Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado[1]

Gotardo Schenkel S.[2] Pedro Baherle V.[3]

INTRODUCCION

Se había demostrado con anterioridad la necesidad de aumentar las dosis de fósforo, potasio y azufre, para obtener un suministro adecuado de ellos con suelos de Cautín (98), sometidos a ensayos en macetas por la técnica Chaminade (25).

Consideraciones prácticas permitían anticipar una mayor eficiencia de los abonos correspondientes al elevar la dosis de fertilización y al modificar la forma de aplicación de los mismos, anteponiendo los compuestos sólidos a los líquidos. Esto se consideró particularmente importante para el fósforo, donde junto con duplicar la cantidad aplicada se le incorpora al suelo en forma cristalizada.

La deficiencia de fósforo —o de otro nutriente— que pudiere aparecer en un suelo, queda definida por dos factores independientes entre sí: primero, por la cantidad de fósforo asimilable y luego por las exigencias y/o capacidad de respuesta que tengan a éste las respectivas plantas. Así, para la ballica bien provista con fósforo durante su establecimiento, llegará un instante, a partir del cual aparecerá una deficiencia de fósforo en la abonadura completa; bastará aumentar el número de cortes y agregar los demás nutrientes. Igual situación se produce, si este elemento es el primero en agotarse.

Esta asociación entre producción de materia seca de una especie —sobre todo forrajeras— e intensidad de la deficiencia nutritiva, constituye una de las facetas más ignoradas y por cierto adquiere la mayor importancia económica en las praderas de nuestro país.

El método descrito se ha usado exitosamente con suelos que abarcan desde la provincia de Arauco hasta la de Aisén. Los resultados serán entregados en futuras publicaciones de esta serie.

REVISION DE LITERATURA

Para establecer las deficiencias nutritivas es importante trabajar con fertilizantes de la

[1]Recepción manuscrito: 24 de marzo de 1970.

[2]Ing. Químico, Proyecto Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 58-D, Temuco, Chile.

[3]Ing. Agr., Proyecto Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

CUADRO 1 - *Sales químicas usadas como fuente nitrogenada.*

SAL	INVESTIGADOR
1. Nitrato de amonio	(1) (19) (22) (23) (33) (48) (50) (52) (59) (63) (64) (72) (74) (77) (78) (81) (83) (84) (89) (103) (106) (107) (114) (115) (116)
2. Nitrato de calcio	(6) (13) (19) (25) (26) (27) (31) (48) (50) (51) (53) (61) (68) (70) (80) (81) (82) (84) (87) (89)
3. Nitrato de potasio	(Ver Cuadro 3)
4. Nitrato de sodio	(62) (63)
5. Nitrato de magnesio	(50) (68)
6. Sulfato de amonio	(12) (22) (40) (61) (74) (75) (79) (83) (96) (99) (102)
7. Bicarbonato de amonio	(16) (19)
8. Urea	(61) (89) (101)
9. Monofosfato de amonio	(Ver Cuadro 2)
10. Alcaloides brucina y estricnina	(33)

mayor pureza química, a objeto de atribuir las respuestas en los rendimientos al nutriente efectivamente agregado y no a las impurezas que contenga. En ensayos de investigación, tanto en macetas como con cultivos hidropónicos, se usan exclusivamente sales químicas del grado para análisis.

A. SALES QUIMICAS UTILIZADAS COMO FERTILIZANTE

Numerosas sales químicas cumplen con el doble propósito antes indicado, por cuanto son abonos portadores del nutriente que se desea agregar y además tienen un grado de gran pureza. Por tanto, se ha considerado imprescindible recurrir a la literatura más reciente para hacer una buena síntesis del pensamiento actual, sobre todo tomando en cuenta que Giesecke (44) hiciera una buena recopilación bibliográfica anterior al año 1954. Esto se hará para cada nutriente en particular, indicando las diversas sales propuestas o usadas en soluciones nutritivas por los distintos investigadores.

a) *Nitrógeno*

Numerosas substancias químicas se usan para suministrar nitrógeno a las plantas, como se muestra en el Cuadro 1.

El nitrato de potasio se comenzó a incluir en las primeras soluciones nutritivas completas (21), por Sachs en 1860 y por Knop en 1865, aunque este último agregó también el nitrato de calcio. Hoagland mantiene el criterio de Knop, de incluir simultáneamente ambas sales, mientras en la solución de Shive R 552 ya se eliminó al nitrato de potasio y sólo se incluye al nitrato de calcio (21).

Kirkby (61) estima que para la mayoría de las especies, el nitrato es generalmente la fuente preferida de nutrición para el crecimiento de las plantas, por cuanto disponen éstas de un sistema de reducción de nitrato en su interior (nitrato-reductasa). No obstante, hay investigadores que prefieren emplear una fuente nitrogenada mixta (nítrica más amoniacal) para la nutrición de las plantas. Este es el caso de Jackson *et al* (56) en trigo, Asher y Ozanne (11) y Asher y Loneragan (10) en diversas forrajeras, Berry y Ulrich (17) en remolacha, Loneragan *et al* (67) con 30 especies diversas y Amin y Johan en algodón (4).

Finalmente, hay quienes toman muy en cuenta el anión acompañante del amonio, porque recomiendan una relación de ¼ cloruro de amonio y ¾ sulfato de amonio (88). Influirán diversos factores para esta elección, pero especialmente el propósito de la investigación en cuanto a tolerancia de los aniones, concentración salina total y si se desea detectar una deficiencia de azufre o toxicidad del cloruro.

b) *Fósforo*

El Cuadro 2 destaca el mayor uso que se hace de las sales cálcicas y potásicas del ácido ortofosfórico.

Con el fósforo se observa algo semejante a lo constatado para el nitrógeno, esto es, que hay preferencia por usar dos sales con fósforo en vez de una sola. Así, Asher y Loneragan (10) emplean una mezcla de fosfato monopotásico y bipotásico para preparar la solución

CUADRO 2 – *Sales químicas usadas como fuentes fosfatadas.*

SAL	INVESTIGADOR
1. Fosfato monocálcico	(6) (15) (16) (19) (42) (45) (54) (56) (75) (80) (82) (90) (91) (96) (103) (109)
2. Fosfato bicálcico	(15) (18) (31) (51) (70) (72) (79) (91) (109) (114) (115)
3. Fosfato tricálcico	Sachs (21), (91)
4. Fosfato monopotásico	(15), Shive R 552 y Knop (21) (22) (23) (33) (59) (61) (63) (68) (76) (81) (91) (116) (117)
5. Fosfato bipotásico	(Ver Cuadro 3)
6. Fosfato tripotásico	(49) (50) (91)
7. Fosfato monosódico	(5) (6) (9) (25) (26) (27) (84) (87) (91) (102) (107)
8. Fosfato bisódico	(14) (91)
9. Fosfato trisódico	(91)
10. Fosfato monoamónico	(21) (39) (41) (48) (63) (74) (112)
11. Fosfato biamónico	(74) (107)
12. Fosfato bimagnésico	(89)

nutritiva en la cual hicieron crecer ocho especies forrajeras diferentes, al igual que Griffin y Hanna (43). Barrow (14) prepara una solución equimolecular de fosfato monosódico y fosfato bisódico.

c) *Potasio*

Jungk (59) investiga en tomates y mostaza el efecto que tienen los aniones acompañantes de potasio, para lo cual utiliza una mezcla de sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Igual propósito anima a Brown (23), quien emplea la misma mezcla, pero en maíz. Brown (23) se interesa por conocer el efecto de la mezcla $NaH_2PO_4 + H_3PO_4$, en maíz.

Desde hace mucho tiempo ha merecido atención el efecto del sulfato y del cloruro. A. Moll (72) resuelve este aspecto en sus ensayos con papas, por el uso de una mezcla de dos partes de sulfato de potasio y una de cloruro de potasio. Igualmente, se ha estudiado esto en plantas ornamentales. K. Rathsack y A. Jungk (88) utilizan azaleas en turba, al igual que K. Rathsack y Pawlowski (89).

Asher y Loneragan (10) emplean una mezcla de mono y bifosfato de potasio con 8 especies forrajeras, mientras Asher y Ozanne (11), con 14 especies diferentes, deciden aplicar el potasio a la solución base como una mezcla de 5 partes KNO_3, 1 parte fosfato bipotásico, 1 parte sulfato de potasio y 1 parte cloruro potásico. Griffin y Hanna (43) aplican en solución una mezcla de 6 partes fosfato monopotásico y 1 parte fosfato bipotásico.

Muchos investigadores prefieren usar el sulfato de potasio como fertilizante potásico. Las demás sales utilizadas se indican en el Cuadro 3.

