

Titration method to estimate the root surface area of coffee plants^{*1/} ————— LUIS CARLOS da SILVA RAMOS^{**}, COARACY M. FRANCO^{***},

————— M.M. ALVES DE LIMA^{****}

RESUMO

Obteve-se uma fórmula para calcular a área do sistema radicular do cafeeiro, a partir dos valores relativos obtidos pelo método de titulação. Utilizaram-se de segmentos de raízes previamente padronizados, nos quais foram medidas a área real e a área relativa, que é determinada pelo método titulométrico. A conversão é obtida pela fórmula:

$$Y = \frac{mVx}{nvK}$$

Y = área em cm²; x = volume de titulante (KOH 0,15N) gasto em cm³; m e n, a normalidade do titulante e do ácido (HCl 3N); V = volume de água destilada em cm³; v = volume de alíquota em cm³; e K uma constante (0,0117 cm).

Sugere-se o emprego desta metodologia para estudos de sistemas radiculares de outras espécies.

Introduction

SEVERAL methods have been used to evaluate the root system of plants as reviewed by Schurman and Goedewaagen (9). Some very interesting aspects of this subject are also discussed by Russell (7). Special apparatus for evaluation of root systems have been developed: Pinkas (4) presented a method to measure volume of roots and Rowse and Phillips (6) described an apparatus to evaluate the total length of roots based on the method of Neuman (2). The Wilde and Voigt (10) technique to evaluate the root surface area was modified by Carley and Watson (1) and used for the root system of coffee plant by Ramos and Lima (5). Radioactivity methods have been used by a few authors including Saiz del Rio and others (8) in studies of roots distribution of coffee in the soil. Nutman (3) measured directly the

length and area of root systems of adult coffee plants and found average values of 22.76 km and 463 m² per plant.

Subjective values (grade points) are also employed to evaluate root systems; however data obtained from direct measurements are more accurate. The most frequent parameters employed are fresh weight, dry weight and maximum length of the roots. Root weight measurements do not take into account the diameter of roots and consequently one single root with a large diameter would be equal in weight to many roots of small diameter which have a much larger absorption surface. The measurements of maximum root length give a very poor estimation about the absorbing surface or volume of root systems.

Measurements of root surface area are the most precise method to study root systems. Wilde and Voigt (10) presented a titration method for estimation of root surface area. Carley and Watson (1) modified slightly the titration method and also proposed a gravimetric method for the same purpose. The titration method only gives relative values between the root systems studied. The gravimetric method is quicker but requires an appropriate balance. The titration method despite being slower is more precise and easily operated. This method also permits the manipulation of a

^o Received for publication October 30th 1978.

^{1/} Partially financed by Agronomic Institute and Brazilian Institute of Coffee.

^{**} Research Assistant, Dept. Genetics, Agronomic Institute, C.P. 28, Campinas, SP, and Research Fellow of National Council of Research and Technology (CNPq).

^{***} Senior Researcher, Brazilian Institute of Coffee, Campinas, SP.

^{****} Research Assistant, Dept. Genetics, Agronomic Institute, Campinas, SP.

greater number of plants simultaneously which would compensate for its slowness.

The purpose of this work is to correlate the relative values obtained with the titration method to real values of coffee root areas.

Material and methods

In order to obtain a correlation of the relative values of root surface given by the titration method to real area values, cylindrical and conical segments of *Coffea arabica* cv 'Catuaí' roots were carefully chosen. The original method was slightly modified in the following way: (a) to avoid an excess of acid absorption, the roots were not allowed to dry but were kept constantly in distilled water as soon as removed from the plants; the roots were drained to remove the excess of water before dipping in the acid solution; (b) a KOH solution of low normality (0.15 N) was used to give more accuracy in the burette; (c) a prewashing of the roots with 0.1 N HCl was adopted to avoid a lowering of the standard 3.0 N HCl solution.

Ten replicates of straight and smooth root segments were used. Five root segments of higher diameters were used for five replicates and ten root segments of smaller diameters for the others. The number of segments per replicate was increased to compensate the decrease in total root surface due to smaller diameters.

The surface area of each root segment was determined by measurements of basal and apical diameters and length with a pachymeter. For calculation of surface area, the root segments were considered as truncate cones:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot 2L(D+d) + D^2 + d^2 \dots [1]$$

where S = surface (cm²), L = root length (cm), D = basal diameter (cm), and d = apical diameter (cm).

The length of the root segment was used in the place of generatrix of the original formula. This substitution did not alter the final values since the root segments were very thin and long. When the calculated values of generatrix were introduced, there was no difference in the final results.

