haber una gran diferencia de alcalinización fisiológica entre especies vegetales.

El maíz y el tomate son dos especies de plantas muy diferentes

desde el punto de vista de la proporción de  $\text{NO}_3^-$  reducido en las raíces, para un mismo régimen de absorción de este anión, el maíz reduce más en las raíces que el tomate y el tomate reduce más en las hojas que el maíz.

Se han realizado diferentes experiencias para medir la distinta alcalinización fisiológica de estas dos plantas. Estas son difíciles de realizar por numerosas razones, de las cuales destacamos la necesidad de tener un mismo ritmo de absorción para las dos series de plantas, durante el curso de la experiencia, y la dificultad de tener una concentración en  $\text{NO}_3^-$  casi constante en la solución nutritiva.

Todas las experiencias hechas llegan a conclusiones análogas y la realizada por nosotros coincide también en los mismos resultados como vamos a ver.

Material y métodos

Plantas muy jóvenes de maíz y de tomate fueron cultivadas en una solución mineral nutritiva completa con burbujeo de aire. La composición de la solución nutritiva en macronutrientes es la que se da en la fórmula del siguiente enrejado:

	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=}$	Total
$\text{K}^+$	4	1		5
$\text{Ca}^{++}$	8			8
$\text{Mg}^{++}$			2	2
$\text{H}^+$		2		2
Total	12	3	2	17

(Los iones se expresan, como siempre, en equivalentes miligramo por litro).

Como puede verse utilizamos fosfato monopotásico. Los oligoelementos son aportados según las normas habituales, siendo la composición de la mezcla en oligoelementos (en mg por litro) la siguiente:

$\text{MnSO}_4$	4	$\text{H}_2\text{O}$ .....	1,69
$\text{CuSO}_4$	5	$\text{H}_2\text{O}$ .....	0,65
$\text{ZnSO}_4$	7	$\text{H}_2\text{O}$ .....	0,29
$\text{H}_3\text{BO}_3$			1,86
$(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}$	4	$\text{H}_2\text{O}$ .....	0,035

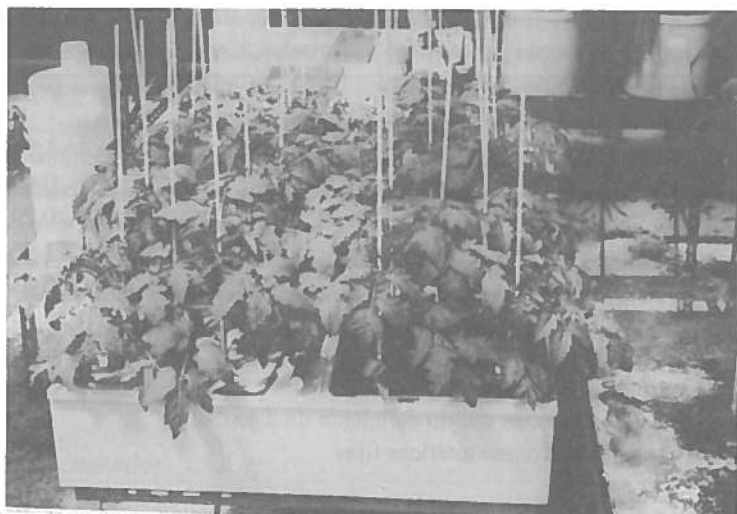
Fe, bajo la forma de versenato de hierro, 5 mg.

La prueba propiamente dicha comienza cuando las raíces de las plantas han alcanzado un estado suficiente de desarrollo.

