

MODIFICACIONES EN LAS CARACTERISTICAS EDAFICAS INDUCIDAS POR LA INCORPORACION DE *FUMARIA* SP., *AVENA SATIVA* Y *VICIA BENGHALENSIS* ¹

I. ENSAYOS DE LABORATORIO

Por PEDRO WAINSTEIN ² y LEON NIJENSOHN ³

SUMMARY

Mixtures (10:1) of a loamy irrigated soil and chopped tops of 3 different green manures were incubated in moist condition at room temperature during 45 and 95 days. The effects of adding N and/or P to the green manures were also studied. The analysis made after each of the two incubation periods showed that:

- 1) *Avena, per se*, was the quickest to disintegrate and the addition of P increased significantly the rate of this process.
- 2) All the green manures increased the total soil N and the percentage of stable soil organic matter.
- 3) All the green manures, but especially *Avena*, raised the level of humic substances and the cation exchange capacity of the soil.
- 4) After the second period of incubation the structural stability of the soil was improved by all the green manures, and especially by *Fumaria*.
- 5) A most striking effect of the green manures on this phosphorus deficient soil was a notable raising in the level of available P (soluble in carbonic water).

I. INTRODUCCION

En la agricultura de riego de la región cuyana, especialmente en las provincias de Mendoza y San Juan, es una práctica relativamente común la del abonado en verde. Con tal objeto se prefieren las siembras otoñales de plantas tales como la cebada forrajera, la avena y la vicia (*V. faba* y otras), las que suelen incorporarse al suelo con la primera arada de primavera, es decir, entre la segunda quincena de setiembre y la primera de octubre. Por el volumen de materia orgánica producida, el menor costo de la semilla

¹ Trabajo realizado en el Instituto de Suelos y Riego, Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.C.

² Ingeniero agrónomo, Profesor interino de Química Agrícola y Jefe de Sección en el Instituto mencionado.

³ Ingeniero agrónomo, Profesor Titular de Edafología y Director del Instituto de Suelos y Riego.

y la mayor tolerancia a condiciones de salinidad, son las dos gramíneas nombradas las más utilizadas, aunque en los últimos años se nota una tendencia al incremento del área sembrada con vicia, posiblemente por el hecho de ser ésta una leguminosa, y por lo tanto asociársela al probable enriquecimiento del suelo en nitrógeno.

WAINSTEIN (1961) señaló el valor que como abono verde podría tener el género *Fumaria*, que cuenta con varias especies de crecimiento espontáneo en viñedos y montes frutales de la región, las que forman un denso tapiz vegetal y cuya composición orgánica y mineral se compara favorablemente con las gramíneas y leguminosas antes citadas.

La creciente importancia económica de la abonadura en verde hace necesario que, además de las características culturales y analíticas de las principales especies involucradas, se conozca la influencia que su incorporación tiene sobre algunos de los caracteres que condicionan la productividad de los suelos locales.

El objeto de este trabajo es el de estudiar las modificaciones en el contenido de materia orgánica humificada, nitrógeno total, fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico y estabilidad estructural producidos por el agregado de material vegetal de tres fuentes distintas en condiciones iguales de humedad y temperatura y en dos lapsos de incubación.

2. MATERIAL Y METODOS

El suelo empleado correspondió a la capa 0-30 cm de la propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias en Chacras de Coria, fracción correspondiente al ex monte frutal, perteneciente a la serie tentativa "Las Compuertas" (ROMANELLA, 1957). En el cuadro I se dan las características más importantes del suelo utilizado en la experiencia. Después de secada al aire, la muestra se homogeneizó, molió suavemente de modo de no destruir partículas elementales y se pasó por tamiz de 1 mm, lo que correspondió a "tierra fina seca al aire" (TFSA), material con el que se trabajó.

Los vegetales utilizados como abonos verdes fueron: *avena* (A), cortada en principios de espigazón; *fumaria* o "palomita" (*Fumaria* sp.) final de floración y parcialmente semillada (F), y *vicia* (*Vicia benghalensis*) en plena floración (V). Estos distintos estados vegetativos correspondieron a una misma fecha cronológica (fines de octubre) y las tres especies fueron extraídas de lugares relativamente cercanos, pertenecientes a un mismo tipo de suelo. En el cuadro 8 se dan los porcentajes de N y P de los materiales empleados.