The relative values for the root surface area by the titration method was obtained as the following:

- 1) Immersion of root segments in 0.1 N HCl for 3 sec., and drained for 5 min.
- 2) Dipping of root segments in 3 N HCl for 15 sec., and drained for 10 min.
- 3) Immersion in 250 ml of distilled water with magnetic stirring for 15 min.
- 4) Titration of 100 ml of 3) with 0.15 N KOH with phenolphthaleine.

- 5) Calculation of the 3 N HCl volume titrated by 0.15 N KOH:

$$3 \text{ N HCl volume} = \frac{0.15 \text{ N KOH volume}}{8}$$

- 6) Calculation of the film thickness (K) of 3 N HCl adsorbed to the roots surface segments:

$$K = \frac{\text{volume of 3 N HCl adsorbed}}{\text{measured surface}} \dots [2]$$

Results and discussion

The averaged diameters of root segments and their measured surfaces, the volume of HCl adsorbed, the volume of titrating KOH and the estimated thickness of the film of adsorbed HCl (K) are summarized in Table 1.

The variation of the measured surface (Table 1) was due to a difference in size of the root segments selected.

There is no correlation ($r = 0.005$ N.S.) between the thickness of the film (K) and the diameter of the root segments. This demonstrates that the thickness of

Table 1.—Volumes of titrating KOH 0.15 N, HCl adsorbed, measured surface of root segments, estimated thickness of the film of adsorbed HCl (K), and averaged diameters (D) of root segments of coffee plants.

Replicate	KOH 0.15 N	HCl 3N	area	K	D
Nº	cm ³	cm ³	cm ²	mm	mm
1	3.15	0.394	30.70	0.1283	4.18
2	1.70	0.213	19.27	0.1102	3.22
3	1.20	0.150	15.04	0.1000	2.45
4	1.00	0.125	11.65	0.1073	2.14
5	1.00	0.125	10.32	0.1211	2.08
6	1.95	0.244	21.72	0.1122	1.68
7	1.65	0.206	15.71	0.1313	1.35
8	1.70	0.213	18.17	0.1170	1.48
9	1.10	0.137	11.71	0.1175	1.12
10	0.95	0.119	10.18	0.1167	1.18
mean	1.54	0.192	16.45	0.1170	2.09
C.V				8%	

the film is independent of variation in diameters of the root segments studied. This fact assures the application of this method for the root system of plants which have a great deal of variation in the root diameters.

The volumes of HCl adsorbed by the root segments were directly proportional to the measured surface of the segments as can be demonstrated by

$$Y = 74.64 \frac{mV}{nv} x + 2.079; \dots \dots \dots [3]$$

$$r = 0.98 (P \leq 0.001)$$

where Y is the calculated root surface (cm^2), m and n the concentrations (N) of base and acid respectively, V and v the respective volumes (cm^3) of the distilled water and the aliquot, X the volume of the titrated solution spent (cm^3). It was observed that the time of immersion of the roots in HCl was very critical. The volume of adsorbed HCl 3 N varies a great deal with time of immersion.

The normality of the titrating KOH should be increased or lowered if a larger or smaller root system were studied. Dead roots should be removed in this method since it was devised to estimate the surface of alive roots only.

Using the averaged thickness of the film of HCl 3 N (K), it is possible to obtain the estimated root surface:

$$Y = \frac{mVx}{nvK} \dots \dots \dots [4]$$

where Y is the estimated root surface (cm^2), x is the volume of titrated KOH (cm^3), m and n the concentration (N) of KOH and HCl respectively, V and v the volumes (cm^3) of distilled water and the aliquot, and K a constant equal to 0.0117 cm.

Considering the concentrations of KOH and HCl and the volumes of distilled water and aliquot used throughout this work, the formula (4) is reduced to

$$Y = 10.684 x \dots \dots \dots [5]$$

The estimated values of root surface by the formula [4] are slightly superior to those calculated by the formula [3]. The formula [4] is preferable because the data of area obtained with formula [1] approach the real areas by inferior values thus compensating that difference.

This method allows the detailed study of the effects of physical, biological and chemical agents as well as genotypic differences within root systems of plants. This method could be used with other plant species because the high normality of HCl (3 N) used will eliminate any specific difference in adsorption.

Abstract

A formula was deduced to convert the indexes of relative area of the root system obtained by the titration method into the real numerical area of the coffee plant root system:

$$Y = \frac{mVx}{nvK}$$

where Y = root area in cm^2 , x = volume of hydroxide solution spent in the titration in cm^3 , m = normality of the hydroxide solution, n = normality of the acid solution, V = volume of distilled water used, v = volume of the aliquot taken from the acid solution for titration, and K = a constant with the value of 0.0117 cm.

