

PODER DISCRIMINANTE DE LAS CLASIFICACIONES: APLICACION A LOS SUELOS DE LA DEPRESION GUADIX - BAZA (GRANADA)

A. Iriarte*, E. Barahona* y C. Gil de Carrasco**

* *Estación Experimental del Zaidín CSIC. Prof. Albareda, 1. 18008-Granada. España.*

** *Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Univ. de Granada.*

RESUMEN

El análisis de la varianza pone de manifiesto que los diversos criterios de clasificación aplicados a un conjunto de las muestras apenas tienen poder predictivo con referencia a las propiedades de los suelos. El menor poder de predicción lo presentan las clasificaciones fisiográficas y de uso actual del suelo (varianza explicada máxima, (VAREX), 0.133). Las clasificaciones que consiguen una predicción mejor sobre mayor número de variables son la textura (VAREX, 0.891), la litológica (VAREX, 0.287) y las básicas utilizadas en los mapas edafológicos (VAREX, 0.393).

El bajo poder predictivo encontrado, en general, hace aconsejable el uso de técnicas de taxonomía numérica para refinar y hacer más efectivas a las clasificaciones convencionales.

Palabras clave: Suelos de Guadix-Baza. Análisis de la varianza. Discriminación de propiedades.

SUMMARY

THE DISCRIMINATING POWER OF CLASSIFICATIONS: A TRIAL ON THE SOILS OF GUADIX - BAZA BASIN (GRANADA)

The analysis of variance of surface samples shows that the classification criteria applied to them have only a low predicting power for soil properties. Physiography and land use are the classifications with the lowest predicting power (explained variance, (VAREX), 0.133 for the most favorable case).

The classifications having the highest predicting power for the largest number of variables are 1) textural class (VAREX, 0.891), 2) soil map units (VAREX, 0.393) and 3) lithology (VAREX, 0.287).

The low predicting power generally found makes the use of numerical taxonomy techniques for the improvement of conventional classifications advisable.

Key words: Guadix-Baza soils. Analysis of variance. Discrimination of properties.

INTRODUCCION

La eficacia de una clasificación, tratarse por medio del análisis de ya sea básica o aplicada, puede con- la varianza. Esta técnica desarro-

llada por R. A. Fisher, en los años 20, se basa en que las varianzas son aditivas y que se puede aislar el efecto de diferentes fuentes de varianza: el error aleatorio, el efecto de pertenencia a una clase o a grupo, u otras.

En el caso del estudio de suelos, el análisis de la varianza se utiliza como una herramienta de elección para ver si tienen efecto los tratamientos de abonado en ensayos de campo o invernadero. También ha sido utilizado, aunque mucho más escasamente, para el contraste de las clasificaciones de suelos (Beckett *et al.*, 1965). Desde este punto de vista, un parámetro descriptivo de gran interés es el coeficiente de correlación intraclases que viene dado por la razón de la varianza entre clases a la varianza total (la suma de la varianza entre clases y de la varianza dentro de las clases). (Webster, 1977) toma un valor que vá desde 1 (cuando las clases son internamente homogéneas, ie. no hay varianza dentro de las clases) a 0 (cuando la varianza entre clases es 0). En la práctica, pueden obtenerse valores negativos cuando, por error de muestreo, la varianza entre clases es menor que la varianza dentro de las clases.

Un índice estrechamente relacionado con el anterior pero más simple es la proporción de varianza

explicada por la clasificación, que es el complemento a 1 de la razón de la varianza dentro de las clases a la varianza total. También varia de 0 a 1 y coincide casi exactamente con el coeficiente de correlación intraclases cuando el tamaño de las muestras y el número de grupos es grande.

La cantidad de varianza achacable a la clasificación depende no sólo de ésta, sino también de la variable considerada (unas variables se separan bien y otras mal), (Bekett and Webster, 1968). Según estos autores las propiedades químicas se discriminan considerablemente peor que las propiedades físicas. Por otro lado es posible que determinadas clasificaciones funcionen bien en ciertos suelos y no en otros.

El propósito de este trabajo es el aplicar estas técnicas a los datos obtenidos en la prospección de los suelos de Guadix y Baza ya que, por un lado, el tipo de muestreo realizado es el adecuado para estos estudios (Iriarte *et al.*, 1987), por otro lado, durante las diferentes etapas de la prospección se aplicaron a las muestras clasificaciones de muy diversa índole y se consideró muy interesante el adquirir una idea de la eficacia de estas clasificaciones para la predicción de las propiedades inventariadas.