El material vegetal se dejó secar al aire; luego se lo cortó en trozos de 1 cm aproximadamente para simular la acción de una "picadora" de maleza o de abono verde en el terreno. Con el fin

CUADRO 1

Algunas características del suelo utilizado, serie « Las Compuertas »

Arena *	58,74	°/o
Limo *	23,77	°/o
Arcilla *	17,49	°/o
Materia orgánica	1,99	°/o
Nitrógeno total	0,125	°/o
Relación C/N	9,1	
Capacidad de intercambio catiónico	11,14	meq/100 g

El contenido de materia orgánica de este suelo aparece relativamente alto, comparado con el de la mayoría de los suelos de la región. Ello es atribuible a la abundante vegetación espontánea desarrollada en el lugar mientras fue asiento del monte frutal.

* Suelo seco a 105° C, libre de calcáreo y de materia orgánica.

CUADRO 2

Contenido de nitrógeno y fósforo de los materiales vegetales secos al aire usados como abono verde

Material	Nitrógeno (N) (°/o)	Fósforo (P) (°/o)
<i>Fumaria</i>	1,476	0,220
<i>Avena</i>	2,763	0,252
<i>Vicia</i>	3,168	0,216

El contenido de N y P en *Fumaria* aparece inferior a los consignados en el trabajo citado (WAINSTEIN, 1961), probablemente por haberse realizado su muestreo en una etapa algo avanzada de su desarrollo vegetativo.

de hacer resaltar al máximo la influencia de los materiales vegetales empleados sobre las condiciones del suelo, éstos fueron incorporados en dosis masivas, tratando de homologar las condiciones de una aplicación localizada en hoyo o surco, de un abono orgánico, más que de un abono verde. Al efecto, se hicieron mezclas de TFSA con cada una de las tres especies en la proporción de 1.000 g de la primera para 100 g del material vegetal seco al aire. Una serie de tratamientos consistió en dichas mezclas sin ningún otro agregado, y se los denominó *A*, *F* y *V*. En otra serie se incorporó a la mezcla nitrógeno, bajo la forma de sulfato de amonio en solución acuosa en la proporción de 85 ppm de N en la mezcla. A esos tratamientos se los denominó *A-N*, *F-N* y *V-N*.

La tercera serie consistió en el agregado a las mezclas de fósforo bajo la forma de fosfato monobásico de calcio $-\text{Ca}(\text{PO}_4\text{H}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — en proporción equivalente a 57 ppm de P en la mezcla; a esos tratamientos se los denominó *A-P*, *F-P* y *V-P*. Y, por último, se hizo una cuarta serie en la que se agregó en forma conjunta nitrógeno y fósforo, en las proporciones y formas antes indicadas; esos tratamientos recibieron la denominación de *A-NP*, *F-NP* y *V-NP*.

Además, y a los fines de comparar la evolución sufrida durante el proceso de incubación por la TFSA sin influencia de los abonos verdes, a cada una de las 4 series descriptas se agregó un tratamiento testigo, sin mezcla con materia orgánica, con las denominaciones de *T*, *T-N*, *T-P* y *T-NP*.

Cada uno de los tratamientos se efectuó por triplicado y los tarros respectivos se distribuyen en bloques al azar.

Antes de comenzar el ensayo se determinó la "capacidad hídrica de recipiente" de las mezclas, las que coincidieron en un valor de aproximadamente 200 g de agua. Para asegurar una eficiente aireación se decidió efectuar la incubación con el 70 % aproximadamente de ese contenido, o sea 150 g, los que se agregaron en el comienzo de la experiencia. Cada dos días se controlaba el peso de los recipientes y se reponía el agua faltante. Se usó agua de la red de O.S.N., cuya composición iónica es similar a la del agua de riego del río Mendoza.

Los tarros con las mezclas fueron colocados en ambiente de 25° C aproximadamente de temperatura media durante los primeros 45 días de incubación. Al cabo de ese período se extrajeron muestras alícuotas para ser analizadas y el resto se dejó por otros 50 días, a temperatura media de 20° C aproximadamente, luego de lo cual se repitieron los análisis sobre el total homogeneizado.

Los métodos analíticos utilizados fueron los siguientes:

Para *nitrógeno total*, Kjeldahl con mezcla catalítica de sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenio, y el agregado de ácido salicílico para incluir el nitrógeno nítrico.

Para *materia orgánica total*, el método de Walkley-Black, citado por JACKSON (1964).