CUADRO 3 – *Sales químicas usadas como fuente potásica.*

SAL	INVESTIGADOR
1. Sulfato de potasio	(6) (16) (19) (27) (31) (42) (50) (74) (75) (81) (84) (96) (99) (103) (107) (114) (115) (116)
2. Cloruro de potasio	(51) (56) (70) (78) (82) (102)
3. Nitrato de potasio	(5), Sachs y Knop (21), (48) (50) (63) (68) (87) (116) (117)
4. Fosfato monopotásico	(Ver Cuadro 2)
5. Fosfato bipotásico	(15) (33) (53) (91)
6. Fosfato tripotásico	(Ver Cuadro 2)
7. Carbonato de potasio	(80)
8. Bicarbonato de potasio	(9) (25) (26) (27)

CUADRO 4 - *Sales químicas usadas como fuente cálcica, magnésica o azufrada*

NUTRIENTE	SAL	INVESTIGADOR
CALCIO	Consultar todas las sales indicadas en cuadros anteriores, cuyas moléculas contienen calcio.	
	1. Carbonato de calcio	(6) (13) (31) (102)
	2. Cloruro de calcio	(67) (84) (117)
	3. Hidróxido de calcio	(63) (79)
MAGNESIO	Consultar todas las sales indicadas en cuadros anteriores, cuyas moléculas contienen magnesio.	
	1. Sulfato de magnesio	(6) (9) (16) (25) (26) (27) (48) (50) (56) (59) (61) (63) (74) (78) (81) (82) (84) (87) (88) (102) (103) (114) (117)
	2. Oxido de magnesio	(79).
	3. Carbonato de magnesio	(60).
	4. Cloruro de magnesio	(116).
AZUFRE	Consultar todas las sales indicadas en cuadros anteriores, cuyas moléculas contienen azufre.	
	1. Azufre elemental	(10) (69) (77) (83).
	2. Sulfato de sodio	(53) (62) (83)
	3. Sulfato de calcio	Sachs (21) (68) (80) (103).
	4. Sulfato de aluminio	(73).
	5. Sulfato diamónico	(45) (83) (96) (102).

d) *Otros nutrientes*

Los Cuadros 4 y 5 indican las sales comúnmente incorporadas a los ensayos de macetas directamente o a la forma de soluciones nutritivas, para proveer a las plantas con calcio, magnesio, azufre y micronutrientes.

B. DOSIS DE FERTILIZACION

En consideración a los resultados de la experiencia preliminar (98), merecen especial atención los elementos fósforo, potasio y azufre. Las cantidades usadas con éstos, en trabajos recientes, se entrega en el Cuadro 6.

a) *Fósforo*

La mayor cantidad de fósforo fue incluida por Rathsack y Jungk (88) con cultivo de azalea, en Alemania, alcanzando a 2.330 mg P/Kg de turba. Investigaciones más antiguas permiten comprobar que se trabajó hasta con 436 mg P/Kg de suelo, valor coincidente con el propuesto por Chaminade (26) (27) y muy similar al utilizado por Andrews y Robins (6), quienes adicionan 413,3 mg P/Kg de suelo con forrajeras leguminosas en Australia. También Blanchar y Hossner (19) usan en Estados Unidos una dosis semejante con maíz. Le Mare (63), pese a determinar curva de respuesta al fósforo para sorgo en Africa, sólo incorpora hasta 320 mg P/Kg de suelo.

Las experiencias en macetas efectuadas con suelos chilenos en alfalfa incluyen dosis de 605 mg P/Kg de suelo por D. Rodríguez (91) y 1210 mg por Beratto (15); no parecen alcanzar el óptimo de rendimiento. Así se desprende del trabajo de Turner (109), quien estudia la curva de respuesta al fósforo para alfalfa, en algunos suelos de las provincias de Ñuble, Cautín y Valdivia, con dosis máximas de 12.100 mg P/Kg de suelo, cantidad que para varios suelos resulta depresiva. Todas estas investigaciones tienen la limitante de entregar la información para un único corte.

b) *Potasio*

Los mayores aportes de potasio para sus ensayos en macetas también la efectúan Rathsack y Jungk (88), que alcanza a 2.670 mg K/Kg de turba. Le sigue la dosis de 831 mg K/Kg suelo dada por Chaminade (27) (26) y (25). En trabajos más antiguos, sólo se llega a 500 mg K/Kg suelo (44).

Estas dosis de potasio también han sido sobrepasadas con experiencias en suelos chi-

CUADRO 5 - *Compuestos químicos usados como fuentes de micronutrientes.*

NUTRIENTE	COMPUESTO	INVESTIGADOR
BORO	1. Acido bórico	(6) (9) (21) (25) (26) (27) (39) (50) (59) (63) (68) (81) (87) (102) (103)
	2. Tetraborato de sodio	(5) (10) (11) (13) (15) (17) (48) (67) (69) (74)
MOLIBDENO	1. Oxido molíbdico	(15) (50)
	2. Acido molíbdico	(22) (99) (103)
	3. Molibdato de sodio	(53) (60) (68) (87)
	4. Molibdato de amonio	(5) (6) (9) (25) (26) (27) (45) (63) (78) (81) (102)
ZINC	1. Sulfato de zinc	(5) (6) (9) (11) (21) (22) (25) (26) (27) (50) (60) (63) (74) (76) (78) (81) (96) (103)
	2. Cloruro de zinc	(53) (68) (87) (102) (116)
	3. Oxido de zinc	(63) (74) (113)
	4. Zn EDTA (Sal de zinc etilendiamino tetra acético)	(74)
MANGANESO	1. Sulfato manganoso	(9) (25) (26) (27) (50) (60) (63) (74) (81) (117)
	2. Cloruro manganoso	(21) (87) (102) (103)
FIERRO	1. Sulfato ferroso	(81) (103)
	2. Sulfato férrico	Sachs (21) (50) (74).
	3. Fosfato férrico	Knop (21), Shive R 552 (21)
	4. Citrato de fierro	(5) (68)
	5. Tartrato férrico	Hoagland (40)
	6. Quelantes	
	a) $FeNH_4$-EDTA	(17)
	b) Fe EDTA	(10) (11) 48) (87)
	c) Fetrilon	(59) (84)
	d) Secuestreno 138	(67)
COBRE	1. Sulfato de cobre	(5) (6) (9) (25) (26) (27) (50) (63) (74) (78) (81) (103)
	2. Cloruro de cobre	(53) (68) (87) (102) (116)

CUADRO 6 — *Dosis de fósforo, potasio y azufre empleados en ensayos de macetas.*

NUTRIENTES	DOSIS (por Kg suelo)	INVESTIGADOR
FOSFORO	menos 100 mg P	(7) (80) (75) (70) (102) (96) (54) (76) (16) (31) (51) (114) (116) (42) (45) (81) (103) (40) (53)
	100 - 200 mg P	(107) (27) (74) (115) (72) (79) (117)
	200 - 500 mg P	(6) (63) (26) (27) (9) (19)
	sobre 500 mg P	(88) (15) (91) (109)
POTASIO	menos 100 mg K	(7) (16) (60) (99) (31) (76) (78) (63) (103) (75) (74) (59) (42) (107)
	100 - 250 mg K	(102) (53) (51) (70) (114) (23) (115) (81) (40) (116)
	250 - 500 mg K	(117) (79) (19) (72) (6)
	sobre 500 mg K	(27) (33) (15) (91) (88)
AZUFRE	menos 50 mg S	(7) (77) (69) (13) (102) (83) (103)
	50 - 100 mg S	(45) (53) (74) (10)
	sobre 100 mg S	(68) (96)

lenos. D. Rodríguez (91) con fosfato mono, bi y tripotásico alcanza a 762,5-1.525 y 2.287 mg K/Kg suelo, respectivamente, cantidad aún superada por Beratto (15), quien entrega 1.525 y 3.050 mg K/Kg suelo del correspondiente fosfato mono o bipotásico. En ningún momento se observó depresión de rendimiento.

c) *Azufre*

La gran mayoría de los investigadores opta por agregar el azufre como sulfato de potasio, con lo cual las dosis de azufre quedan definidas por el aporte de potasio. En la literatura revisada sólo Sharma *et al* (96) y Marquard *et al* (68) exceden los 100 mg S/Kg suelo propuesta por Chaminade (26), empleando 320 y 270 mg S/Kg suelo, respectivamente.

C. FORMA DE APLICACION

D. Jensen y J. Peseck (57) demuestran teóricamente que se asocian pérdidas de rendimiento positivos con una distribución desuniforme del fertilizante, respecto de los rendimientos obtenidos con una distribución homogénea del mismo. Al comparar los abonos compuestos (58), de composición química constante o variable, calculan las pérdidas de rendimiento. Verifican que éstas son lo suficientemente apreciables como para imponer la aplicación simultánea de tres nutrientes, no permitiendo su separación, pues en tal caso se alcanza rendimientos menores.

La industria de fertilizantes ha concedido gran atención a la granulación de los abonos compuestos (86). Para fósforo aplicado en cobertera se comprueba que la mayor parte del fósforo no recuperado con el cultivo permanece en las 2 a 3 pulgadas superficiales (100), por lo cual se prefiere la localización de estos abonos. No obstante, Sotiriou (104) plantea que no hay unanimidad de criterio en apreciar las ventajas de la aplicación en banda de los fertilizantes fosfatados. Las depresiones de rendimientos se observan con cierta frecuencia y serían atribuibles a los daños causados por altas concentraciones salinas.