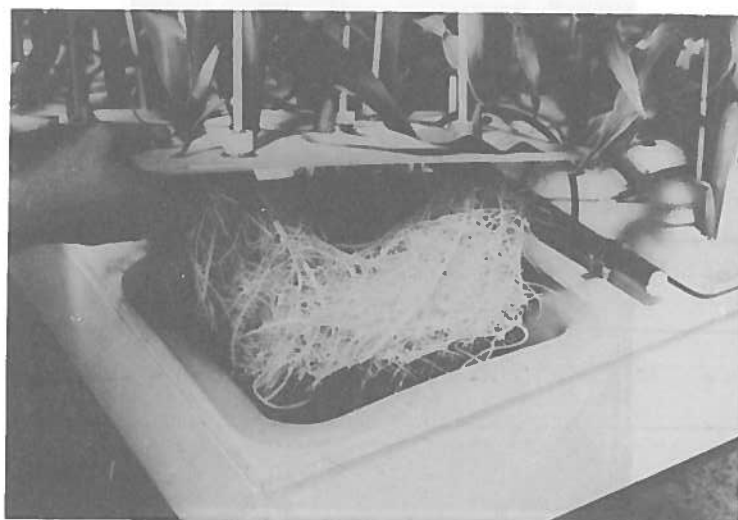
Cultivo en soluciones sintéticas fijas



I, I.—Maíz.



1, 2.—Tomate



1, 3.—Sistema radicular del maíz.

La solución nutritiva se hizo con agua desionizada. El pH, medido al comienzo de la experiencia era de 6,0, y la concentración de iones nítricos de la solución de 11,75 miliequivalentes por litro (en lugar de los 12 miliequivalentes previstos).

Cada cubeta contenía 7,5 litros de solución nutritiva en la cual se sumergieron las plantas durante 60 horas.

En razón de la importancia de la aireación de las raíces, para la absorción del agua y de los iones minerales, se realizaron dos burbujeos con diferentes cantidades de aire. No obstante los resultados no diferían en estos dos casos. Para cada caso se realizaron 10 repeticiones.

En la Tabla I.1 se indican los resultados obtenidos en los análisis realizados.

En razón de la posible fijación de  $\text{CO}_2$  (proveniente de la respiración de las raíces) cuando la solución se alcaliniza es preciso medir la alcalinización y para ello basta poner una cantidad conocida de ácido sulfúrico de tal manera que se obtenga un  $\text{pH}=3$ , pues el  $\text{CO}_2$  es menos soluble en medio ácido. Después se hierve para eliminar el  $\text{CO}_2$ , se enfría y se mide la cantidad de sosa gastada para llevar la solución al pH inicial de 6,0. La diferencia entre los miliequivalentes del sulfúrico y de la sosa empleados nos dan la alcalinización.

El  $\text{NO}_3^-$  se ha determinado por el método de CONWY<sup>5</sup> modificado por el empleo de la aleación de Devarda, reductor de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NH}_4^+$ .

Tabla I. 1  
Resultados obtenidos (medias de las determinaciones hechas sobre cada una de las 10 repeticiones)  
(resultados expresados por cubeta)

	Maíz		Tomate	
	aireación 1	aireación 2	aireación 1	aireación 2
pH final	7,3	7,3	6,6	6,6
Alcalinizaci6n. (en meq)	13,3	14,3	3,1	2,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> absorbido (en meq)	68,6	72,8	76,6	76,7
Alcalinizaci6n. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> absorbido	0,19	0,20	0,04	0,04
Concentraci6n fi- nal de la soluci6n en NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (en meq/litro)	3,3	2,5	1,7	1,6
Volumen absor- bido (en cc)	1553	1596	1607	1665
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> absorbido (en meq) por l. de agua absor- bida.	42,2	46,0	48,0	46,0
Peso fresco de la raíz (g)	111,6	114,1	36,8	36,0
Peso fresco de la parte aérea (g)	409,2	431	192,3	180,4
meq = miliequi- valentes				

## Discusi6n de los resultados

Como puede observarse en los datos obtenidos hay un aumento de alcalinizaci6n fisiol6gica, tanto si se expresa por la elevaci6n del pH como si se mide cuantitativamente por alcalimetría y esto igual en el maíz que en el tomate. Pero puesto que la alcalinizaci6n fisiol6gica resulta de velocidades de absorci6n diferentes de aniones y cationes, es necesario que para las dos especies de plantas la velocidad de absorci6n de iones, y particularmente de nitratos, sea aproximadamente la misma. Nosotros vemos, en esta experiencia, que las cantidades de nitratos absorbidos son aproximadamente las mismas: la absorci6n es un poco mäs rápida en el tomate que en el maíz, bien que el peso fresco del tomate, y sobre todo el peso fresco de sus raíces, sean respectivamente mucho menores que los del maíz.