MATERIAL Y METODOS

Los datos estudiados corresponden a 82 puntos muestrales tomados en la depresión Guadix-Baza, siguiendo un esquema de muestreo aleatorio estratificado (Iriarte *et al.*, 1987). Se estudiaron las siguientes 21 va-

riables que caracterizan los aspectos físicos, químicos y mineralógicos del área: análisis granulométrico, método de la pipeta de Robinson, (Soil Conservation Service 1972, 3A2), materia orgánica (Comisión de Mé-

todos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda", 1973), nitrógeno, (Comisión de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología "José María Albareda", 1973), fósforo asimilable, Olsen, (Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos, 1984), potasio asimilable, (Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos, 1984), carbonato cálcico equivalente (Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos, 1984) carbonato cálcico activo, (Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos, 1984), retención de agua a 1/3 y 15 bares, membrana de presión de Richards, (Richards, 1954) agua útil (Soil Conservation Service, 1972), conductividad del extracto de saturación (Allison, 1973), Fe libre, Holmgren, (Soil Conservation Service, USDA, 1972), análisis mineralógico por difracción de rayos X, (los factores reflectantes utilizados fueron los determinados por Schultz, L. G., 1964).

Para contrastar la eficacia de las clasificaciones se empleó el análisis de la varianza de vía simple, en el que se determina, además de los test de F, usual en los ensayos de signifi-

cación de las diferencias entre grupos, la variación explicada por la clasificación (VAREX), calculada siguiendo las indicaciones de Webster (1977). Esta viene dada por:

$$1 - S^2_w / S^2_T$$

donde S^2_w es la varianza dentro de los grupos y S^2_T es la varianza de los datos respecto a la media general.

Las clasificaciones utilizadas para estratificar las muestras son las siguientes:

- 1) Clase textural determinada por análisis mecánico.
- 2) Clase textural, determinada en el campo en base a la plasticidad y aspereza del suelo (Jacobs *et al.*, 1964).
- 3) Unidad fisiográfica, (determinada por observación del punto de muestreo en campo).
- 4) Litología (determinada en campo).
- 5) Litología determinada por la posición del punto muestral en el mapa geológico (Vera, J. A., 1972).
- 6) Tipo de suelo (clasificación de la FAO) determinada en campo.
- 7) Tipo de suelo (FAO), mapa de suelos 1:200.000, (Pérez Pujalte, 1980).
- 8) Uso (determinado en el campo).

RESULTADOS Y DISCUSION

TEXTURA DE LABORATORIO

Las clases texturales en las que quedan incluidas la totalidad de las muestras son:

- 1—Arcilla.
- 2—Arcillo limoso.
- 4—Franco arcillo-arenoso.

- 5—Franco arcillo-limoso.
- 6—Arenoso franco.
- 7—Franco arenoso.
- 8—franco.

Los resultados del análisis de la varianza se recogen en la Tabla 1 y las medias de los diferentes grupos en la Tabla 2.

TABLA 1

Resumen del análisis de la varianza de las muestras clasificadas por los siguientes criterios: *textura determinada en laboratorio, textura determinada en campo y unidades fisiográficas determinadas por observación del punto de muestreo en campo.*