Para *sustancias húmicas*, se siguió el siguientes procedimiento tentativo adaptado de una técnica de Fallot, citado por WAKSMAN (1938), que si bien no pretende dar valores absolutos, ya que ninguno de los numerosos métodos propuestos lo dan), se consideró adecuado para juzgar, en forma comparativa, el grado de humificación alcanzado en los distintos tratamientos, y que consistió en tratar 5 g de muestra de TFSA con HNO_3 10 % durante 30 minutos con el fin de solubilizar las bases. Luego de filtrar y lavar, el residuo se maceró con NaOH 0,2N durante 24 horas para disolver los ácidos húmicos, que luego se determinaron por permanimetría.

Para *fósforo disponibles* se utilizaron las extracciones con agua carbonicada en las relaciones y con la técnica aconsejada por NIJENSOHN y PIZARRO (1959).

Para *capacidad de intercambio catiónico* (CIC) se siguió una variante inédita (NIJENSOHN, 1965) del método propuesto por NIJENSOHN (1960) aplicable a suelos calcáreo-yesosos.

Los *Indices de estructura* (I.E.) y de *floculación de coloides* (IFC) se calcularon mediante relaciones entre el contenido de arcilla y limo con (c.d.) y sin (s.d.) dispersión previa de la muestra, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$IF = \frac{\text{Arcilla} + \text{limo} \text{ c.d.} - (\text{arcilla} + \text{limo}) \text{ s.d.}}{(\text{arcilla} + \text{limo}) \text{ c.d.}} \times 100$$

$$IFC = \frac{\text{Arcilla c.d.} - \text{arcilla s.d.}}{\text{arcilla c.d.}} \times 100$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Facilidad de desintegración. Después de los primeros 45 minutos de incubación se sacaron partes alicuotas de las mezclas de tierra y abono verde de sus respectivos tarros y luego de secadas al aire se las pasó por un tamiz de 1 mm. desmenuzando suavemente los agregados de modo que sólo quedaran encima de la malla los trozos de material vegetal de tamaño superior al de su abertura. Los pesos de dicho material mayores de 1 mm fueron referidos a porcentaje de la cantidad inicial agregada y los resultados promedios de las tres repeticiones de cada tratamiento se consignan en el cuadro 3.

CUADRO 3

Material vegetal mayor de 1 mm después de 45 días de incubación

Tratamientos	Porcentaje del material vegetal original			
	N	P	NP	
F.....	24,1	27,7	23,3	23,2
A.....	22,8	18,6	10,6	8,8
V.....	24,6	26,8	21,0	13,0

M. D. S. $\left\{ \begin{array}{l} 5\% = 4,906 \\ 1\% = 6,668 \end{array} \right.$

Hemos empleado la expresión "desintegración" para referirnos a un proceso de desagregación de la estructura tisular provocada por la acción microbiana sobre los cementos pécticos y otras sustancias susceptibles de degradación bioquímica, responsables de la integridad de los tejidos vegetales.

De los resultados obtenidos surgen las siguientes consideraciones:

1) En ausencia de agregado de elementos fertilizantes no hay ninguna diferencia en la proporción de material mayor de 1 mm entre *F* y *V* mientras que *A* se insinúa como de desintegración levemente más rápida. Ello podría en parte atribuirse a la condición de la Avena de tejido más tierno y en parte a su mayor contenido de fósforo, elemento que, como se verá luego, influye favorablemente en este proceso.

2) El agregado de nitrógeno no modifica el ritmo de desintegración de *F* y *V*, en tanto que acelera el de *A*. El P muestra una definida acción sobre la desintegración de *A* en primer término, y en segundo sobre *V*, mientras que ambos elementos fertilizantes juntos aceleran aún más la velocidad de desintegración de los materiales vegetales nombrados en último término, aunque principalmente en *A*.

3) Ninguno de los tratamientos fertilizantes ensayados aumentó el ritmo de desintegración de *F*, que en todos los casos mantuvo el más alto porcentaje de residuos groseros al cabo de los 45 días de incubación.

Resumiendo, la mayor resistencia a la desintegración por parte de *F* parece ser independiente de la mayor o menor riqueza de N o P en el medio; *V* aumenta su desintegración con el agregado simultáneo de N y P, mientras que *A* es primordialmente influida por P. De las 3 especies ensayadas, la Avena se mostró de más rápida desintegración.