Vemos que la alcalinizaci6n fisiol6gica dividida por la cantidad de nitratos absorbidos, que expresa; segùn COÏC, la proporci6n de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> reducido en las raíces, es aproximadamente cinco veces mayor en el maíz que en el tomate, en esta experiencia.

Esta diferencia puede ser debida al distinto poder metab6lico de los nitratos en los sistemas radiculares del maíz y del tomate, para una absorci6n global similar y pensamos que esta diferencia tiene por causa la mayor actividad de la nitrato reductasa en las raíces del maíz. La gran diferencia de alcalinizaci6n fisiol6gica, en esta investigaci6n, dan un fundamento a esta interpretaci6n, pero se puede apreciar que la masa radicular del maíz es, con relaci6n a la parte aérea, mayor que la del tomate. Por el contrario hay una mayor proporci6n de gruesas raíces (menos activas respecto a la masa) en el maíz que en el tomate.

Por otra parte, como decimos, el tomate reduce menos cantidad de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la raíz que el maíz, pero esta reducci6n se presenta en mayor cantidad en las hojas, lo que explica que al haber menos reducci6n de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en raíz hay, proporcionalmente, menos absorci6n de este anión y mayor absorci6n de cationes (K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, etc.) que en el maíz por lo que la alcalinizaci6n fisiol6gica es menor en el tomate que en el maíz.

Los datos obtenidos muestran la dificultad de realizar tales experiencias en condiciones perfectas. Por el contrario nosotros debemos ser conscientes de la importancia fisiol6gica que pueden tener la acci6n de ciertos factores o condiciones sobre la alcalinizaci6n fisiol6gica (temperatura, luz, etc.).

En el suelo ciertos iones son enérgicamente fijados por el coloide arcillo-húmico mientras que los nitratos se mueven más fácil y libremente. Si en una solución nutritiva la alcalinización fisiológica está localizada durante cierto tiempo en la vecindad inmediata de las raíces, pudiendo así modificar no ya el pH del suelo sino el pH de las partículas que están en la zona inmediata, sería interesante estudiar las consecuencias agronómicas que pueden tener las diferencias de comportamiento de especies vegetales bajo este punto de vista.

### 3. Conclusiones

1.º.—La alcalinización fisiológica, registrada en el aumento de pH, o expresada cuantitativamente por alcalimetría, es elevada para el maíz y el tomate.

2.º.—Según los resultados de esta experiencia las cantidades de nitratos absorbidos en cada cubeta son aproximadamente las mismas; pero la absorción es un poco más rápida en el maíz, aunque el peso fresco del tomate y sobre todo el peso fresco de sus raíces sean respectivamente mucho menores que los del maíz.

3.º.—La alcalinización fisiológica dividida por la cantidad de nitratos absorbidos, que expresa, según COIC, la proporción de  $\text{NO}_3^-$  reducido en las raíces, es aproximadamente 5 veces mayor en el maíz que en el tomate, y se atribuye esta diferencia al distinto poder metabólico de los nitratos en los sistemas radiculares del maíz y del tomate para una absorción global similar.

4.º.—Se piensa que esta diferencia tiene por causa una mayor actividad de la nitrato reductasa en las raíces del maíz.

5.º.—Por otra parte el tomate reduce menos cantidad de  $\text{NO}_3^-$  en la raíz que el maíz, pero esta reducción es mayor en hojas, lo que explica que al haber menor reducción de  $\text{NO}_3^-$  en la raíz, haya proporcionalmente menos absorción de este anión y mayor absorción de los cationes ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , etc.), que en el maíz, por lo que la alcalinización fisiológica es menor en el tomate que en el maíz.