MATERIAL Y METODO

A. ENSAYO EN MACETAS

La técnica adaptada a suelos chilenos ubicados en el área comprendida entre las provincias de Malleco y Aisén inclusive será descrita en detalle, por incluir modificaciones originales.

I. ELECCION Y PREPARACION DE MUESTRAS

Siempre se prefirió la elección de suelos con el menor contenido de humedad posible, en las condiciones de campo, y en todo caso inferior a la capacidad de campo. Se simplifica de este modo el tamizado, y se evita el secado.

Las muestras se recogen de la profundidad deseada; para nuestro caso, sobre praderas que no habían sido fertilizadas en los últimos años. Se raspa la cubierta vegetal en 2 a 4 cm de espesor para las respectivas muestras superficiales. Los horizontes o estratas más profundas se libran de posibles contaminaciones provenientes de la superior, para lo cual también se eliminan 2 a 4 cm de espesor. Esto permitirá apreciar mejor las posibles diferencias existentes entre ellas.

El suelo elegido se cava con pala y se desmenuza de inmediato con la misma herramienta. Este se coloca en bolsas plásticas debidamente identificadas. En el laboratorio se somete a tamizado por malla de 8 milímetros, pudiendo usarse para los trumaos dimensiones mayores, particularmente para las muestras que procedan de suelos ubicados bajo la capa superficial, o sea, del subsuelo. Esta operación tiene por objeto eliminar restos vegetales, piedras, gravas, maderas y gran importancia se debe conceder a los insectos, larvas y gusanos.

Si durante el tamizado existe dificultad para el aseo del cedazo mediante escobilla de nylon, se tendrá una prueba evidente de la excesiva humedad del suelo. Suelos de textura arcilla no han sido probados lo suficientemente, pero en todo caso es preferible no recogerlos demasiado secos y desmenuzarlos lo más posible, con guante de goma, cuando todavía están húmedos durante el secado. Del conjunto de 350 suelos preparados hasta este instante, ha presentado complicaciones un único suelo.

El suelo tamizado se vuelve a guardar en las bolsas plásticas originales. Si las circunstancias permiten su sembrado inmediato —lo que de cualquier modo se recomienda— se lleva a las macetas.

II. MACETAS USADAS Y SU ASEO

Se emplearon solamente de material plástico. Se comenzó trabajando con las mismas mencionadas anteriormente (98), pero como su número fue insuficiente se obtuvo la colaboración de la Industria de Plásticos P B G[1] para su fabricación en el país. Estas son de material plástico pulido, de resistencia mecánica adecuada para una manipulación ruda. Su forma ligeramente cónica encierra un volumen de 1.860 mililitros, y contiene 1.234 ml

[1]Se agradece a los fabricantes la gran acogida prestada a algunas sugerencias técnicas, formuladas antes de su fabricación.

hasta 3 cm bajo el borde superior, que será el nivel superior de la tierra. En el fondo lleva cuatro perforaciones de 5 mm de diámetro ubicados en forma simétrica sobre una circunferencia concéntrica de 36 mm de radio.

Las macetas se lavan prolijamente, con escobillas si han sido usadas anteriormente, y se dejan escurrir para su secado.

Antes de agregar la tierra, se coloca en el fondo de la maceta un círculo plástico limpio, que lo cubra completamente, para permitir el libre drenaje del exceso de agua. En este instante se determina la humedad de los suelos. Las macetas se llenan de tal modo que con una posterior compactación suave en la siembra, la superficie de suelo quede hasta 3 cm bajo el borde superior.

III. NUTRIENTES EMPLEADOS

Todos los elementos nutritivos fueron agregados al suelo en la forma química de mayor pureza, esto es, reactivos para análisis y en forma sólida. Hacen excepción exclusivamente las soluciones de nitrógeno y micronutrientes que se aplicaron en forma líquida y fueron preparadas con agua destilada.

Para una exacta identificación del suministro de nutrientes al suelo se puede consultar el Cuadro 7. En él se indican para varios nutrientes dos sales, la segunda de las cuales tiene una restricción en su uso y sólo puede usarse para los tratamientos expresamente indicados al pie del cuadro. Por ejemplo, el sulfato de potasio no podrá aplicarse como fuente de potasio cuando se trate del tratamiento sin azufre y se le reemplazará por el bicarbonato de potasio.

El conjunto de todos los micronutrientes, en la concentración indicada en el Cuadro 7, se agrega al suelo en un volumen de 20 ml por maceta.

El aporte de nitrógeno se hizo exclusivamente a la forma de nitrato de amonio, preparado a partir de ácido nítrico y amoníaco, ambos de calidad para análisis. Se preparó inicialmente una solución concentrada 2,5 Normal y pH 7,00 o mejor, ligeramente ácido (pH 6,8), la cual se diluyó a 0,25 N en el momento de usarse. De esta solución diluida se aplican 25 ml por maceta semanalmente, desde el instante que la ballica tiene 3 cm de altura.

IV. INCORPORACION DE NUTRIENTES AL SUELO

Esta es la operación más delicada y engorrosa. Se eligen cubiertas plásticas, para lo cual sirven mangas de 60 a 80 cm de ancho y se abren por uno o los dos lados, dependiendo de la dimensión deseada. El suelo ya preparado, contenido en la maceta, se extiende sobre el plástico mediante una espátula, si es posible plástica; se distribuye de modo que no sobrepase los 2 cm de espesor. Se agregan las sales sólidas, que contienen los nutrientes elegidos, con la mayor uniformidad posible sobre la superficie del suelo. Igual se procede con los micronutrientes, cuando corresponde, pero éstos se agregan con pipeta.

En seguida, con la espátula, o mejor, con

CUADRO 7 – *Cantidad y calidad de sales usadas para el aporte de nutrientes al suelo.*

NUTRIENTES	SAL	GRAMOS POR MACETA	ESTADO FISICO	MARCAS Y Nº CATALOGO	
Fósforo	$Ca(H_2PO_4)_2\ H_2O$	2,900	cristalizado	Baker Analyzed	1426
	*KH_2PO_4	3,130	cristalizado	Baker Analyzed	3245
Potasio	K_2SO_4	2,000	cristalizado	Merck	5153
	**$KHCO_3$	2,300	granular	Riedel de Häen	31259
Calcio	$CaCO_3$	1,100	polvo	Baker Analyzed	1288
Magnesio	$4MgCO_3.Mg(OH)_2$	0,550	polvo	Baker Analyzed	2432
Azufre	K_2SO_4	(ya indicado)			
	***$CaSO_4.2H_2O$	2,000	polvo	Baker Analyzed	1452
Micro Nutrientes		*Gramos por litro* (20 ml por maceta)			
Manganeso	$MnSO_4\ .\ H_2O$	1,800	polvo	Baker Analyzed	2550
Cobre	$CuSO_4\ .\ 5H_2O$	1,250	cristalizado	Baker Analyzed	1841
Molibdeno	$(NH_4)_6\ Mo_7024\ .\ 4H_2O$	0,100	cristalizado	Merck	1182
Zinc	$Zn\ Cl_2$	0,500	granular	Riedel de Häen	31650
Boro	H_3BO_3	0,800	cristalizado	Riedel de Häen	31146

*Unicamente para tratamiento sin calcio.
**Unicamente para tratamiento sin azufre.
***Unicamente para tratamiento sin potasio.

la misma lámina de plástico, se mezcla el conjunto en la mejor forma posible. Finalmente se reintegra el conjunto a la maceta que lleva la identificación correspondiente al tratamiento que se acaba de preparar.

V. SIEMBRA

Esta se ejecuta en forma inmediata. Se ha mantenido a la ballica H-1 de rotación corta *(Lolium perenne* × *Lolium multiflorum)*, propuesta por Chaminade (26), como planta indicadora. Muchas otras especies, y aun variedades de una misma especie se han probado, lo que se relatará en una continuación de esta serie de publicaciones.

Para cada maceta se pesa en forma individual 2,5 g de ballica equivalente a alrededor de 1.000 granos. En forma reciente se reemplazó el valor gravimétrico por uno volumétrico, encontrándose muy halagadora esta modificación por la economía de tiempo que representa.

La maceta llena con el suelo, mezclado con los nutrientes agregados, se golpea sobre un trozo de madera unas 3 a 5 veces para permitir una ligera compactación del suelo contenido en ella. No es conveniente hacerlo sobre la mano, por la inseguridad que representa esta manipulación cuando se procede así. Los golpes sobre la madera deben ser equivalentes al que se daría sobre la palma de la mano. Así se logrará que la superficie quede bien horizontal.

En seguida se distribuyen las semillas sobre la superficie del suelo lo más uniformemente posible. Estas se cubren con una lámina plástica limpia y seca. Sobre ella se apoya una matriz de madera aplicándole un poco de presión. Así será muy fácil obtener una superficie horizontal que quede a 3 cm del borde superior de la maceta. Se recalca la no aplicación de suelo sobre la semilla, con la sola excepción de suelos arcillosos donde se justifica la aplicación de arena de cuarzo fina en un espesor próximo a 8 mm.