VARIABLES	TEXTURA LABORATORIO		TEXTURA CAMPO		UNIDADES FISIOGRAFICAS	
	GL 7 - 73	VAREX	GL 6 - 74	VAREX	F	GL 4 - 77
	F	VAREX	F	VAREX	F	VAREX
Arena % (0-25 cm)	94.443**	0.891	6.973**	0.309	0.287	-0.037
Limo % (0-25 cm)	47.629**	0.803	4.592**	0.212	0.565	-0.022
Arcilla % (0-25 cm)	94.703**	0.891	9.912**	0.401	0.504	-0.025
Mat. Org. g k ⁻¹ (0-25 cm)	1.699	0.058	0.990	-0.001	0.231	-0.039
N g k ⁻¹ (0-25 cm)	0.942	-0.005	0.970	-0.002	0.503	-0.025
P mg k ⁻¹ (0-25 cm)	1.118	0.010	0.453	-0.043	0.932	-0.003
K mg k ⁻¹ (0-25 cm)	5.614**	0.288	1.290	0.021	0.197	-0.041
Ca CO ₃ equiv. g k ⁻¹	2.743*	0.114	0.749	-0.019	1.220	0.011
Ca CO ₃ act. g k ⁻¹	4.085**	0.213	0.770	-0.018	1.560	0.027
W 1/3 m ³ /m ³ (0-25 cm)	21.578**	0.643	6.403**	0.288	0.269	-0.037
W 15 m ³ /m ³ (0-25 cm)	18.587**	0.606	6.200**	0.281	0.725	-0.014
Fe libre g k ⁻¹ (0-25 cm)	2.757*	0.133	1.378	0.028	0.647	-0.018
pH (0-25 cm)	1.091	0.008	1.101	0.007	2.540*	0.071
CE 25 mS (0-25 cm)	1.851	0.069	0.788	-0.016	0.940	-0.003
Filosilic. % (0-25 cm)	5.101**	0.264	4.123**	0.190	1.137	0.007
Cuarzo % (0-25 cm)	7.779**	0.372	1.792	0.056	0.827	-0.009
Feld. K % (0-25 cm)	0.885	-0.010	0.221	-0.062	0.497	-0.025
Plagioclasa % (0-25 cm)	2.187*	0.094	1.049	0.004	1.362	0.018
Calcita % (0-25 cm)	2.187*	0.094	0.726	-0.021	2.301	0.060
Dolomita % (0-25 cm)	1.004	0.000	0.513	-0.038	0.306	-0.035
Yeso % (0-25 cm)	0.539	-0.042	1.356	0.026	0.684	-0.016
		P 0.5 = 2.14		P 0.5 = 2.14		P 0.5 = 2.49
		P 0.1 = 2.89		P 0.1 = 2.89		

Las variables discriminadas fueron, lógicamente, las más directamente relacionadas con la granulometría (arena, limo y arcilla) pero, además, también se encontraron diferencias significativas para el carbonato cálcico equivalente y activo y algunos componentes mineralógicos determinados por rayos X: filosilicatos, cuarzo, plagioclasa y calcita.

Comentemos solamente que los carbonatos tienden a ser altos en las clases limosas (franco-arcillo-limosa y arcillo-limosa). Los filosilicatos son abundantes en las texturas arcillosas, mientras que el cuarzo y las plagioclasas en las arenosas. Además, el potasio asimilable es alto en los suelos arcillosos y arcillo-limosos y bajo en los arenosos francos, lo que se puede atribuir a que se trata fundamentalmente de potasio de cambio.

Las retenciones de agua a 1/3 y 15 bares son altas, en los suelos arcillosos, arcillo-limosos y franco-limosos y bajas en los arenosos francos y curiosamente, también en los franco-arcillo arenosos; para esta última clase esta propiedad coincide con un bajo contenido en calcio activo que, como ya se comentó en el trabajo dedicado a las relaciones entre variables, (Iriarte *et al.*, 1987), guarda una alta correlación positiva con los valores críticos de retención de agua.

TEXTURA DE CAMPO

Las muestras se clasificaron en los siguientes grupos:

- 1—Arcilla.
- 2—Arcillo-limoso.
- 3—Franco arcilloso.
- 4—Franco arcillo limoso.
- 5—Franco arenoso.

6—Franco.

7—Franco limoso.

Los resultados de análisis de la varianza se dan en la Tabla 1 y las medias en la Tabla 3 las variables analíticas que dan diferencias significativas son las siguientes:

- Arena %.
- Limo %.
- Arcilla %.
- W 1/3 %.
- W 15 %.
- Filosilicatos %.

En resumen: tienden a observarse las mismas pautas que se manifestaron para la textura de laboratorio, pero en grado mucho menos acentuado; así, puede verse que los valores del Test de F y de la varianza explicada son mucho más bajos que en el caso de la textura de laboratorio. Además, las relaciones mineralógico-granulométricas patentes en el análisis mecánico no aparecen, salvo en el caso de los filosilicatos. Todo ello puede achacarse al error de la determinación táctil de la textura, en comparación con la determinada por análisis mecánico.