### 5. Resumen

Se estudia comparativamente la alcalinización fisiológica producida en la solución por el maíz y el tomate, viendo que aunque las dos plantas producen una elevada alcalinización es mayor en el maíz que en el tomate. Se aprecia que las cantidades de nitratos absorbidas por cubeta, que expresan, según COIC, la proporción de  $\text{NO}_3^-$  reducido en las raíces, es aproximadamente 5 veces mayor en el maíz que en el tomate. Se atribuye esta diferencia al distinto poder metabólico para los nitratos en los sistemas radiculares del maíz y del tomate para una absorción global similar. Se piensa que esta diferencia tiene por causa una mayor actividad de la nitrato reductasa en las raíces del maíz. Será conveniente estudiar las consecuencias agronómicas que pueden tener en este sentido el diferente comportamiento de las especies vegetales estudiadas.

### II. Comparación del crecimiento y necesidades nutritivas de algunas gramíneas pratenses.

Durante gran parte del año la hierba constituye un alimento único para el ganado y este alimento debe ser equilibrado en cuanto a los ingredientes orgánicos que lo integran, pero también bajo el punto de vista de las sustancias minerales, es preciso que exista un cierto equilibrio. Por esta razón consideramos útil el estudio comparativo del crecimiento y necesidades nutritivas de tres importantes gramíneas pratenses: ballico (*Lolium perenne* L.), festuca de prado (*Festuca pratensis* L.) y dactilo (*Dactylis glomerata* L.), en primer lugar para poder conocer su adecuada fertilización y en segundo lugar para de esta forma proporcionar al ganado un alimento equilibrado en su composición mineral.

Dada la gran variación que en la absorción de sodio, ha señalado GUEGUEN<sup>6</sup>, <sup>7</sup>, principalmente, entre dactilo y festuca y pensando, que estas plantas se comportan de modo diferente, es el motivo que nos ha inducido a estudiar estos aspectos.

GUEGUEN<sup>6</sup> dice que existen diferencias muy marcadas entre las distintas especies de gramíneas en cuanto a su contenido en sodio, el dactilo es, por término medio, 30 veces más rico que la festuca. Los datos encontrados por él son los siguientes:

Gramos por Kg de materia seca

	K	Na	Ca	Mg	P
Dactilo	36,28	5,35	3,91	2,46	4,46
Festuca	32,71	0,13	4,68	2,39	3,39

El mismo autor en una ocasión posterior insiste sobre la gran variabilidad que existe en la riqueza en sodio de los diferentes forrajes y se han observado contenidos muy débiles en festuca y fleo y excepcionalmente elevados en dactilo en 1957 y 1958.

GUEGUEN y DEMARQUILLE<sup>8</sup> señalan que la festuca es muy pobre en sodio, una media de 0,30 gramos por Kg de materia seca.

Tanto en campo como en invernadero la fertilización tiene por objeto satisfacer las necesidades nutritivas del vegetal cultivado y para determinar ésta es preciso establecer sus necesidades nutritivas que son la consecuencia de las exportaciones a condición de que la provisión de nutrientes del suelo sea buena. Nosotros para esto hemos empleado una solución, como veremos a continuación, en la que está experimentalmente comprobado que crecen bien la mayor parte de las plantas.

#### Material y métodos

El 2 de mayo de 1969, se sembraron 400 semillas de cada una de las gramíneas ballico, festuca y dactilo, en cada tiesto (8 por planta) en círculo, cubiertas por 0,5 cm de arena aproximadamente. El riego (en dispositivo automático de soluciones periódicas) se hizo cada cuarto de hora con 150 cc por tiesto de la siguiente solución, preparada con agua desionizada. Los tiestos se mantenían en las condiciones controladas de invernadero.