Influencia sobre el contenido de nitrógeno del suelo. En los cuadros 4(a y b) se consignan los contenidos de nitrógeno de la tierra fina a los 45 y 95 días, respectivamente, de incubación. Los resultados obtenidos merecen los siguientes comentarios:

1) Resulta evidente el aporte de N procedente de los materiales vegetales en proporción a sus respectivos contenidos originales, siendo más alto el proveniente de *A* y *V*. En el cuadro 5 se consignan las cantidades de nitrógeno aportadas por los abonos verdes incorporados y las pérdidas producidas al cabo de los 95 días de incubación húmeda. Estas últimas, que pueden haber ocurrido al estado de NH_3 , como también en forma de N elemental, son mayores en *V* y menores en *F* e intermedias en *A*, es decir, guardan una relación aproximadamente directa con las concentraciones de nitrógeno iniciales en las mezclas suelo-abono verde. Este hecho pone en evidencia la necesidad de reducir al mínimo las pérdidas de este nutriente vegetal al efectuar abonaduras orgánicas concentra-

das en forma localizada, como es usual en nuestro medio, en hoyos o zanjas, tratando, al efecto, de colocar el abono a suficiente profundidad como para quedar cubierto con una capa de tierra que actúe como cubierta adsorbente y fijadora del nitrógeno amoniacal.

2) Los tratamientos fertilizantes no han inducido un aumento significativa de nitrógeno en ninguna de las mezclas tierra-abono verde ensayadas, ya que la concentración del N agregado (0,085 ‰) fue muy inferior al error experimental registrado. Además, ello da cuenta de que el grado de transformación del material vegetal alcanzado en ambos períodos de incubación determinó la formación de sustancias nitrogenadas suficientemente estables, condición que se mantuvo sin variar al incorporar sustancias fertilizantes.

CUADRO 4

Contenido de nitrógeno total en las muestras de suelo. En 1000 partes de TFSA

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
a. Después de 45 días de incubación					
F.....	2,43	2,51	2,41	2,43	2,44
A.....	3,24	3,14	2,93	3,20	3,12
V.....	2,98	3,27	3,13	3,10	3,12
T.....	1,23	1,33	1,34	1,29	1,29
M.....	2,47	2,56	2,45	2,50	
b. Después de 95 días de incubación					
F.....	2,50	2,45	2,38	2,32	2,41
A.....	3,08	3,00	2,84	3,16	3,02
V.....	3,12	3,26	2,73	3,19	3,07
T.....	1,26	1,29	1,25	1,34	1,28
\bar{M}	2,49	2,50	2,30	2,50	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5 \% = 0,454 \\ 1 \% = 0,542 \end{array} \right.$$

Entre los 45 días y los 95 días no hay diferencias de contenido de nitrógeno, lo que indica una composición nitrogenada estabilizada.

En resumen, cualquiera de los abonos verdes ha aumentado la reserva nitrogenada del suelo entre 100 y 150 %, destacándose en ese sentido *A* y *V*, por su mayor contenido nitrogenado original. La variabilidad entre las repeticiones hace que el aumento de nitrógeno que podría atribuirse al agregado de este elemento como fertilizante (0,085 ‰) no sea estadísticamente significativo por sí mismo.

CUADRO 5

Cantidades de N aportado por los abonos verdes

Abono verde	N incorporado con la materia vegetal ‰	N inicial (N incorp. + N edáf.) ‰	N total a los 95 días ‰	Diferencia N a los 95 días ‰	Pérdidas N en 100 partes N inicial ‰
F.....	1,34	2,59	2,50	-0,09	3,47
A.....	2,51	3,76	3,08	-0,68	18,08
V.....	2,88	4,13	3,12	-1,01	24,45

Influencia sobre el contenido de materia orgánica oxidable con ácido crómico. Los datos correspondientes a los análisis de carbono por vía húmeda realizados al finalizar la primera y la segunda etapa y referidos a materia orgánica ($C \times 1,72$), se consignan en el Cuadro 6 (a y b). Del examen de los resultados se infiere lo siguiente:

1) Es evidente el aporte de materia orgánica procedente de los materiales vegetales incorporados, apareciendo diferencias a favor de *A* y de *V*, especialmente en la segunda etapa, que no alcanzan a cubrir la mínima diferencia significativa.

2) Los contenidos después de 45 días de incubación, apenas difieren significativamente —en general— de los dosados a los 95 días. Eso indica que en las condiciones del ensayo, caracterizadas especialmente por un alto potencial hídrico permanente, el equilibrio se logra dentro del primer lapso mencionado y éste es capaz de alcanzar un valor de aproximadamente el doble del suelo original.