UNIDADES FISIOGRAFICAS

Las unidades establecidas han sido:

- 1) Fondo de valle.
- 2) Pendiente cóncava.
- 3) Pendiente convexa.
- 4) Escarpe.
- 5) Meseta.

La única propiedad que se diferencia significativamente es el pH (Tablas 1 y 4). Además, las diferencias de pH entre distintas unidades fisiográficas es muy pequeña. Se nota un ligero aumento de pH conforme

TABLA 2

Textura de laboratorio.

Grupo	1	2	4	5	6	7	8
Número de datos.	2	2	10	6	18	21	19
Arena	2.1	9.6	27.1	15.0	61.8	40.7	24.43
Limo.	32.6	49.8	43.4	51.7	26.0	40.0	56.0
Arcilla.	65.3	40.5	29.5	33.5	12.2	19.3	21.4
K asimilado	0.17	0.51	0.11	0.8	0.5	0.12	0.8
Ca CO ₃ equivalente	160.4	430.0	380.0	460.0	240.0	320.2	450.5
Ca CO ₃ activo	110.5	140.1	120.0	140.9	60.5	90.8	130.2
W 1/3	0.51	0.38	0.34	0.40	0.18	0.29	0.26
W 15.	0.31	0.20	0.18	0.22	0.08	0.14	0.16
Fe libre	7.0	4.0	7.0	3.0	6.0	6.0	6.0
Filosi.	78.5	55.5	44.2	33.1	28.2	34.0	25.1
Cuarzo	8.0	8.5	14.7	8.0	35.8	28.6	15.0
Plagi.	0.5	0.5	1.8	1.1	7.1	2.2	1.1
Calcita.	9.5	33.0	28.9	38.0	14.7	25.5	16.6

TABLA 3

Textura de campo.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7
Número de datos.	3	2	5	2	24	41	4
Arena	6.1	37.6	24.2	18.1	49.9	34.8	24.4
Arcilla.	50.9	21.5	28.8	36.2	16.8	22.1	23.4
W 1/3	0.49	0.25	0.36	0.43	0.24	0.31	0.37
W 15.	0.25	0.13	0.19	0.25	0.11	0.15	0.16
Filosi.	75.0	36.0	43.2	39.5	31.0	36.2	38.0

TABLA 4

Unidad fisiográfica.

Grupo	1	2	3	4	5
Número de datos.	9	30	14	2	27
pH	7.8	7.7	7.6	7.3	7.6

TABLA 2, 3 y 4 Medias de los diferentes grupos: Textura de laboratorio: 1) arcilla, 2) arcillo-limoso, 4) franco arcillo-arenoso, 5) franco arcillo-limoso, 6) arenoso franco, 7) franco arenoso y 8) franco.

Textura de campo: 1) arcilla, 2) arcillo-limoso, 3) franco arcillosos, 4) franco arcillo-limoso, 5) franco arenoso, 6) franco y 7) franco limoso.

Unidades fisiográficas: 1) fondo de valle, 2) pendiente cóncava, 3) pendiente convexa, 4) escarpe y 5) meseta.

las pendientes se hacen más suaves ya que los suelos de fondo de valle son los más básicos ($\text{pH} = 7.8$). Las mesetas sin embargo, aunque semejantes en pendiente a los fondos de valle, tienen un pH algo más bajo (7.6), debido, probablemente, a la mayor antigüedad de los suelos.

LITOLOGIA DE CAMPO

Las diferentes unidades determinadas en campo son: 1) calizas, 2) conglomerados, 3) derrubios, 4) margas, 6) esquistos, 7) arenas y gravas aluviales, 8) margocalizas, 10) areniscas.

Los resultados del análisis de la varianza y los valores medios se recogen en las Tablas 5 y 6.

Los suelos sobre esquistos tienden a ser arenosos con baja cantidad de calcio activo y bajos valores de $W\ 1/3$ y $W\ 15$ bares. En el otro extremo, los suelos derivados de margas son los que tienden a ser limosos, ricos en CO_3Ca activo y con valores altos de $W\ 1/3$ y $W\ 15$ bares.

La materia orgánica, es alta en los suelos sobre calizas y margo-calizas, lo que se debe posiblemente a que estas litologías implican un relieve montañoso, con suelos que conservan los horizontes orgánicos naturales.