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
K <sup>+</sup>	4	1			5
Na <sup>+</sup>				0,5	0,5
Ca <sup>++</sup>	7,5				7,5
Mg <sup>++</sup>	0,5		1,5		2
H <sup>+</sup>		2			2
Total	12	3	1,5	0,5	17

(Los iones se expresan en equivalentes miligramos por litro)

Como puede verse se ha utilizado fosfato monopotásico y los oligoelementos se han suministrado según las normas habituales en la forma que se indica en la primera parte del trabajo.

La recogida de muestras se hizo cuando las plantas alcanzaron un grado suficiente de crecimiento, realizando el corte a 5 cm del suelo. La tercera toma de muestras, que debía de tener lugar el 26/6/69, se desestimó por enfermedad de las plantas, roya posiblemente, que tratada con Rhodiasan (Thirame-T. M. T. D.), en proporción de 3 gramos litro dio buenos resultados, permitiendo después dar el correspondiente corte al crecer a las plantas normalmente.

#### Material y métodos

Los métodos utilizados para la determinación de Ca, Mg, K, Na, previa incineración en horno a 500°C., son los siguientes: el calcio se determinó por permanganimetría, el Mg por precipitación en forma de fosfato-amónico-magnesio transformado en pirofosfato de magnesio y medido gravimétricamente. Para el K y Na se utilizó la fotometría de llama.





II, 1.—Ballico, festuca y dactilo

Para el fósforo se hizo la calcinación de la muestra, a 550°C, humedecida previamente con acetato de calcio para fijar el fósforo presente. A las cenizas se añade ácido nítrico para hidrolizar los compuestos fosforados en forma de  $\text{PO}_4^{3-}$  que es el que se mide. La determinación se hizo por fotolorimetría.

El N fue determinado por el método de KJENDAHL.

#### *Discusión de los resultados*

Considerando los resultados de la tabla I, al comparar las tres plantas entre sí, vemos que el peso fresco del primer corte, a los 28 días de la siembra, es mayor en el ballico y seguido de festuca y dactilo (79,7 g en ballico, 48,3 g en festuca y 27,4 en dactilo). Lo mismo sucede en el segundo corte, a los 39 días de la siembra, (118 g el ballico, 72,3 gramos la festuca y 52,4 g el dactilo) pero en el cuarto corte, a los 77 días de la siembra, sufre un gran incremento el dactilo (181,8 g ballico, 144,2 gramos festuca y 168,5 g dactilo).

Si consideramos los resultados por plantas, y comparamos los cortes entre sí, vemos que el ballico aumenta 38,7 g del primero al segundo corte, con 11 días de intervalo, y un total de 101,8 g del primero al último. En festuca los incrementos son del orden siguiente: 24 g del primero al segundo corte, 71,9 g del segundo al cuarto corte, y un total de 95,9 g del primero al cuarto corte. En el dactilo hay un incremento de 25 g del primero al segundo corte que viene a ser del mismo orden que la festuca, y de 116,1 g de segundo al cuarto, es decir más que el ballico y festuca y un incremento total análogo del primero al cuarto corte que es de 141,1 gramos.

Pero valorando el crecimiento, por la substancia seca producida podemos apreciar que en el primer corte, a los 28 días de la siembra, el mayor crecimiento corresponde al ballico, con 8,78 g, siguiendo la festuca, con 5,86 g, y dactilo, con 3,47 g. En el segundo corte, a los 39 días de la siembra, siguen el mismo orden, ballico 13,46, festuca, 9,57 gramos y dactilo 7,06 g y en el tercer corte, a los 77 días de la siembra, las diferencias son menores (21,38 g el ballico, 19,43 g la festuca y 22,22 g el dactilo). Como vemos el que presenta un ritmo más acusado de crecimiento es el dactilo.

Si hacemos la comparación de corte a corte en la misma planta se puede notar que el incremento en substancia seca es aproximadamente del mismo

TABLA II. 1

*Peso fresco medio por tiesto (g)*

Cortes	Ballico	Dife- rencias	Festuca	Dife- rencias	Dactilo	Dife- rencias
30/5/69	79,7		48,3		27,4	
10/6/69	118,4	38,7	72,3	24	52,4	24
16/7/69	181,5	63,1	144,2	71,9	168,5	116,1
Diferencia del 1.º al último		101,8		95,9		141,1

Donde no se especifica la diferencia es del corte anterior respecto al siguiente.