VI. GERMINACION

Posteriormente se aplica agua destilada. Puede efectuarse de dos modos diferentes. Al comienzo, se usó piceta plástica, pero luego se reemplazó por una pistola para pintar al duco, de baja presión, marca Hollaender, Brasil, conectado con un compresor Presso-Vac y que lleva en la línea de aire un filtro de retención para aceite y agua. Se trabaja con 5 libras/pulg^2. Sólo se usa agua destilada.

Las semillas secas y posiblemente la superficie del suelo en igual condición, se mojan mediante el pulverizador, con lluvia fina en forma intensa. Conviene repetir esta operación al cabo de una hora, para humedecer bien las semillas. Posibles desuniformidades en la distribución de semilla pueden ser rectificadas con el pulverizador en esta ocasión. Luego se cubren todas las macetas así tratadas con manga plástica ancha para impedir pérdida de agua por evaporación. Estas macetas quedan a la sombra en períodos calurosos o bajo techo en períodos lluviosos o fríos. Al día siguiente se repite la aplicación de agua con el pulverizador y desde este momento se vuelve a efectuar la operación día por medio. Siempre vuelven a quedar cubiertas con plástico las macetas después del riego. De acuerdo a la temperatura ambiente se demoran siete a diez días en alcanzar una altura de tres centímetros. En este instante se le aplica nitrógeno por primera vez, y son llevados al invernadero o a la intemperie, pero protegidos de daños de pájaros e insectos por mallas plásticas. En períodos muy lluviosos de pleno invierno, se prefiere mantenerlos en invernadero, bajo techo, pero sin calefacción.

VII. RIEGO

Las macetas, de libre drenaje externo, están expuestas a las lluvias, y por ello sólo requieren agua en períodos secos. Las dificultades involucradas con dos riegos diarios justifican su eliminación en el verano. Cuando no se contempla el caso anterior será suficiente un riego diario como máximo. El agua destilada se aplica a partir de manguera plática o envases plásticos, tratando de llegar a capacidad de campo. No se aplica agua con esta frecuencia a los tratamientos de menor producción de materia seca, siempre que se observen húmedos. Extrema atención merecen los vientos, pues la existencia de éstos incrementa notablemente el consumo de agua.

VIII. COSECHA

El primer corte se hace entre 25 y 35 días después de sembrado, para todos los suelos. Los cortes restantes se efectúan entre 20 y 30 días. Se practican con tijera a la altura del borde superior de la maceta. Este material es puesto en bolsas de papel y se seca en horno Heraeus de ventilación forzada, por 24 a 36 horas a la temperatura de 65ºC, con abundante entrada de aire. El peso de la ballica así obtenido se considera rendimiento de materia seca, se tamiza con molino Wiley por cedazo de bronce con perforaciones de 1 mm de diámetro. El material así preparado se guarda en frasco plástico con cierre hermético para su posterior análisis foliar.

DISCUSION

A. COMPUESTOS QUIMICOS USADOS COMO ABONO

La elección de los compuestos químicos por agregar al suelo para obtener la fórmula de fertilización respectiva es compleja. Esencialmente se ha considerado lo siguiente:

1. *Nitrógeno*

La comparación de abonos nitrogenados ha sido poco estudiada en nuestro país. En Santiago se han probado distintos cultivos, tales como maíz (30) frejoles (30) y cereales (29) (30), notándose poca diferencia entre tipos de abonos nitrogenados, aunque la urea se comportó como la más eficiente. Ensayos de campo, con suelos derivados de cenizas volcánicas señalan un buen comportamiento del amonio en los períodos invernales y húmedos, pero cierta superioridad del nitrato se manifiesta en los períodos de mayor restricción de agua. Fernández (36), en Cautín, indica que la fertilización con fosfato diamónico comparada con la de salitre más superfosfato triple en experiencias de campo "con trigo de invierno y primavera mostraron que los rendimientos eran similares, si bien los tratamientos con el abono amoniacal llegaron a la madurez, mostrando síntomas de clorosis" (30). Posteriormente, tanto con trigo de invierno (38), como con raps de invierno (37) comprobó la no existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos nitrogenados distintos, "lo que permite suponer que cualquiera de las fuentes nitrogenadas empleadas son igualmente eficientes". También la urea ha dado buenos resultados en praderas[1].

Urbina *et al* (111) postulan que en condiciones naturales del ñadi, se mineralizan el carbono y el nitrógeno orgánico a una tasa reducida que permitiría la acumulación de materia orgánica. Sobrepasado cierto nivel de fósforo agregado al suelo, se libera una gran cantidad de carbono fácilmente aprovechable y de amonio. Concluyen que no constituye el nitrógeno por sí mismo un factor limitante en la formación de nitratos, sino que es el ciclo del carbono el que detiene al ciclo del nitrógeno.

De este modo, se prefiere la inclusión del amonio junto al ion nitrato, y no la de otro catión que pueda constituir uno de los nutrientes investigados.

Sin embargo, debe admitirse que el amonio puede enmascarar la deficiencia de molibdeno, por cuanto la asimilación del nitrato en el tejido vegetal sólo es posible previa reducción de éste a la forma de amonio. En estos procesos de reducción se requiere la participación de la nitrato-reductasa de la cual el molibdeno es parte esencial (71). Ahora bien, como las plantas pueden absorber directamente nitrato y amonio, ocurre que la fertilización amoniacal puede disminuir la intensidad de la deficiencia de molibdeno, notándose mucho más con una nutrición exclusiva de nitrógeno nítrico (61).

En todo caso, este inconveniente parece preferible al que emana del uso del nitrato de calcio como abono nitrogenado, como lo sugiere Chaminade (26) para la primera fertilización con nitrógeno. Las controversias que existen entre los distintos especialistas respecto de la gran, mediana o escasa importancia que reviste la acidez de nuestros suelos, justifica conceder en este momento una mayor importancia a la no producción de interferencia alguna en el calcio, aunque con ello pudiere perjudicarse en forma restringida nuestra interpretación respecto del molibdeno.

2. *Fósforo*

El consumo de fertilizantes fosfatados de la zona ubicada al sur del Bío-Bío, indica que el fosfato monocálcico ocupa el primer lugar por lo que se antepuso la inclusión del ion monofosfato a la del bifosfato.

La proposición de Chaminade (27) de utilizar fosfato monosódico, como lo hiciera Araos (9) con suelos de Ñuble, y más recientemente Schenkel *et al* (98), no resiste a la crítica que éste no sería aplicable comercialmente, ni que la inclusión de un átomo de sodio en su molécula, pudiera favorecer especies muy susceptibles a disminuir la magnitud de su deficiencia de potasio, por la presencia de suficiente sodio (8) (71). Mengel atribuye este comportamiento de algunas plantas al fácil transporte de sodio desde los tejidos radiculares hasta el xilema (71).

Tampoco debe descartarse la observación de D. Rodríguez (91) quien comprobó una toxicidad de sodio con dosis elevadas de fosfato de sodio, y que deprimió los rendimientos de materia seca en alfalfa. Naturalmente, se logrará antes este efecto depresivo en suelos de escasa capacidad de intercambio de cationes y a mayores dosis equivalentes de fosfato.

Todo lo anterior justifica plenamente la elección del fosfato de calcio y la eliminación del fosfato de sodio.

3. *Potasio y azufre*

La mayoría de los trabajos consultados y mencionados en el Cuadro 3 concuerda en su-

[1]Mauricio Clark, Ingeniero Agrónomo, SAG, CALO, Osorno.

ministrar simultáneamente el azufre y potasio, como sulfato de potasio. De este modo, se modifica la abonadura propuesta por Chaminade (26) (27), dejando el bicarbonato de potasio exclusivamente para el tratamiento sin azufre, mientras el yeso se incorpora al suelo en los tratamientos sin potasio. Al bicarbonato de potasio debe atribuírsele un pequeño efecto de enmienda, por cuanto aumentará el pH del suelo. La intensidad con la cual se modifica la reacción del suelo dependerá de la cantidad agregada y de su poder tampón.

4. *Calcio y magnesio*

Ambos nutrientes han sido propuestos en este trabajo como carbonatos, especialmente al considerar el pH ácido de todos los suelos del área por estudiar. En verdad, el calcio se agregaría en primer término como fosfato y luego como carbonato (7). Por tanto, se sumarían dos efectos: una posible corrección de una deficiencia de calcio y el aumento de pH. Esto no se considera una desventaja, sino que por el contrario, una ventaja por cuanto permite exaltar aún más la importancia que podría atribuirse al calcio.

Puesto que la efectividad de las enmiendas dependen del grado de división de sus partículas (108) se impone la condición que ambos carbonatos se agreguen al estado de polvo. Ello aseguraría un suministro continuo de calcio y magnesio, durante todo el período de la experiencia, con lo cual se corregiría la deficiencia de calcio y magnesio en cualquier instante en que se presente.