En las arenas y gravas aluviales, la materia orgánica también es alta, debido posiblemente, en parte, a las prácticas agrícolas.

La información litológica extraída del mapa geológico coincide en esencia con la que dá la litología de campo (Tablas 5 y 7), por lo que no la comentamos.

MAPA DE SUELOS 1:200.000

En la Tabla 5 se dan los resultados del análisis de la varianza. Las unidades cartográficas del mapa de suelos de Granada a escala 1:200.000 (Pérez Pujalte, 1980) poseen diferencias notables entre medias (Tabla 8), pero al estar constituidas estas unidades por asociaciones de suelos, las razones últimas de estas diferencias quedan muy oscuras. Así por ejemplo: hay dos unidades que poseen valores francamente altos de potasio asimilable en comparación con las demás; éstas son las asociaciones, Rc-I-Bk (3) y Bk-Rc-I (7). Las unidades en las que son dominantes los tres tipos de suelos puros Rc, I, Bk (unidades 1, 2 y 4 respectivamente) muestran tasas de potasio moderadas o bajas. Por tanto, el nivel de potasio no parece ligado de forma esencial a los tipos de suelo, sino más bien a alguna circunstancia particular que concurre en los paisajes ocupados en dichas asociaciones. La presencia en ambas unidades de litosuelos, dá idea de que aparecen en áreas rocosas y, por lo tanto, poco adaptadas a la agricultura intensiva. Esto coincide con trazas de materia orgánica moderadas o altas en los horizontes B. Quizás entonces, la riqueza en estos componentes, en dichas unidades pueda achacarse a que no están esquilmas por las prácticas agrícolas frecuentes.

Por lo que se refiere a las retenciones de agua a $1/3$ y 15 bares es curioso observar, que los valores altos coinciden con unidades que tienen regosoles calcáreos como componente dominante. Esto podría deberse a que estas unidades se

TABLA 5

Resumen del análisis de la varianza de las muestras clasificadas por: Litologías de campo determinadas en el punto muestral, Litologías determinadas en el mapa geológico de los puntos muestrales y Tipos de suelos según el mapa 1:200.000 de la Provincia de Granada de los puntos muestrales.

VARIABLES	LITOLOGIA DE CAMPO		LITOLOGIA MAPA		TIPO DE SUELO	
	GL 7 - 70		GL 7 - 69		GL 14 - 57	
	F	VAREX	F	VAREX	F	VAREX
Arena % (0-25 cm)	3.136**	0.163	3.294**	0.174	1.687	0.119
Limo % (0-25 cm)	2.594*	0.127	2.341*	0.110	1.508	0.091
Arcilla % (0-25 cm)	1.498	0.043	2.580*	0.127	1.562	0.100
Mat. Org. g k ⁻¹ (0-25 cm) . . .	2.423**	0.115	1.487	0.043	1.678	0.118
N g k ⁻¹ (0-25 cm)	1.226	0.020	1.189	0.017	3.246**	0.307
P mg k ⁻¹ (0-25 cm)	0.996	-0.000	1.112	0.010	1.461	0.083
K mg k ⁻¹ (0-25 cm)	0.988	-0.001	1.827	0.071	2.943**	0.277
Ca CO ₃ equiv. g k ⁻¹	2.965**	0.152	2.340*	0.110	3.695**	0.347
Ca CO ₃ act. g k ⁻¹	2.460**	0.117	2.255*	0.104	4.290**	0.393
W 1/3 m ³ /m ³ (0-25 cm)	4.005**	0.215	2.296*	0.107	3.089**	0.292
W 15 m ³ /m ³ (0-25 cm)	3.102**	0.160	2.231*	0.102	3.033**	0.286
Fe libre g k ⁻¹ (0-25 cm)	1.835	0.071	1.182	0.016	2.917**	0.274
pH (0-25 cm)	1.000	0.000	1.494	0.044	0.773	-0.047
CE 25 mS (0-25 cm)	1.507	0.044	0.865	-0.013	1.364	0.067
Filosilic. % (0-25 cm)	1.557	0.048	0.949	-0.005	1.022	0.004
Cuarzo % (0-25 cm)	2.442*	0.116	1.446	0.039	3.023**	0.285
Feld. K. % (0-25 cm)	0.421	-0.056	0.934	-0.006	0.544	-0.099
Plagioclasa % (0-25 cm)	5.421**	0.287	3.936**	0.213	2.266*	0.200
Calcita % (0-25 cm)	2.486*	0.119	2.494**	0.121	1.694	0.120
Dolomita % (0-25 cm)	2.583*	0.126	0.802	-0.019	1.692	0.120
Yeso % (0-25 cm)	0.254	-0.073	0.329	-0.066	16.745**	0.756
	P 0.5 = 2.14*		P 0.5 = 2.14*		P 0.5 = 1.87*	
	P 0.1 = 2.19**		P 0.1 = 2.91**		P 0.5 = 2.40**	