TABLA II. 2

*Peso seco medio por tiesto (g)*

Cortes	Ballico	Dife- rencias	Festuca	Dife- rencias	Dactilo	Dife- rencias
30/5/69	8,78		5,86		3,47	
10/6/69	13,46	3,68	9,57	3,71	7,06	3,59
16/7/69	21,38	7,92	19,43	9,86	22,22	15,16
Diferencia del 1.º al último		11,06		13,57		18,75

Donde no se especifica la diferencia es del corte anterior respecto al siguiente.

TABLA II. 3

*Porcentaje de materia seca*

Cortes	Ballico.	Festuca	Dactilo
30/5/69	11,01	12,13	12,66
10/6/69	11,36	13,23	13,49
16/7/69	11,77	13,47	13,18

orden del primero al segundo corte, con 11 días de intervalo (ballico 3,68 g, festuca 3,71 g y dactilo 3,59), pero del segundo al cuarto corte, con 20 días de intervalo, los incrementos aumentan del ballico al dactilo (7,92 g el ballico, 9,86 g festuca y 15,16 g dactilo), y si comparamos los incrementos del primero al cuarto corte vemos que se invierten los valores y el mayor crecimiento corresponde a dactilo (11,60 g, ballico, 13,57 g, festuca y 18,75 g dactilo), esto viene confirmado por los resultados de la tabla II. 3, en cuanto al tanto por ciento de substancia seca con relación al peso fresco, donde, como podemos apreciar, los valores van por este orden de menor a mayor: ballico, festuca y dactilo, y en todos se incrementa del primero al cuarto corte (con una cifra anormal en el cuarto corte de dactilo). De todo ello llegamos a la conclusión de que a los 28 y 39 días de la siembra, primero y segundo corte, la cantidad de materia fresca y materia seca producida, índice de su crecimiento, va por este orden de mayor a menor: ballico, festuca y dactilo, pero en el cuarto corte, a los 77 días de la siembra, se invierten los términos y son de mayor a menor: dactilo, festuca, y ballico, siendo éste el mismo orden en cuanto al tanto por ciento de materia seca, incluidos todos los cortes. Por este motivo consideramos, según los datos obtenidos, que en cuanto a la instalación en el prado y crecimiento de estas plantas deberá ser por orden de mayor a menor: dactilo, festuca y ballico y asimismo en su papel de proporcionar una mayor cantidad de materia seca para la alimentación de los animales.

En cuanto a la comparación de las necesidades nutritivas de estas tres gramíneas pratenses, teniendo en cuenta primero el nitrógeno vemos que las necesidades son similares, disminuyendo algo del primero al cuarto corte siendo algo mayores para ballico que para dactilo y festuca. Disminuyendo progresivamente su proporción en nitrógeno total y nitrógeno mineral del primero al cuarto corte.

En cuanto al fósforo son mayores las necesidades del ballico que las de festuca y dactilo, siendo aproximadamente las mismas entre los tres cortes para las distintas plantas entre sí.

Las necesidades de potasio son también algo mayores en el ballico que en festuca y dactilo, disminuyendo algo en estas dos últimas plantas del primero al cuarto corte.

TABLA II. 4

Composición en % de substancia seca

	Planta-Cortes	N	NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	Na
Dactilo	30/5/69	59,8	17,0	5,3	71,1	5,2	4,0	0,4
	10/6/69	51,3	13,4	5,7	65,7	4,4	3,6	0,6
	16/7/69	47,8	13,3	5,6	65,3	5,4	3,7	0,7
Festuca	30/5/69	60,5	19,6	5,2	76,3	6,3	4,7	0,2
	10/6/69	52,4	16,6	5,0	66,4	5,8	5,1	0,3
	16/7/69	49,1	17,1	5,1	64,2	6,8	4,9	0,6
Ballico	30/5/69	61,3	16,2	6,2	77,3	7,7	2,9	0,3
	10/6/69	54,0	15,9	6,3	79,1	5,8	3,1	0,4
	16/7/69	53,5	17,1	6,6	76,6	7,5	3,8	0,7

Las necesidades de calcio de mayor a menor siguen este orden: ballico, festuca y dactilo.