3) El agregado de N no modifica significativamente el tenor de materia orgánica en ninguno de los tratamientos. El P induce disminución en *Vicia* al final del ensayo, y NP lo hace no sólo en *V* sino también en *A*. Ello da cuenta de una aceleración del ritmo de mineralización en estos materiales vegetales en forma significativa.

Resumiendo, la materia orgánica procedente de los materiales vegetales incorporados alcanzaron un estado de equilibrio dentro del primer período de incubación, duplicando el contenido original de la misma en el suelo. El agregado de P influyó acelerando la velocidad de mineralización de *V* y el de NP, la de *V* y *A*.

CUADRO 6

Contenido de materia orgánica oxidable con ácido crómico
En 100 partes de TFSA

Tratamiento	—	N	P	NP	M
a. Después de 45 días de incubación					
F.....	2,59	3,59	3,76	3,61	3,64
A.....	3,67	3,65	3,72	3,85	3,72
V.....	3,67	3,85	3,57	3,77	3,72
T.....	1,94	2,06	1,83	1,99	1,96
M.....	3,22	3,29	3,22	3,31	
b. Después de 95 días de incubación					
F.....	3,74	3,59	3,84	3,65	3,70
A.....	3,98	3,82	3,99	3,70	3,87
V.....	3,97	3,73	3,57	3,65	3,73
T.....	1,94	2,06	2,01	1,90	1,98
M.....	3,41	3,30	3,35	3,22	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5\% = 0,243 \\ 1\% = 0,321 \end{array} \right.$$

Influencia sobre el tenor de materias húmicas. La observación del Cuadro 7 (a y b) donde se resumen los datos obtenidos en el análisis de las sustancias húmicas extraíbles por medio de NaOH 0,2 N, las que se consideraron si no como la totalidad, por lo menos como proporcionalmente representativas de las sustancias orgánicas de neoformación de naturaleza húmica, sugiere las siguientes consideraciones:

1ª A pesar de que todos los tratamientos provocaron un aumento muy significativo de sustancias húmicas extraídas con respecto al testigo sin abonar en verde, este aumento es algo menor que el referido a materia orgánica total. Esto indica que posiblemente parte de las sustancias húmicas de neoformación han constituido con el coloide inorgánico del suelo complejos de naturaleza estable, resistentes a la disolución en medio alcalino.

2ª En general es A el tratamiento que provocó la mayor formación de sustancias húmicas y V la menor, siendo F intermedia entre ambas. Las diferencias señaladas para los promedios generales de todos los tratamientos son estadísticamente significativas e igualmente ocurre y en ese mismo orden para casi todos los promedios de las repeticiones de cada uno de los tratamientos fertilizantes.

CUADRO 7

Contenido de sustancias húmicas. En 100 partes de TFSA

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
<i>a. Después de 45 días de incubación</i>					
F.....	0,70	0,77	0,83	0,80	0,78
A.....	0,81	0,81	0,85	0,87	0,84
V.....	0,68	0,24	0,74	0,75	0,73
T.....	0,44	0,46	0,44	0,44	0,44
\bar{M}	0,66	0,69	0,72	0,72	
<i>b. Después de 95 días de incubación</i>					
F.....	0,79	0,80	0,84	0,74	0,79
A.....	0,93	0,88	0,89	0,80	0,87
V.....	0,78	0,73	0,71	0,69	0,73
T.....	0,51	0,50	0,44	0,40	0,46
\bar{M}	0,75	0,73	0,72	0,66	

$$M. D. S. \begin{cases} 5\% = 0,039 \\ 1\% = 0,052 \end{cases}$$

3ª Todos los tratamientos sin fertilización mineral inclusive el testigo —este último a partir de los materiales vegetales preexistentes en el suelo— aumentaron el contenido de sustancias húmicas al final del ensayo, lo que podría interpretarse como un proceso de acumulación de sustancias de neoformación no suficientemente estabilizados con los coloides inorgánicos.