TABLA 6
Litología de campo.

Grupo	1	2	3	4	6	7	8	10
Número de datos.	7	19	18	10	6	3	8	7
Arena	40.4	41.6	42.7	23.1	57.3	37.1	27.4	35.5
Limo.	40.6	40.0	37.6	49.7	25.9	39.2	46.4	44.9
M. O.	21.0	15.0	19.0	15.0	16.0	26.0	36.0	14.0
Ca CO ₃ equi.	291.0	261.0	331.0	468.0	43.0	354.0	459.0	490.0
Ca CO ₃ acti.	87.0	98.0	105.0	127.0	16.0	100.0	36.0	99.0
W 1/3	0.25	0.29	0.26	0.40	0.21	0.31	0.36	0.31
W 15	0.13	0.14	0.13	0.18	0.09	0.14	0.20	0.12
Cuarzo	33.7	27.7	28.1	11.9	34.0	27.0	14.1	19.4
Plagio.	1.6	2.8	1.9	2.1	14.6	1.6	0.8	2.1
Calcita.	20.7	20.3	24.3	30.2	1.6	31.0	40.7	21.7
Dolomita	6.6	4.2	13.7	15.2	3.5	0.2	4.9	25.3

Medias de los diferentes grupos: 1) calizas, 2) conglomerados, 3) derrubios, 4) margas, 6) esquistos, 7) aluvial, 8) margocalizas y 10) areniscas.

TABLA 7
Litología de mapa.

Grupo	1	2	4	6	8	9	10	13
Número de datos.	26	2	20	3	14	3	6	3
Arena	36.7	32.1	36.9	26.6	31.2	52.9	63.2	22.1
Limo.	42.1	40.8	42.7	44.3	46.0	29.3	24.9	44.3
Arcilla.	21.1	27.0	22.1	29.0	22.7	17.8	11.8	33.6
Ca CO ₃ equi.	423.0	335.0	271.0	547.0	352.0	217.0	71.0	444.0
Ca CO ₃ acti.	115.0	116.0	105.0	144.0	106.0	50.0	25.0	129.0
W 1/3	0.30	0.30	0.30	0.33	0.34	0.22	0.18	0.37
W 15	0.15	0.18	0.14	0.16	0.15	0.10	0.07	0.19
Plagio.	1.6	0.5	2.2	0.1	2.2	9.0	12.3	2.3
Calcita.	29.7	32.0	19.9	46.0	23.6	9.3	9.3	37.0

Media de los grupos: 1) indiferenciado, 2) margas+limos, 4) conglomerados, 6) aluviales, 8) detríticos, 9) calizas, 10) micaesquistos y 13) margas.

localizan fundamentalmente en áreas con litologías margosas y limosas; los valores más bajos de retención de humedad, los dan los cambisoles cálcicos (unidad 4), en los que en el horizonte B las texturas dominantes son las arenosas, bajas en retención de humedad. Otra asociación particu-

larmente baja en retención de humedad es la de los regosoles calcáreos y regosoles eútricos.

Otra distinción evidente, que se manifiesta en el mapa 1:200.000 es la riqueza en yeso en la unidad 16 (regosoles clacáreos y xerosoles lúvicos).

TABLA 8

Tipo de suelo mapa.