5. *Micronutrientes*

Se ha mantenido el criterio de R. Chaminade (26) (27) de utilizar un tratamiento único para apreciar el efecto conjunto de todos los micronutrientes. Scheffer y Welte (97) descartan la deficiencia de fierro en suelos ácidos. Por consiguiente se ha excluido al fierro por cuanto es bien conocido el alto tenor de fierro en los suelos trumaos (95) y las disponibilidades del mismo (34) (35). Las sales que se han elegido como fertilizantes de micronutrientes corresponden con las indicadas por H. Chapman (28) para corregir las respectivas deficiencias en los diferentes cultivos.

Tampoco puede omitirse la importancia que adquiere la especie, pues algunas son más sensibles que otras (66) (24) (100) a las distintas deficiencias.

Debe reconocerse que la adición simultánea de micronutrientes no es en todos los casos la mejor solución, por cuanto la ausencia de un nutriente puede agravarse con la adición de su antagónico o corregirse con la de su sinergético (97). Con todo, se estima que la inclusión de todos los micronutrientes mejora la producción de materia seca de la abonadura completa —cuando alguno esté deficiente en el suelo inicialmente— por lo que comparado con el tratamiento de fertilización incompleta acusará mayores rendimientos. En la medida que estas diferencias de rendimiento sean notables, se justificará investigar más en detalle por cada micronutriente.

B. ESTADO FISICO DE LOS FERTILIZANTES POR APLICAR

Antes de decidir el estado físico de los abonos por agregar al suelo de las macetas deben considerarse numerosos factores. A favor de una aplicación líquida se puede argumentar una mayor uniformidad en la distribución, ausencia de problemas de deshidratación de las plantas, mayor exactitud en las cantidades por agregar y gran rapidez. También deben conocerse algunas propiedades del suelo que caracterizan a éste: cantidad de coloides presentes (tanto orgánicos como inorgánicos) tipos de arcilla, propiedades de sorción de aniones y cationes, etc. Ello impone un análisis más detallado para cada nutriente.

1. *Nitrógeno*

La revisión de la literatura precedente y la efectuada por Giesecke (44) demuestran que es una práctica general aplicar el nitrato de amonio en solución a trabajos de maceta. Si a ello se suma la gran frecuencia con la cual se aplica el abono nitrogenado durante todo el ensayo, resulta indudable que la forma líquida es la más adecuada y ello permite su fácil preparación a partir de ácido nítrico e hidróxido de amonio. Las adiciones semanales de nitrógeno tienden a suplir la deficiencia de nitrógeno que pudiera existir en el suelo de la maceta en forma transitoria y que para trigo se han mostrado muy importantes (47).

2. *Fósforo*

Una de las propiedades más típicas de los suelos alofánicos es su intensa propiedad de fijación de fósforo (2) (3) (46) (20) (105) (92) (93) (94). Es evidente que estos suelos no confieren ninguna movilidad vertical u horizontal al fosfato, movilidad que en otros suelos es ya muy pequeña (108) (100). Se considera importante distribuir el fósforo homogéneamente en todo el volumen de suelo contenido en la maceta. Esta propiedad sorptiva de los suelos ha merecido gran atención por las in-

dustrias manufactureras de fosfatos. Estiman que la granulación de los abonos fosfatados es una ventaja cuando se aplica a suelos de gran fijación de fósforo, porque de este modo se aumenta la eficiencia del fosfato aplicado. Como la aplicación de los fosfatos —cualquiera fuere su tipo— se hace siempre al suelo al estado sólido, se ha insistido en este trabajo, en abandonar la solución de fosfato y usar una sal cristalizada, ya que tampoco se eligió el estado pulverulento. La solución podrá quedar para suelos de escasa fijación de fósforo.

3. *Potasio y azufre*

Bien conocida es la gran importancia que adquiere la mineralogía de las arcillas para predecir el comportamiento del potasio en los suelos agrícolas. Por lo pronto deben apreciarse dos situaciones completamente diferentes:

a) Cuando hay presencia de arcillas con gran fijación de potasio, adquiere una importancia predominante la dosis de potasio aplicado (108). En ningún caso habrá pérdidas apreciables de potasio por lixiviación y será indiferente agregarlo al estado sólido o en solución.

b) La ausencia de coloides fijadores de potasio transforma las aplicaciones sólidas en una gran ventaja, pues la disolución del potasio será lenta y dará oportunidad a que la planta absorba gran cantidad de éste antes de su posible pérdida por lixiviación. La presencia de plantas activas, en un suelo así, es de gran conveniencia para un uso más eficiente del potasio (71).

Para suelos muy deficientes en azufre podría presentarse una ventaja en el uso del yeso sobre el sulfato de potasio, derivado de la menor solubilidad del primero (85).

4. *Calcio y magnesio*

Aunque Chaminade (26) (27) sugiere la aplicación de cloruro de magnesio en solución, admite que en casos de temor por toxicidad de cloruro, éste puede ser reemplazado por carbonato. Precisamente, se acoge esta recomendación de mezclar el suelo seco con ambos carbonatos. De este modo nos ajustamos a una regla general, cual es la de aplicar las enmiendas en forma sólida, como lo practican Andrew y Robins con leguminosas (7).

5. *Micronutrientes*

La gran dificultad que existe de pesar separadamente para cada tratamiento, de un elevado número de suelos, los diversos micronutrientes, se convirtió en la razón principal para no innovar. Además, la falta de antecedente propios que justifiquen el uso de los micronutrientes sólidos, como la confirmación de la franca preferencia en la mayoría de los investigadores por usar éstos en solución, respaldan plenamente la técnica de Chaminade (27) de trabajar con los micronutrientes en solución.

C. DOSIS DE FERTILIZACION

De los trabajos de Rodríguez (91), Beratto (15) y Turner (109) se desprende que deben usarse dosis superiores a 436 mg P/Kg suelo, conclusión coincidente con la obtenida para Cautín (98). Los resultados de Turner (109) muestran que la dosis óptima de fósforo, para suelo Lanco de la provincia de Valdivia y suelo Santa Bárbara de la provincia de Cautín, se alcanza con 3.640 mg P/Kg suelo, valor que supera notablemente a 1.820 mg P/Kg suelo, necesario para lograr el mismo objetivo con el suelo Santa Bárbara de Ñuble. Además, parecería que los menores rendimientos obtenidos con cantidades inferiores a la dosis óptima y próximo a los 850 mg P/Kg suelo no discrepan en forma apreciable de los respectivos rendimientos óptimos. Esta circunstancia permitiría la elección del monofosfato de potasio, donde se aportarían concentraciones semejantes de fósforo y potasio al suelo.

Por otra parte, coexisten dos hechos para la mayoría de los suelos, cuyas reservas nutritivas se desea conocer.

a) Un aumento del contenido de la materia orgánica cuando se avanza de norte a sur (55) (110).

b) Suelos derivados de cenizas volcánicas, con elevados requerimientos de fósforo tendrán densidad aparente inferior a 0,85 gr/ml (105) (65). Debido a esto se prefiere elegir dosis por volumen y no por peso. Se elige una dosis de 2,90 g $Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O$, lo que equivale a 714 mg P y 897 mg K por maceta.

Para un contenido de 850 gramos de suelo seco al horno/maceta, corresponden dosis de 840 mg P, 1.055 mg K y 430 mg S por kilogramo de suelo. Estas cantidades superan notablemente a las empleadas en una experiencia preliminar (98). Así, se pretende lograr un abastecimiento adecuado de fósforo, potasio y azufre para tres cortes de ballica en las macetas.

D. FORMA DE APLICACION

A fin de tener un menor error experimental entre repeticiones, y hacer un buen uso de

los nutrientes que se incorporan al suelo, se decide mezclar éstos homogéneamente con todo el suelo contenido en la maceta. M. Correa, (32) trabajó con núcleos de suelo sin perturbar, sobre los cuales aplicó a la superficie la fertilización recomendada en este trabajo para la abonadura completa y otros tratamientos. Utilizó especies gramíneas y leguminosas con buen resultado en suelos derivados de cenizas volcánicas y rojos arcillosos.

RESUMEN

Se recopilan antecedentes bibliográficos sobre los compuestos químicos utilizados como fertilizantes, en trabajos más recientes con ensayos en macetas.

En forma detallada se describe el método experimental utilizado para detectar las deficiencias nutritivas en aproximadamente 350 suelos chilenos, que abarcan desde la provincia de Arauco hasta la de Aisén, ambas inclusive. El método en referencia introduce esencialmente las siguientes modificaciones:

— Los fertilizantes portadores de fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio, se aplican al estado sólido.
— El nitrato de amonio se aporta, como fuente nitrogenada, en solución 0,25 Normal y con gran frecuencia (semanalmente).
— Las dosis de nutrientes se fijan por volumen y no por peso de suelo.
— Todos los elementos nutritivos —excepto el nitrógeno— se añaden al suelo antes de la siembra.

Con suelos derivados de cenizas volcánicas, que se caracterizan por su gran fijación de fósforo, se suministra el equivalente a 840 mg P, 1055 mg K y 420 mg S por Kg de suelo. Se supone que estas dosis permiten un abastecimiento adecuado en dichos elementos para tres cortes de ballica.