The use of this method is suggested for determining the root surface area of coffee plants and other species.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to Dr. Maro R. Sondahl for the English review of the text.

Literature Cited

- CARLEY, H.E. and WATSON, R.D. A new gravimetric method for estimating root-surface areas. *Soil Science* 102:289-291 1966.
- NEWMAN, E. I. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3:139-145 1966
- NUTMAN, F.J. The root system of *Coffea arabica* III. The spatial distribution of the absorbing area of the root. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 2:293-302. 1934.
- PINKAS, L.L.H. A method of measuring the volume of small root systems. *Agronomy Journal* 56:90-91 1964.
- RAMOS, L.C.S. and IIMA, M.M.A. Superfície do sistema radicular de cafeeiros. Resumos do IV Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Caxambú, MG., 1976.
- ROWSE, H.R. and PHILLIPS, J.A. An instrument for estimating the total length of root in a sample. *The Journal of Applied Ecology* 11 (1): 309-314, 1974.
- RUSSELL, R.S. Los sistemas radiculares y la nutrición de las plantas: nuevos enfoques. *Endeavour* 29 (107): 60-66, 1970.
- SAIZ DEL RIO, J.F.; FERNANDEZ, C.E. and BELLAVITA, O. Distribution of absorbing capacity of coffee roots determined by radioactive tracers. *American Society for Horticultural Science* 77: 240-244. 1961
- SCHUURMAN, J.J. and GOEDEWAAGEN, M.A.J. Methods for the examination of root systems and roots. Centre of Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen (Netherlands), 1971. 86 p.
- WILDE, S.A. and VOIGT, G.K. Absorption-transpiration quotient of nursery stock. *Journal of Forestry*, Washington 47 (8): 643-645. 1949.

Notas y Comentarios

Reunión de Producción Animal - 1979

La Séptima Reunión Latinoamericana de Producción Animal se celebrará en la ciudad de Panamá, del 23 al 29 de setiembre de 1979. El certamen está auspiciado por la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y se está organizando por la Asociación Panameña de Producción Animal (APPA), a la que ha brindado su apoyo el gobierno de Panamá.

Se presentarán trabajos científicos en las secciones de Nutrición de no Rumiantes, Nutrición de Rumiantes, Pastos y Forrajes, Genética, Reproducción y Fisiología, y Socio-Economía. Además, el programa incluye dos seminarios sobre "Importancia de los ovino y caprinos en América Latina" y "Cruzamiento de ganado lechero". Se efectuará un día de campo para dar a conocer el desarrollo de la ganadería en Panamá.

La sede de Panamá fue acordada en ALPA-77 realizada en La Habana. La dirección del comité organizador de ALPA-79 es: Apartado 4781, Panamá 5, Panamá.

Reunión Brasileña de la Ciencia de la Información

Del 4 al 9 de marzo de 1979 se realizará, en Rio de Janeiro, la Segunda Reunión Brasileña de Ciencia de Información. La reunión está auspiciada por el Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología (IBICT), organismo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

El tema central del certamen será el de "Información científica y tecnológica, energía para el desarrollo". Los cuatro temas de trabajo, en relación con la información, son: a) Infraestructura; b) Estructura; c) Sistemas de Información; y d) Tecnología.

Habrá además un Seminario sobre la información en ciencia y tecnología para los países en desarrollo.

La Secretaría de la reunión está localizada en la rua Almtc. Cochrane 202, CP 1885- Rio de Janeiro, Brasil. La Coordinadora General es la Sra. Léa de Aquino.

Cosecha total y única en un cultivo

La compañía sueca Kockums Construction AB ha anunciado una tecnología integrada llamada cosecha total del cultivo que puede hacer que la agricultura se parezca a la minería. Su proceso usa cosechadoras de forraje de alta capacidad para recoger todas las partes del cultivo, las que se trasladan a una unidad procesadora central donde es separada en grano, fracciones pesadas (principalmente paja de cereales) y fracciones ligeras (granza, malezas, otros residuos orgánicos) (*New Scientist* vol. 79, p. 558).

La ventaja que se anuncia es que se usa la cosecha entera, a diferencia del método normal de cosecha de cereales que corta la paja, con la espiga del grano, la hace pasar por una trilladora, que retiene el grano y arroja la paja para ser embalada o quemada.