Grupo	1	2	3	4	5	7	8
Número de datos.	3	7	6	11	4	6	8
Nitrógeno	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
K asimilado	8.9	8.2	25.0	5.3	9.0	30.4	8.0
Ca CO ₃ equi.	263.0	363.0	439.0	116.0	345.0	472.0	368.0
Ca CO ₃ acti.	90.0	93.0	125.0	42.0	115.0	144.0	105.0
W 1/3	0.29	0.26	0.34	0.21	0.30	0.30	0.30
W 15	0.14	0.13	0.20	0.09	0.16	0.15	0.14
Fe libre	0.7	0.6	0.7	0.9	0.6	0.5	0.5
Cuarzo	30.0	26.7	17.6	38.0	23.2	18.0	24.8
Plagio	2.3	3.9	0.2	5.2	1.3	0.2	2.6
Yeso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tipo de suelo mapa.

Grupo	9	10	13	16	18	20	21	27
Número de datos.	2	2	11	2	4	2	2	2
Nitrógeno	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	0.8	1.0	4.0
K asim.	5.0	6.8	7.7	1.8	3.9	3.7	3.4	3.7
Ca CO ₃ equi.	678.0	648.0	494.0	87.0	87.0	354.0	155.0	2.0
Ca CO ₃ acti.	91.0	137.0	147.0	210.0	40.0	96.0	75.0	2.0
W 1/3	0.35	0.32	0.40	0.46	0.22	0.24	0.27	0.30
W 15	0.12	0.15	0.20	0.20	0.11	0.11	0.11	0.12
Filosi.	0.3	0.3	0.4	0.2	0.9	0.5	0.7	1.4
Cuarzo	12.0	8.5	9.0	5.5	38.5	19.0	41.0	40.5
Plagio	1.5	0.7	1.2	0.2	3.7	21.2	5.5	5.0
Yeso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Media de los grupos: 1) regosoles calcáreos, 2) litosoles, 3) regosoles calcáreos, litosoles, cambisoles cálcicos, 4) cambisoles cálcicos, 5) cambisoles cálcicos, regosoles calcáreos, litosoles, 7) regosoles calcáreos, litosoles, 8) fluvisoles calcáreos, 9) regosoles calcáreos, xerosoles gipsicos, 10) xerosoles cálcicos, xerroles gipsicos, cambisoles cálcicos, 13) regosoles calcáreos, cambisoles cálcicos, 16) regosoles calcáreos, xerosoles lúvicos, 18) regosoles calcáreos, regosoles eútricos, 20) cambisoles eútricos, regosoles eútricos, luvisoles cálcicos, 21) luvisoles cálcicos y 27) fluvisoles eútricos.

TIPOLOGIA DE SUELOS DETERMINADA EN CAMPO

Los resultados se recogen en las Tablas 9 y 10.

La tipología de suelos inferida en campo, da un poder discriminatorio moderado, pero coherente. Así, los

cambisoles eútricos, luvisoles cálcicos y luvisoles crómicos tienen cantidades bajas de carbonato cálcico equivalente y activo, y altas en hierro libre. Los regosoles calcáreos tienen cantidades altas de carbonato cálcico equivalente y los cambisoles eútricos poseen tasas altas de cuarzo y de

filosilicatos, lo que pone de manifiesto la naturaleza de los materiales originarios (generalmente micaesquistos y derrubios de micaesquistos). La conductividad del extracto de saturación es algo alta en los cambisoles átricos, regosoles calcáreos y fluvisoles cálcicos.

Es curioso constatar que el diagnóstico de tipo de suelo efectuado a través de la posición del punto muestral en el mapa 1:200.000 alcance a discriminar mayor número de varia-

bles que la clasificación "de visu", sin embargo, parece que las relaciones entre las variables discriminadas sean menos coherentes y justificables, lo que dá idea de que la construcción de unidades cartográficas lleva consigo una síntesis de propiedades ligadas unas veces a la tipología de suelos, otras a la fisiografía, a la litología, o al uso, que termina por producir una separación de propiedades más efectiva. Dicho de otra manera el cartógrafo tiene en cuenta

TABLA 9

*Resumen del análisis de la varianza de las muestras clasificadas por:
Tipo de suelo determinado en campo y uso de la tierra.*