SUMMARY

Bibliographical data about chemical compounds used as fertilizers were compiled in recent work with experiment in pots.

It is described in detail the experimental method used to detect the nutritional deficiencies, approximately in 350 chilean soil samples, from Arauco down to Aisen, including both. The method we are referring introduce specially the following modifications:

— Fertilizers carriers of phosphorus, potassium, sulphur, calcium and magnesium, are applied to solid conditions.
— Ammonium Nitrate is given weekly as a nitrogen source, in solution of 0,25 Normal.
— The rate of nutrition are fixed for their volume and not for their soil weight.
— All the nutrients —except nitrogen— are added to the soil before sowing.

The equivalent of 840 mg. P; 1055 mg. K and 420 mg. S by Kg. of soil is applied, to volcanic ash soils that characterize by their high capacity of phosphorus fixation. It is considered in this study that these rates grant a supply adecuated in those elements for 3 cuts in rye grass.

LITERATURA CITADA

1. Abbot, J. and Lingle, S. Effect of soil temperature on the availability of phosphor in animal manures. Soil Science 105 (3): 145-152. 1968.

2. Acevedo, E. Determinación radioquímica de la fijación a intercambio de fosfato en el horizonte Ap de la serie Trumao Osorno. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, 1964. 60 p. (Mimeografiada).

3. Alamos, P. *et al.* Relaciones suelo-fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura Técnica (Chile) 27 (3): 120-129. 1967.

4. Amin, J. and Johan, E. The cations of the cotton plant in sodium sustitude potasium deficiency. Soil Science 105 (4): 248-254. 1968.

5. Andrew, C. and Hegarty, M. Comparative response to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Australian Journal of Agricultural Research 20 (4): 687-696. 1969.

6. ———— and Robins, M. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some Tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. Australian Journal of Agricultural Research 20 (4): 665-674. 1969.

7. ———— and ————. The effect of K on the growth and chemical composition of some Tropical and temperate pasture legumes. I. Growth

and critical percentages of potassium. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 999-1007. 1969.

8. ———— and ————. The effect of K on the growth and chemical composition of some Tropical and temperate pasture legumes. II. Potassium, Ca, Mg, Na, N, P and Cl. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 1009-1021. 1969.

9. ARAOS F., J. Estudio de deficiencias nutritivas en muestras superficiales de suelos de Ñuble. Agricultura Técnica (Chile) 27 (1): 15-20. 1967.

10. ASHER, C. and LONERAGAN, J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. I. Growth and Phosphorus content. Soil Science 103 (4): 225-233. 1967.

11. ———— and OZANNE, P. Growth and K content of plants in solution cultures maintained at constant K concentrations. Soil Science 103 (3): 155-161. 1967.

12. BARKER, A., MAYNARD, D. and LACHMAN, W. Induction of tomato stem and leaf lesions and potassium deficiency by excessive ammonium nutrition. Soil Science 103 (5): 319-327. 1967.

13. BARROW, N. Effects of adsorption of sulfate by soils on the amount of sulfate present and its availability to plant. Soil Science 108 (3): 193-201. 1969.

14. ————. Relationship between uptake of P by plants and the P potential and buffering capacity of soil. An attempt to test schoffield's hypothesis. Soil Science 104 (2): 99-106. 1967.

15. BERATTO, E. Estudio de la interacción fósforo-molibdeno, con alfalfa en trumaos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1964. 156 p. (Mimeografiada).

16. BERNIGER, H. Einfluss der temperatur auf Ertrag und Fettbildung von Haferkörnern. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 116 (1): 45-53. 1967.

17. BERRY, W. and ULRICH, A. Cation absortion from culture solution by sugar beets. Soil Science 106 (4): 301-308. 1968.

18. BIDDISCOMBE, E. *et al.* A comparison of growth rates and phosphorus distribution in a range of pasture species. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 1023-1033. 1969.

19. BLANCHAR, R. and HOSSNER, L. Ionic balance and corn growth in a Port Byron Soil. Agronomy Journal 60 (6): 602-605. 1968.

20. BLEIHOLDER, H. Factores que afectan a la fijación de fósforo en algunos suelos chilenos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1965. 108 p. (Mimeografiada).

21. BONNER, J. and GALSTON, A. Principios de fisiología vegetal. Madrid, Aguilar, 1959. pp. 51-57.

22. BROWN, A., KRANTZ, B. and MARTIN, P. Plant uptake and fate of soil-applied Zinc. Soil Science Society of America. Proceedings 26 (2): 167-170. 1962.

23. BROWN, J. C. Differential uptake of Fe and Ca by two corn genotypes. Soil Science 103 (5): 331-338. 1967.

24. ————and TIFFIN, L. O. Zinc deficiency and iron clorosis dependent on the plant species and nutrient-element balance in tulare clay. Agronomy Journal 54: 356-358. 1962.

25. CHAMINADE, R. Experimentation en petits vases de végétation Types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. Annales Agronomiques 2: 121-133. 1960. (Série A).

26. ————. Bilan de trois années d'experimentation en petits vases de végétation. Mise au point technique. L'Agronomie Tropicale no. 11: 1101-1162. 1965.

27. ————. Diagnostic des carences minerales du sol par l'expérimentation. Science du sol 1964. s. p. Deuxième semestre 1964.

28. CHAPMAN, H. Diagnostic criteria for plants and soils. California, División of Agricultural Sciences, University of California, 1966.

29. CHILE. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Tecnología del uso de los fertilizantes; 3ª Memoria Anual 1966-67. Santiago, Chile, 1967. pp. 43-50.

30. ———. ———. 4ª Memoria anual 1967-68. Santiago, Chile, 1968. pp. 38-43.

31. COPPENET, M. Le manganése dans le sols de Bretagne et ses relations avec la croissance de végétaux. Annales Agronomiques 10: 155-218. 1959. (Série A).

32. CORREA, M. y LONGERI, L. Estudio de algunos factores que afectan la fijación simbiótica del nitrógeno. *In*: Congreso Latinoamericano de Inoculantes para leguminosas, 4º. Puerto Alegre, Brasil, 1968. (Consultado; informe presentado).

33. DOERR, R. Die Ausnützung des Stickstoffs in den Alkaloiden Brucin und Strychnin durch zwei verschiedene Kulturpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 119 (2): 107-114. 1968.

34. ESPINOZA, W. Caracterización química de los suelos volcánicos de la provincia de Ñuble: Arrayán y Santa Bárbara. I. Un método de descripción de suelos de origen volcánico de la provincia de Ñuble. Agricultura Técnica (Chile) 29 (1): 34-39. 1969.

35. ————. Determinación de Alofán en suelos de Ñuble mediante el valor delta de la capacidad total de intercambio de cationes. Agricultura Técnica (Chile) 29 (3): 127-132. 1969.

36. FERNÁNDEZ, M. Comparación entre una fertilización a base de fosfato diamónico y otra de superfosfato triple más salitre sódico en trigo de invierno. Temuco, Chile, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informe Técnico, 1969. s. p.

37. ————. Comparación de fertilizantes nitrogenados en raps de invierno. Temuco, Chile, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informe Técnico, 1969. s. p.

38. ————. Comparación de fertilizantes nitrogenados en trigo de invierno. Temuco, Chile, Es-

tación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informe Técnico, 1969. s. p.

39. Fox, R. The effect of Ca and pH on Boron uptake from high concentrations of Boron by cotton and alfalfa. Soil Science 106 (6): 436-439. 1968.

40. Fuehr, F. Die Aufnahme von Ligninkohlenstoff durch Sonnenblumenwurzeln aus dem Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 122 (1): 43-52. 1969.

41. Gerakis, P. and Honma, S. Response of globe Artichoke to various nutritional enviroments in solution culture and to N, P, and K fertilizer in organic soil. Soil Science 108 (4): 290-295. 1969.

42. Gibson, A. Nodulation failure in Trifolium subterraneum L. cv. woogenellup (syn. marrar). Australian Journal of Agricultural Research 19 (6): 907-908. 1968.

43. Griffin, G. and Hanna, W. Phosphorous fixation and profitable fertilization. I. Fixation in New Jersey soils. Soil Science 103 (3): 202-208. 1967.

44. Giesecke, F. Der Vegetationsversuch und seine technik. Berlin, Neumann Verlag, 1954. v. 9. 259 p.

45. Gupta, U. and Munro, D. Influence of Sulfur, Molybdenum and Phosphorus on Chemical composition and yields of brussels sprouts and of Molybdenum on sulfur contents of several plant species grown in the greenhouse. Soil Science 107 (2): 114-118. 1969.

46. Gutnik, V. *et al.* Influencia del pH sobre la fijación del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura Técnica (Chile) 27 (4): 141-143. 1967.

47. Halse, N. *et al.* An analysis of the effects of nitrogen deficiency on the growth and yield of a Western Australian wheat crop. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 987-998. 1969.

48. Handreck, K. and Riceman, D. Cobalt distribution in several pasture species grown in culture solutions. Australian Journal of Agricultural Research 20 (2): 213-226. 1969.