4ª Todos los tratamientos fertilizantes intensificaron la transformación de los materiales vegetales en el primer período de incubación, excepto el N en A. Ello estaría relacionado con una mayor disponibilidad de elementos nutritivos por parte de la flora microbiana durante la primera etapa del proceso, lo que habría permitido una mayor velocidad de humificación. Destácase en este sentido el efecto del P. Durante la segunda etapa, con excepción de F y T con N y de F con P, todos los tratamientos fertilizantes acusaron un efecto depresivo en comparación con los tratamientos sin fertilizar. Este efecto depresivo sólo puede interpretarse como aparente y que esté relacionado con una mayor proporción de ácidos húmicos ingresados en el complejo resistente órgano-mineral. El agregado conjunto de NP hace más visible este aparente efecto depresivo, inclusive en el testigo sin abonar, lo que confirmaría nuestra hipótesis anteriormente expuesta.

Resumiendo, todos los tratamientos con materiales vegetales sin agregado de elementos fertilizantes aumentaron el contenido de sustancias húmicas a lo largo del ensayo, destacándose netamente la *A*. Los elementos fertilizantes agregados aceleraron el proceso de humificación y probablemente de estabilización de la materia orgánica, destacándose en este efecto, *P* y especialmente *NP*.

Influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico. En el Cuadro 8 (*a* y *b*) se resumen los valores de esta importante propiedad. Del examen de los mismos se desprende que:

1) Los tres abonos verdes incrementaron la CIC respecto al testigo sin abonar, destacándose en este sentido *A*, cuyo efecto se mantuvo durante toda la experiencia, acentuándose al final de la misma. *V* mostró una condición similar pero con menor intensidad, en tanto que *F* lo hizo sólo en la segunda etapa. Los porcentajes de aumento variaron desde el 9% hasta el 15%, correspondiente este último a *A* en la segunda etapa.

CUADRO 8

Capacidad de intercambio catiónico. Milleivalentes g en 100 g de TFSA

Tratamiento	—	F	P	NP	\bar{M}
<i>a. Después de 45 días de incubación</i>					
F.....	11,7	13,7	12,2	13,4	12,7
A.....	12,3	12,5	11,4	13,3	12,6
V.....	12,6	11,6	12,0	12,7	12,2
T.....	11,4	13,9	11,3	11,6	12,1
\bar{M}	12,0	13,2	11,7	12,6	
<i>b. Después de 95 días de incubación</i>					
F.....	12,6	13,2	14,5	11,2	12,9
A.....	13,3	13,2	12,6	12,4	12,6
V.....	12,1	12,8	10,7	13,7	12,3
T.....	11,5	11,7	10,9	11,4	11,4
\bar{M}	12,4	12,7	12,2	12,2	

$$M. D. S. \begin{cases} 5\% = 0,933 \\ 1\% = 1,226 \end{cases}$$

CUADRO 9

Índice de floculación de coloides

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
<i>a. Después de 45 días de incubación</i>					
F.....	69,60	65,60	69,60	68,50	68,32
A.....	69,41	64,40	63,79	63,74	65,33
V.....	68,84	66,98	67,12	68,65	67,90
T.....	73,46	74,55	76,82	79,32	75,91
\bar{M}	70,32	67,88	69,20	70,05	
<i>b. Después de 95 días de incubación</i>					
F.....	72,13	74,12	74,75	73,36	73,41
A.....	70,03	68,26	71,26	63,16	68,18
V.....	72,93	69,17	70,74	68,41	70,31
T.....	80,03	77,03	76,84	77,89	77,20
\bar{M}	73,78	72,14	73,39	69,95	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5\% = 3,70 \\ 1\% = 4,86 \end{array} \right.$$

2) El efecto del agregado de los elementos fertilizantes ha sido variado. El *N* influyó sólo en la primera etapa aumentando la acción de *F* y *A* y deprimiendo la de *V*. El *P* actuó en la primera etapa tan sólo, deprimiendo el efecto de *A*, en tanto que en la segunda incrementó el de *F* y deprimió el de *A* y *V*. El agregado conjunto de *NP* aumentó en la primera etapa y deprimió en la segunda, el efecto de *F* y *A*; en cambio, el de *V* fue incrementado en la segunda etapa con el agregado de *P* y de *NP*.

Rsumiendo, los tres abonos verdes incrementaron la CIC del suelo por sí mismos, pero la influencia de los tratamientos fertilizantes ha sido poco clara en sus efectos.

Influencia sobre el índice de floculación de coloides y sobre el índice de estructura. Los resultados correspondientes a ambas determinaciones están en los Cuadros 9 (*a* y *b*) y 10 (*a* y *b*), los que se discutirán en forma conjunta, considerando la estrecha relación existente entre estos dos índices.