Respecto a los siguientes elementos: P, K, Ca, y Mg, las cifras obtenidas por nosotros en festuca y dactilo son superiores a las obtenidas por GUEGUEN.<sup>6</sup>

Y por último podemos apreciar, por los resultados obtenidos en cuanto a la proporción de sodio, que no encontramos las diferencias señaladas repetidas veces por GUEGUEN<sup>6, 7</sup> en dactilo y festuca. Es verdad que es ligeramente mayor la proporción de sodio en dactilo que en festuca, aunque nosotros hemos empleado una proporción de 0,5 miliequivalentes litro en lugar de 0,2 que suelen emplear. Pudiera ser o bien que no fuera suficiente esta concentración para hallar estas diferencias o que se presente algún antagonismo en cuanto a la absorción de sodio por el dactilo, en estas condiciones, que impida su absorción y que no se presente en circunstancias naturales.

Desde el punto de vista de la fertilización práctica podemos considerar las necesidades de estas tres plantas, en cuanto a los elementos estudiados, similares, ya que como decimos la solución nutritiva empleada

puede considerarse como óptima para cubrir las necesidades de las plantas en general y en cuanto al sodio serán necesarios posteriores estudios para ver la causa de las diferencias dadas por GUEGUEN<sup>6, 7</sup>.

### Conclusiones

1.º A los 28 y 39 días de la siembra, primero y segundo corte, la cantidad de materia fresca y materia seca producida, índice de su crecimiento, va por este orden de mayor a menor: ballico festuca y dactilo, pero en el cuarto corte, a los 77 días de la siembra, se invierten los valores y son de mayor a menor: dactilo, festuca y ballico, siendo este el mismo orden en cuanto al tanto por ciento de materia seca con relación al peso fresco, incluidos todos los cortes.

2.º No encontramos diferencias, en cuanto a la proporción de sodio, señaladas por GUEGUEN<sup>6, 7</sup> en dactilo y festuca, si bien es ligeramente mayor la proporción de sodio en dactilo que en festuca.

3.º Con vistas a la fertilización práctica consideramos estas tres gramíneas pratenses con las mismas necesidades nutritivas en cuanto a: N, P, K, Ca, y Mg y en cuanto al Na serán necesarios posteriores estudios para ver la causa de las diferencias dadas por GUEGUEN.<sup>6, 7</sup>

### RESUMEN

Se realiza un estudio en soluciones nutritivas sintéticas y su aplicación en dos diferentes formas, una en solución fija, comparando la alcalinización fisiológica de maíz (*Zea mays L.*) y del tomate (*Lycopersicum esculentum*) y otra en soluciones periódicas, comparando el crecimiento y necesidades nutritivas de tres gramíneas pratenses: ballico (*Lolium perenne L.*) festuca (*Festuca pratensis L.*) y dactilo (*Dactylis glomerata L.*).

### RESUME

On effectue deux expériences pour faire une étude sur les solutions nutritives synthétiques. Dans l'un d'eux, on emploie une solution fixe dans laquelle on compare l'alcalinisation physiologique du maïs (*Zea*

*mays* L.) et celle de la tomate (*Lycopersicum esculentum*). Dans l'autre, on emploie des solutions périodiques et on compare le croissement et les nécessités nutritives de trois graminées pratenses: raygrass (*Lolium perenne* L.), festuca (*Festuca pratensis* L.) et dactylo (*Dactylis glomerata* L.).