49. Hecht Buchholz, Ch. Ueber die Dunkel faerbung des Blattgruens bei Phosphormangel. Zeitschrift für Pflanzenernährung un Bodenkunde 118 (1): 12-22. 1967.

50. ————. Mono-und Di-saccharid gehalt, osmotischer Wert und N/P Verhältnis von Hafer und Tomaten bei Phosphormangel. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (3): 245-256. 1968.

51. Helal, M. and Mengel, K. Der Einfluss einer varierten N und K Ernährung auf den Gehalt ausloeslichen Amino verbundungen und auf die Ertragsbildung bei Sommerweizen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 120 (2): 89-98. 1968.

52. Henzell, E. *et al.* Isotopic studies on the uptake of N by pasture grasses. II. Uptake of fertilizer N by Rhodes grass in pots. Australian Journal of Agricultural Research 15 (6): 876-884. 1964.

53. ————*et al.* Isotopic studies on the uptake of N by pasture plants. IV. Uptake of N from labelled plant material by Rhodes grass and Siratro. Australian Journal of Agricultural Research 19 (1): 65-77. 1968.

54. Hughes, J. and Searle, P. Observations on the residual value of accumulated phosphorus in a red loam. Australian Journal of Agricultural Research 15 (3): 377-383. 1964.

55. Hurtado, R. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1963. 295 p. (Mimeografiada).

56. Jackson, W., Cray, D. and Minotti, P. Some consecuences of N nutrition on uptake and transport of strontium and cesium. Soil Science 106 (5): 381-391. 1968.

57. Jensen, D. and Pesek, J. Inefficiency of fertilizer use resulting from nonuniform spacial distribution. I. Theory. Soil Science Society of America. Proceeding 26 (2): 170-173. 1962.

58. ————and ————. Inefficiency of fertilizer use resulting from nonuniform spacial distribution. II. Yield Losses under selected distribution patterns. Soil Science Society of America. Proceedings 26 (2): 174-178. 1962.

59. Jungk, A. Einfluss des pH Wertes auf den Wuchs und das Ionengleichgewicht von Tomaten und Senfpfanzen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 117 (2): 108-117. 1967.

60. Kilmer, V. *et al.* Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. Agronomy Journal 52 (5): 282-285. 1960.

61. Kirkby, A. A note on the utilization of Nitrate, urea and ammonium nitrogen by *Chenopodium album*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 107 (3): 204-209. 1967.

62. ————. Influence of the N and NO_3 nutrition on the cation-anion balance and N and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. Soil Science 105 (3): 133-141. 1968.

63. Le Mare, P. Experiments on the effects of phosphate applied to a Bugandor soil. I. Pot experiments on the response curve. The Journal of Agricultural Science 70 (3): 265-270. 1968.

64. Linser, H., Lach, G. and Titze, L. Systemwachstum und Produkt wachstum bei Weizen und Oelrettich. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (3): 199-211. 1968.

65. Loganathan, P. and Swindale, L. D. The properties and genesis of four middle altitude dystrandept volcanic ash soils from Maunakea, Hawaii. Pacific Science (USA) 23 (2): 161-171. 1969.

66. Loneragan, J. F. and Asher, C. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. Soil Science 103 (5): 311-318. 1967.

67. ————, Snowball, K. and Simmons, W. Response of plants to calcium concentration in solution culture. Australian Journal of Agricultural Research 19 (6): 845-857. 1968.

tación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informe Técnico, 1969. s. p.

39. Fox, R. The effect of Ca and pH on Boron uptake from high concentrations of Boron by cotton and alfalfa. Soil Science 106 (6): 436-439. 1968.

40. Fuehr, F. Die Aufnahme von Ligninkohlenstoff durch Sonnenblumenwurzeln aus dem Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 122 (1): 43-52. 1969.

41. Gerakis, P. and Honma, S. Response of globe Artichoke to various nutritional enviroments in solution culture and to N, P, and K fertilizer in organic soil. Soil Science 108 (4): 290-295. 1969.

42. Gibson, A. Nodulation failure in Trifolium subterraneum L. cv. woogenellup (syn. marrar). Australian Journal of Agricultural Research 19 (6): 907-908. 1968.

43. Griffin, G. and Hanna, W. Phosphorous fixation and profitable fertilization. I. Fixation in New Jersey soils. Soil Science 103 (3): 202-208. 1967.

44. Giesecke, F. Der Vegetationsversuch und seine technik. Berlin, Neumann Verlag, 1954. v. 9. 259 p.

45. Gupta, U. and Munro, D. Influence of Sulfur, Molybdenum and Phosphorus on Chemical composition and yields of brussels sprouts and of Molybdenum on sulfur contents of several plant species grown in the greenhouse. Soil Science 107 (2): 114-118. 1969.

46. Gutnik, V. *et al.* Influencia del pH sobre la fijación del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura Técnica (Chile) 27 (4): 141-143. 1967.

47. Halse, N. *et al.* An analysis of the effects of nitrogen deficiency on the growth and yield of a Western Australian wheat crop. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 987-998. 1969.

48. Handreck, K. and Riceman, D. Cobalt distribution in several pasture species grown in culture solutions. Australian Journal of Agricultural Research 20 (2): 213-226. 1969.

49. Hecht Buchholz, Ch. Ueber die Dunkel faerbung des Blattgruens bei Phosphormangel. Zeitschrift für Pflanzenernährung un Bodenkunde 118 (1): 12-22. 1967.

50. ————. Mono-und Di-saccharid gehalt, osmotischer Wert und N/P Verhältnis von Hafer und Tomaten bei Phosphormangel. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (3): 245-256. 1968.

51. Helal, M. and Mengel, K. Der Einfluss einer varierten N und K Ernährung auf den Gehalt ausloeslichen Amino verbundungen und auf die Ertragsbildung bei Sommerweizen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 120 (2): 89-98. 1968.

52. Henzell, E. *et al.* Isotopic studies on the uptake of N by pasture grasses. II. Uptake of fertilizer N by Rhodes grass in pots. Australian Journal of Agricultural Research 15 (6): 876-884. 1964.

53. ————*et al.* Isotopic studies on the uptake of N by pasture plants. IV. Uptake of N from labelled plant material by Rhodes grass and Siratro. Australian Journal of Agricultural Research 19 (1): 65-77. 1968.

54. Hughes, J. and Searle, P. Observations on the residual value of accumulated phosphorus in a red loam. Australian Journal of Agricultural Research 15 (3): 377-383. 1964.

55. Hurtado, R. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1963. 295 p. (Mimeografiada).

56. Jackson, W., Cray, D. and Minotti, P. Some consecuences of N nutrition on uptake and transport of strontium and cesium. Soil Science 106 (5): 381-391. 1968.

57. Jensen, D. and Pesek, J. Inefficiency of fertilizer use resulting from nonuniform spacial distribution. I. Theory. Soil Science Society of America. Proceeding 26 (2): 170-173. 1962.

58. ————and ————. Inefficiency of fertilizer use resulting from nonuniform spacial distribution. II. Yield Losses under selected distribution patterns. Soil Science Society of America. Proceedings 26 (2): 174-178. 1962.

59. Jungk, A. Einfluss des pH Wertes auf den Wuchs und das Ionengleichgewicht von Tomaten und Senfpfanzen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 117 (2): 108-117. 1967.

60. Kilmer, V. *et al.* Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. Agronomy Journal 52 (5): 282-285. 1960.

61. Kirkby, A. A note on the utilization of Nitrate, urea and ammonium nitrogen by *Chenopodium album*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 107 (3): 204-209. 1967.

62. ————. Influence of the N and NO_3 nutrition on the cation-anion balance and N and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. Soil Science 105 (3): 133-141. 1968.

63. Le Mare, P. Experiments on the effects of phosphate applied to a Bugandor soil. I. Pot experiments on the response curve. The Journal of Agricultural Science 70 (3): 265-270. 1968.

64. Linser, H., Lach, G. and Titze, L. Systemwachstum und Produkt wachstum bei Weizen und Oelrettich. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (3): 199-211. 1968.

65. Loganathan, P. and Swindale, L. D. The properties and genesis of four middle altitude dystrandept volcanic ash soils from Maunakea, Hawaii. Pacific Science (usa) 23 (2): 161-171. 1969.

66. Loneragan, J. F. and Asher, C. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. Soil Science 103 (5): 311-318. 1967.

67. ————, Snowball, K. and Simmons, W. Response of plants to calcium concentration in solution culture. Australian Journal of Agricultural Research 19 (6): 845-857. 1968.

68. MARQUARD, R., KUCHU, H. und LINSER, H. Der Einfluss der Schwefelernährung auf die Senfölbildung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (3) : 221-230. 1968.

69. MARTENS, D. Plant available Boron, Copper and Zinc as related to selected soil properties. Soil Science 106 (1) : 23-28. 1968.

70. MENGEL, K. and HELAL, M. Der Einfluss einer varierten N und K Ernährung auf den Gehalt auslöslichen Amino verbindungen in der oberirdischen pflanzenmasse von Hafer. Zeitschrift für pflanzenernährung und Bodenkunde 120 (1) : 12-20. 1968.