El método ha sido iniciado por Kockums con una planta piloto en Hogesta y una segunda planta en escala comercial en Kopingebro que comenzará a operar a fines de 1978. El método Kockums es un paquete que comienza con cosechadoras gigantes de forraje, de un costo de US\$ 120 000, basadas en máquinas norteamericanas. Una diferencia es una cabeza cortadora que corta la cosecha en largos de 30 a 50 milímetros. Estas son pasadas a remolques desmontables y llevados a la factoría. La cosechadora se traga todo el cultivo esté seco o húmedo y puede ser usado fuera de la campaña cerealera para forraje o colza.

El sistema sueco usa un tambor secador rotatorio que separa el grano primero de las fracciones ligeras y pesadas. Las fracciones ligeras se destinan a la alimentación animal y tienen una digestibilidad alta después de pasar por el tambor. La fracción pesada, principalmente paja, puede ser tratada con sustancias alcalinas para convertirse en "paja nutritivamente mejorada" que se usa como alimento para el ganado, o también para su conversión en celulosa o como pulpa para papel.

Pasto resistente al dióxido de azufre

Hemos comentado que en California ciertas líneas de cebada y tomate han evolucionado, con ayuda del hombre, hasta crecer y fructificar en tierras regadas con agua de mar (Cf. *Turrialba* vol. 28 p. 302). Ahora llegan noticias de que se ha desarrollado un pasto resistente a la polución por el dióxido de carbono, según informan el Profesor A. D. Bradshaw y colaboradores de la Universidad de Liverpool, Departamento de Botánica, en *Nature* (vol. 276, p. 493).

Es conocido el caso de las mariposas de color oscuro que gozan de la ventaja de estar camufladas más eficientemente cuando se posaban en árboles ennegrecidos por la polución industrial en ciertas zonas fabriles. Tales mariposas aparecieron en el noroeste industrial de Inglaterra conforme los árboles que frecuentaban iban poniéndose de color más oscuro como resultado de polución del aire. Esta es una de las demostraciones más convincentes de que todavía opera la evolución mediante el mecanismo de la selección natural.

Los botánicos de Liverpool han encontrado ahora que el ballico (*Lolium perenne* L.) que crece en el centro de Liverpool ha desarrollado, en forma muy similar a las mariposas, formas más resistentes a la polución. Bradshaw y sus colegas compararon ballicos del centro de Liverpool, donde los niveles de SO₂, en los novecientos cincuenta y sesenta llegaban a cifras de 600 a 700 microgramos por metro cúbico, con aquellos de una zona rural cerca de Liverpool, en la que las concentraciones de SO₂ eran mucho más bajas (unos 80 µg/m³) en esa zona. Tomaron 36 clones de cada línea y los expusieron por 8 semanas a concentraciones bajas y altas de SO₂ en el laboratorio (35 µg/m³ y 650 µg/m³).

Los pastos de la zona rural no crecieron tan profundamente como los clones urbanos en una atmósfera altamente contaminada. Además, diferentes clones de ambas poblaciones mostraron una amplia variación en su respuesta a la fumigación con SO₂ debido a variación genética. Hubo también mucho menor variación entre clones del centro de la ciudad, posiblemente porque los clones menos tolerantes al SO₂ habían sido eliminados por selección natural. El grupo de Liverpool señala una consecuencia práctica de su hallazgo: que los estimados del daño que el SO₂ inflige a las plantas, basadas en estudios de laboratorio, podrían ser muy altos. En el campo, las formas tolerantes podrían compensar el daño sufrido por los tipos susceptibles.

Publicaciones

Producción Animal. Con fecha setiembre de 1978 ha aparecido el primer número de la revista *Producción Animal*, órgano de la Asociación Panameña de Producción Animal, (APPA), destinada a difundir los trabajos técnicos que se presentan en las reuniones de APPA, así como también publicar trabajos y experiencias que sean útiles para el mejoramiento de la producción pecuaria en Panamá. El primer número tiene noticias de la Asociación y de la entidad a la que está afiliada, la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), así como artículos cortos sobre temas ganaderos del país.

El Director es Gabriel de Saint Malo y el editor es Alberto Velázquez. La dirección es: Apartado 4781, Panamá 5, Panamá.

Serie de Textos en República Dominicana. La Escuela Agrícola Salesiana, de La Vega, República Dominicana, ha iniciado la publicación de textos de enseñanza para sus necesidades docentes. El primer número corresponde a "Genética General y Aplicada" del Ingeniero Agrónomo Ruperto Alejandro Mercedes. Se trata de un librito de 127 páginas, distribuido en enero de 1978, que constituye una buena introducción a la genética, abarcando temas tan apartados como los orgánulos intracelulares, los experimentos originales de Mendel hasta la gametogénesis, tanto animal como vegetal. La última parte (IV), de más de 40 páginas, trata de la genética aplicada, ocupándose del mejoramiento vegetal y del animal.