## SUMMARY

A study on the synthetic nutritive solutions is carried out in two experiments. In one of them, a fixed solution is used in which the physiological alcalinization of corn (*Zea mays* L.) and that of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) are compared. In the other one, periodical solutions are used, and the growth and nutritive needs of three gramineous pratenses plants: raygrass (*Lolium perenne* L.), festuca (*Festuca pratensis* L.) and dactylo (*Dactylis glomerata* L.) are also compared.

## BIBLIOGRAFIA

1. ARNON, D. I. and HOAGLAND, D. R. (1949).—Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. *Soil. Sci.*, 50, 463.
2. BOUSSINGAULT, J. B. (1851-1856).—Citado por SHIVE, J. W. (1940).
3. COÏC, Y., LESAIN, C. et LE ROUX, F. (1961).—Comparaison de l'influence de la solution nitrique et ammoniacale, combinée ou non, avec une déficience en acid phosphorique, sur l'absorption et le métabolisme des anions-cations et plus particulièrement des acides organiques chez le maïs. Comparaison du maïs et de la tomate quant à l'effet de la nature de l'alimentation azotée. *Ann. Physion. Vég.*, 3, 141-163.
4. COÏC, Y. (1964).—Sur le déterminisme de l'absorption des cations minéraux par les genres et espèces végétales: influence de la localisation du métabolisme de l'azote. *C. R. Acad. Agric.*, 18, 73.
5. CONWAY, J. E.—*Microdiffusion analysis and coulometric error* Crosby Lockwood and Son LTD, 39 Thurlow Street S. W. 7 London.
6. GUEGUEN, L. (1959).—Etude de la composition minérale de quelques espèces fourragères. Influence du stade de développement et du cycle de végétation. *Ann. de Zootech.*, 8, 245-268.
7. GUEGUEN, L. (1962).—Composition minérale de l'herbe. *Fourrages*, 10, 52-62.

8. GUEGUEN, L. et DEMARQUILLE, C. D. (1965).—Influence du cycle de végétation et du stade de croissance sur la valeur minérale de quelques plantes fourragères pour le mouton adulte. *Fourrages*, 22, 48-59.
9. HOAGLAND, D. R. (1919).—Relation of concentration and reaction of the nutrient medium to the growth and absorption of the plant. *J. Agric. Res.* 18, 73.

10. HEWWIT, E. J. (1952).—*Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition*. Commonwealth Agricultural Bureaux.
11. KNOP, W. (1861).—Quantitative analytische Arbeiten über den Ernährungsprozess der Pflanzen. *Landw. Verssta.* 3, 295.
12. KNOP, W. (1865).—Quantitative Untersuchungen Arbeiten über di Ernährungsprocesse der Pflanzen. *Landw. VersSta.*, 7, 93.
13. MAZÉ, P. (1900).—L'influence de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal sur le développement du maïs. *Ann. Inst. Pasteur*, 14, 26.
14. PFEFFER, W. (1918).—*Die Vegetationsversuche*, Berlin, 2, 31-32, 159.
15. REED, H. S. (1942).—A short history of the plants. *Chronica Botinea*, New York, 2.
16. SHIVE, J. W. (1940).—Sketch of the development of the water culture method of growing plants. *Sci. Mon* 51, 233.
17. STILES, W. (1964).—*Trace elements in plants and animals*. University Press, Cambridge, 2.
18. SAUSSURE, TH. DE (1804).—*Recherches chimiques sur la végétation*. Paris, 2.
19. SANCHS, J. VON (1860).—Berichte über die physiologische, Thätigkeit and der Versuchsstation in Tharandt. IV. Vegetationsversuche mit Ausschluss des Bodens über die Nährstoffe und sonstigen Ernährungsbedingungen von Mais, Bohnen und anderen, Pflazen. *Lan dw. VersSta.*, 2, 219.
20. TOTTINGHAM, W. E. (1914).—A quantitative chemical and physiological study of nutrient solutions for plantcultures. *Physiol. Res.*, 1, 133.
21. WOODMAN, J. (1946).—Thoughts and experiments on vegetation *Phil. Trans. roy. Soc.*, 21, 193.