71. ————. Ernährung und stoffwechsel der Pflanze. 3. Auflage. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1968. 436 p.

72. MOLE, A. Der Einfluss der N-P-K Duengung und derBodenfeuchtigkeit auf den Zuckergehalt von Kartoffelknollen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 118 (1) : 35-43. 1967.

73. MUTATKAR, V. and PRITCHETT, W. Effects of added aluminium on some soil microbial processes and on the growth of oats in arredondo fine sand. Soil Science 103 (1) : 39-46. 1967.

74. MURTVEDT, J. and GIORDANO, P. Availability to corn of Zinc applied with various macronutrient fertilizers. Soil Science 108 (3) : 180-187. 1969.

75. MUKHOPADHYAY, A., FISHER, T. and SMITH, E. Submergence and liming effects on soil. I. Changes in pH, Eh and Manganese uptake by rice plants. Soil Science 104 (2) : 107-112. 1967.

76. NAVROT, J. and RAVIKOVITCH, S. Zinc availability in calcareous soils. II. Relation between available Zinc and response to Zinc fertilization. Soil Science 105 (3) : 184-189. 1968.

77. NICHOLS, J., PHIBBS, G. and REED, L. Effect of N, S and lime on utilization of Rock Phosphate by alfalfa. Agronomy Journal 52 (5) : 254-257. 1960.

78. NICOLLS, K. and HONEYSETT, J. The cobalt status of Tasmanian soils. II. Recovery of applied cobalt in pot experiments. Australian Journal of Agricultural Research 15: 609-624. 1964.

79. NIEDERBUDDE, E., TODORIN, B. and WELTE, E. Veränderungen von K/Ca Aktivitaetenverhaeltnissen des Bodens durch K-Duengung und K-Entzug der Pflanzen. Zeitschrift für pflanzenernährung und Bodenkunde 123 (2) : 86-100. 1969.

80. NIELSEN, K., HALSTEDD, R. and MAC LEAN, A. Ion interactions in oats as affected by additions of N, P, K, chloride and sulfate. Soil Science 104 (1) : 35-39. 1967.

81. OZANNE, P., KEAY, J. and BIDDISCOMBE, E. The comparative applied phosphate requirements of 8 annual pasture species. Australian Journal of Agricultural Research 20 (5) : 809-818. 1969.

82. OZBUN, J. *et al.* Tomato fruit ripening. I. Effect of K nutrition on occurrence of white tissue. Proceedings of the American Society for Horticultural Sc. 91: 566-572. 1967.

83. PARR, J. and GIORDANO, P. Agronomic effectiveness of anhydrous Ammonia-Sulphur solutions; Part 2. Soil Science 106 (6) : 448-455. 1968.

84. PAWLOWSKI, H. Die wirkung unter schädlicher N: K Relationen in der Nährlöung auf Petunien. Chrysanthemen, und Begonien. Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngeng und Bodenkunde 115 (2) : 100-113. 1967.

85. PERRY, J. Chemical engineer's handbook. 3th. ed. New York, Mac Graw-Hill, 1955. pp. 114-122.

86. PHILLIPS, A. and BOYLAN, D. Advances in Phosphate manufacturing. In Vickar, M., Bridger, L. and Nelson, L. Fertilizer technology and usage. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1963. pp. 131-154.

87. RANDALL, P. Changes in nitrate and nitrate reductase levels on restoration of Molybdenum to Mo-deficient Plants. Australian Journal of Agricultural Research 20 (4) : 635-642. 1969.

88. RATHSACK, K. and JUNGK, A. Einfluss der Stichstoff und Kalium-düngung auf den Wuchs und die Blüte von Azaleen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 120 (1) : 1-11. 1968.

89. ———— and PAWLOWSKI, H. E. Der Einfluss der Sulfat- und Chlorid-ionen der Kaliumdüngeng auf das Wachstum von Azaleen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 117 (3) : 165-178. 1967.

90. RIXON, A. The influence of annual and perennial irrigated Pastures on soil fertility as shown by the yield and quality of a subsecuente wheat crop. Australian Journal of Agricultural Research 20 (2) : 243-255. 1969.

91. RODRÍGUEZ, D. Influencia de fertilización con mono-, bi- y tri-fosfato de Ca-, K- y Na en alfalfa caliverde sembrada en maceteros con cuatro suelos chilenos que presentan dificultades a su establecimiento. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1962. 182 p. (Mimeografiada).

92. SAUNDERS, W. Effect of phosphate topdressing on a soil from andesitic volcanic ash. I. Forms of soil phosphorous and a method for their determination. New Zealand Journal of Agricultural Research 2 (3) : 427. 1959.

93. ————. ————. II. Effect on distribution of phosphorus and on related chemical properties. New Zealand of Agricultural Research 2 (3) : 445. 1959.

94. ————. ————. III. Phosphate retention and pH. New Zealand Journal of Agricultural Research 2 (4) : 659. 1959.

95. SCHALSCHA, E. *et al.* Effect of drying on volcanic ash soils in Chile. Soil Science Society of America. Proceedings 29 (4) : 481-483. 1965.

96. SHARMA, K. *et al.* Interactions of Zn and P with soil temperatures in rice. Agronomy Journal 60 (6) : 652-655. 1968.

97. SCHEFFER, F. and WELTE, E. Lehrbuch der Agrikultuchemie und Bodenkunde. II. Pflanzenernährung. 3. Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1955. pp. 149.

98. SCHENKEL, G. *et al.* Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia preliminar. Agricultura Técnica (Chile) 30 (4) : 179-193. 1970.

99. SHILOVA, YE I. Availability to plants of nitrogen fixed in the soil under field conditions. Soviet Soil Science 1: 48-55. 1969. (Translated from: Agrokhimiya no. 2: 3-10. 1969.

100. SEATZ, L. and STANBERRY, C. Advances in phosphate fertilization. *In* Vickar, M, Bridger, L. and Nelson, L. Fertilizer technology and usage. Madison, Wisconsin. Soil Science Society of America, 1963. pp. 155-187.

101. SIMPSON, D. and MELSTED, S. Gaseous ammonia losses from urea solutions applied as a foliar spray to various grass sods. Soil Science Society of America. Proceeding 26 (2): 186-189. 1962.

102. SIMPSON, J. The transference of N from pasture legumes to an associated grass and several systems of management in pot culture. Australian Journal of Agricultural Research 16 (6): 915-926. 1965.

103. SMITH, D. Pot test of nutritive status of two high elevation soils in Wyoming. Journal of Range Management 19 (1): 38-40. 1966.

104. SOTIRIOU, N. Probleme der Reihenduengung. Die Phosphorsäure 28 (1): 72-88. 1969.

105. SUNG-HO LAI, and SWINDALE, L. D. Chemical properties of állophane from Hawaiian and Japanese soils. Soil Science Society of America. Proceeding 33 (5): 804-808. 1969.

106. TERMAN, G. Variability in results from greenhouse pot experiments comparing phosphorus rates and sources. Agronomy Journal 51 (2): 67-71. 1959.

107. ———— and KHASAWNEH, F. Crop uptake of fertilizer and soil phosphorus in relation to calculated values. Soil Science 105 (5): 346-354. 1968.

108. TISDALE, S. and NELSON, W. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. New York, Macmillan, 1968. pp. 268, 431-437.

109. TURNER, B. Curva de respuesta al fósforo en distintos suelos trumaos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, 1971. 91 p. (Mimeografiada).

110. URBINA, A. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura Técnica (Chile) 25 (1): 9-18. 1965.

111. ————, SAN MARTÍN, E. y SCHAEFER, R. La actividad metabólica de algunos grupos fisiológicos de microbios en suelos Ñadis de Chile. I. Mineralización del C y N orgánico en condiciones de laboratorio. Agricultura Técnica (Chile) 29 (4): 145-160. 1969.

112. WALKER, L. The effect of water and fertilizer on loblolly and slash pine seedlings. Soil Science Society of America. Proceedings 26 (2): 197-200. 1962.

113. WATSON, E. The influence of subterranean clover pastures on soil fertility. III. The effect of applied phosphorus and sulphur. Australian Journal of Agricultural Research 20: 447-456. 1969.

114. WENZEL, G. and MICHAEL, G. Einfluss einer unterschiedlichen N-Düngung auf den Aminosäuregehalt von Spinatblättern. Zeitschrift für pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 115 (2): 89-99. 1966.

115. WILBERG, E., MICHAEL, B. and POLLMER, W. Stichstoffduengung zu lysin reichem "opague 2"—Mais. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 121 (2): 125-132. 1968.

116. WILLIAMS, C. and LIPSETT, J. The effect of particle size of superphosphate on the availability of its phosphorus and sulphur to pasture plants. Australian Journal of Agricultural Research 20 (2): 265-278. 1969.

117. WINKWORTH, R. Phosphate responses in some Central Australian Soils by seedling of exotic perennial grasses. Experimental Agriculture and Animal Husbandry 4 (12): 26-29. 1964.