1) Al cabo del primer período de incubación todos los tratamientos con abono verde muestran un mayor porcentaje de coloides defloculados, es decir, de partículas menores de dos micrones

posibles de ser separadas sin previo proceso de dispersión. En parte eso podría atribuirse a la presencia de coloides orgánicos de neoformación, pero ellos no dan cuenta del total de la diferencia. Podría tratarse de una acción protectora por parte de las sustancias húmicas o prehúmicas sobre los coloides inorgánicos de igual carga eléctrica.

2) La disminución del índice de floculación no ha afectado desfavorablemente a la estabilidad estructural sino que, al contrario, todos los tratamientos con abono verde muestran un índice de estructura superior al testigo.

3) La estabilidad estructural ha ido creciendo en función del tiempo de incubación, lo que puede interpretarse como consecuencia de la producción de sustancias húmicas cementantes de los agregados.

4) La máxima acción favorable sobre la estabilidad estructural la revela *F*, sin agregado de elementos fertilizantes.

5) Es digno de destacarse la neta acción estimulante sobre la estabilidad estructural del agregado de *N* al testigo sin abono verde, la que se revela recién después del segundo período de incubación. Esto puede interpretarse como una acción estimuladora sobre la actividad microbiana con la correspondiente producción de sustancias cementantes.

CUADRO 10

Índice de estructura

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
a. Después de 15 días de incubación					
F.....	56,57	55,02	59,04	55,20	56,46
A.....	49,99	54,07	39,81	46,55	47,60
V.....	45,99	54,80	53,10	57,01	52,72
T.....	42,19	45,26	43,87	50,96	43,07
\bar{M}	48,68	52,28	48,95	49,93	
b. Después de 95 días de incubación					
F.....	67,06	67,90	65,75	66,75	66,89
A.....	57,91	54,92	58,10	50,64	55,36
V.....	59,01	54,51	60,21	57,72	57,86
T.....	41,58	56,39	42,37	59,60	49,98
\bar{M}	56,39	58,40	56,63	58,67	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5\% = 8,70 \\ 1\% = 11,44 \end{array} \right.$$

La Influencia sobre el contenido de fósforo disponible. En los Cuadros 11 (a y b) y 12 (a y b) se consignan los promedios de los valores obtenidos en las extracciones carbónicas con las dos relaciones empleadas, 1:10 y 1:50. De su examen puede formularse los siguientes comentarios:

1) El suelo empleado tiene un bajo tenor de disponibilidad fosfórica; el agregado de P como fertilizante lo eleva hasta niveles adecuados en lo que respecta al denominado "fósforo rápidamente disponible" (NIJENSOHN y PIZARRO, 1954), pero no aumenta suficientemente el disponible a largo plazo, juzgado por la relación 1:50. Esto se debe a una fijación parcial del fósforo agregado en ausencia de abono verde.

CUADRO 11

Contenido de fósforo extraíble por agua carbonicada. (Relación suelo : agua = 1 : 10) mg de P en 1000 g TFSA

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
<i>a. Después de 45 días de incubación</i>					
F	27,01	26,97	32,91	45,40	33,07
A	31,03	29,65	34,04	49,05	35,94
V	21,98	24,00	34,17	32,47	28,15
T	3,52	2,79	14,41	11,58	8,07
\bar{M}	20,88	20,85	28,88	34,62	
<i>b. Después de 95 días de incubación</i>					
F	36,39	30,45	38,19	45,25	37,56
A	42,57	37,45	36,25	44,28	40,13
V	30,80	29,47	39,71	33,76	33,43
T	2,29	2,87	11,54	11,23	6,98
\bar{M}	28,01	25,06	31,42	33,63	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5 \% = 5,53 \\ 1 \% = 7,27 \end{array} \right.$$

2) La influencia de los materiales vegetales se hace notar con alta significancia debido evidentemente al aporte del fósforo contenido en los mismos, lo cual no descarta la posibilidad de un proceso de movilización del P preexistente en el suelo, en relación con una mayor actividad de la flora microbiana. Se nota sin embargo, una relativa menor mineralización y consiguiente liberación del P en V en ambas etapas de la experiencia, en lo que respecta al nutriente en su estado "rápidamente disponible".

CUADRO 12

Contenido de fósforo extraíble con agua carbonicada. (Relación suelo :
agua = 1 : 50) mg de P en 1000 g TFSA

Tratamiento	—	N	P	NP	\bar{M}
a. Después de 45 días de incubación					
F.....	56,28	54,01	89,32	79,14	69,70
A.....	65,81	65,81	90,46	83,76	76,47
V.....	54,75	60,30	70,70	65,59	62,58
T.....	7,38	9,79	26,52	22,98	16,65
\bar{M}	46,06	47,50	69,26	62,87	
b. Después de 95 días de incubación					
F.....	61,40	45,62	89,19	77,61	68,48
A.....	63,58	52,35	83,73	84,96	71,14
V.....	43,57	53,57	68,61	61,96	56,94
T.....	10,57	9,96	23,77	23,61	17,00
\bar{M}	44,79	40,38	66,33	62,05	

$$\text{M. D. S. } \left\{ \begin{array}{l} 5\% = 28,97 \\ 1\% = 38,10 \end{array} \right.$$

3) El aumento del contenido de P "rápidamente disponible" se hace progresivo a lo largo del proceso, con diferencias altamente significativas para todos los tratamientos vegetales sin fertilizar. Ello sugiere una progresiva liberación del P tanto el orgánico como el mineral preexistente en el suelo.

4) Los tratamientos fertilizantes con P incrementaron el tenor de P "rápidamente disponible" en F y especialmente en V, en tanto que NP influyó más favorablemente sobre F y A, y no tanto sobre V. El efecto de estos tratamientos se explicaría no sólo por el aporte de P sino, además, por una mayor velocidad de movilización del P orgánico y simultáneamente de liberación del P edáfico preexistente.

Resumiendo, los tres abonos verdes incorporados incrementaron el contenido del P disponible del suelo y el agregado de P y NP influyeron favorablemente en este fenómeno.

RESUMEN

Se ha estudiado, en condiciones de laboratorio, el efecto que sobre las características cádficas tiene la incorporación como abono verde, de *Fumaria sp.*, *Avena sativa* y *Vicia benghalensis*, luego de 45 y 95 días de incubación húmeda, y asimismo, las variaciones del comportamiento de estos abonos en el suelo al estar asociados a una fertilización con nitrógeno y fósforo. Se describen los métodos empleados y se discuten los resultados obtenidos. De estos últimos puede deducirse:

1º La *Avena* se ha desintegrado físicamente en el suelo con mayor rapidez que las otras especies, y el agregado de fósforo influyó favorablemente en dicho proceso.

2º Todos los abonos verdes aumentaron la reserva nitrogenada del suelo, la que se mantuvo sin variar en ambos períodos del ensayo. Asimismo, incrementaron el tenor de materia orgánica estable.

3º Los tres abonos verdes y especialmente la *Avena* aumentaron el nivel de sustancias húmicas e incrementaron la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

4º Los abonos verdes aumentaron la estabilidad estructural del suelo, en especial la *Fumaria*, después del segundo período de incubación.

5º Los tres abonos verdes modificaron el contenido de fósforo disponible del suelo, que era de por sí deficiente en este elemento, elevándolo a altos niveles de disponibilidad.

AGRADECIMIENTO

La realización del presente trabajo ha contado con la colaboración de los señores enólogo SALVADOR GONZÁLEZ, preparador en las Cátedras de Química Analítica y Química Agrícola, y EDGARDO G. RUGGERI, alumno de la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes tuvieron participación como analistas, por lo que se deja constancia de nuestro agradecimiento.

LITERATURA CITADA

- JACKSON, M. L. 1964. *Análisis Químico de Suelos*. Ed. Omega.
- NIJENSOHN, L. 1960. *A method for the determination of cation exchange values in saline-calcareous-gypseous soils*. Proc. 7th. Inter. Cong. Soil Sci., Madison, Wisconsin, Vol. II : 36-44.
- NIJENSOHN, L. y O. C. PIZARRO. 1959. *Reseña edafológica de las Estaciones Experimentales del Instituto de la Vid y el Vino de Mendoza*. Min. Econ. Ob. Púb. Riego, Bol. Técn. N° 1.
- ROMANELLA, C. A. 1957. *Los suelos de la región del Río Mendoza*. Bol. Est. Geogr., Vol. IV. Enero/marzo 1957. Fac. Fil. y Let., U. N. C.
- WAINSTEIN, P. 1961. *Composición química de « Fumaria » y sus posibilidades como abono verde en Mendoza*. Rev. Arg. Agron. 28 (1-2): 54-59. Buenos Aires.