VARIABLES	TIPO DE SUELO (CAMPO)		USO	
	GL 6 - 73		GL 3 - 78	
	F	VAREX	F	VAREX
Arena % (0-25 cm)	1.250	0.019	0.208	-0.030
Limo % (0-25 cm)	1.300	0.022	1.100	0.004
Arcilla % (0-25 cm)	1.149	0.004	0.136	-0.033
Mat. Org. g k ⁻¹ (0-25 cm)	1.102	0.008	2.527	0.054
N g k ⁻¹ (0-25 cm)	2.116	0.078	1.070	0.003
P mg k ⁻¹ (0-25 cm)	1.761	0.055	2.978*	0.068
K mg K ⁻¹ (0-25 cm)	0.401	-0.048	1.350	0.013
Ca CO ₃ equiv. g k ⁻¹	3.342**	0.151	0.266	-0.028
Ca CO ₃ act. g k ⁻¹	4.817**	0.225	0.679	-0.012
W 1/3 m ³ /m ³ (0-25 cm)	2.010	0.071	1.572	0.021
W 15 m ³ /m ³ (0-25 cm)	1.473	0.035	0.399	-0.023
Fe libre g k ⁻¹ (0-25 cm)	7.028**	0.314	0.950	-0.002
pH (0-25 cm)	0.768	-0.018	5.141**	0.133
CE 25 mS (0-25 cm)	1.283	0.021	0.844	-0.006
Filosilic. % (0-25 cm)	2.031	0.073	0.914	-0.003
Cuarzo % (0-25 cm)	3.190**	0.143	0.766	-0.009
Feld. K % (0-25 cm)	0.542	-0.036	0.435	-0.021
Plagioclasa % (0-25 cm)	0.583	-0.033	1.192	0.007
Calcita % (0-25 cm)	2.484*	0.101	0.152	-0.032
Dolomita % (0-25 cm)	1.493	0.036	0.360	-0.024
Yeso % (0-25 cm)	1.322	0.024	4.921**	0.127
	P 0.5 = 2.22 *		P 0.5 = 2.72 *	
	P 0.1 = 3.05 **		P 0.1 = 4.04 **	

no sólo las características del suelo sino también las del ambiente circundante.

USO DE LA TIERRA

Los usos establecidos han sido cuatro:

- 1) Forestal.
- 2) Cultivos de secano.
- 3) Pastizales y monte bajo.
- 4) Regadío.

Los resultados del análisis de la varianza y los valores medios se recogen en las Tablas 9 y 11.

El uso de la tierra implica muy poca selección de propiedades. Cabría esperar que aparecieran diferencias entre los contenidos de materia orgánica de los suelos cultivados y

no cultivados, pero tal diferencia no es significativa en el análisis de la varianza.

En el horizonte superficial sólo aparecen diferencias significativas en fósforo extraíble, pH y contenido en yeso. Los suelos de cultivo (secano y regadío) tienen contenidos en fósforo superiores a los de uso forestal y pastizales, lo que es debido, sin duda, a efectos del abonado.

Los suelos de regadío tienen un pH algo más bajo que el resto, lo que podría ser debido principalmente a su mayor lixiviación.

Finalmente, los suelos yesosos se encuentran predominantemente en terrenos no labrados, ocupados por matorral bajo o pastos, lo que puede reflejar un efecto de la selección por

TABLA 10

Tipo de suelo campo.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7
Número de datos.	3	31	33	4	2	3	4
Ca CO ₃ equi.	2.0	405.0	377.0	354.0	65.0	16.0	239.0
Ca CO ₃ acti.	3.0	118.0	119.0	99.0	43.0	8.0	65.0
Fe libre	1.3	0.4	0.6	0.4	1.1	1.0	0.7
Cuarzo	46.0	17.1	23.4	16.3	1.4	45.0	30.5
Calcita.	0.0	25.2	30.0	26.7	7.0	1.5	15.5

TABLA 11

Uso de la tierra.

Grupo	1	2	3	4
Número de datos.	19	46	14	3
Fósforo	8.6	12.1	4.9	15.0
pH	7.6	7.7	7.7	7.2
Yeso	2.2	0.2	10.0	0.0

Medias de los diferentes grupos: Tipo de suelo, (campo) 1) cambisoles eútricos, 2) regosoles calcáreos, 3) cambisoles cálcicos, 4) fluvisoles cálcicos, 5) luvisoles cálcicos y 7) luvisoles crómicos-cambisoles eútricos.

Uso de la tierra: 1) forestal, 2) cultivos de secano, 3) pastos y 4) cultivos de regadío.

parte del usuario del uso dado al suelo en función de sus características.

CONSIDERACIONES GENERALES

De los criterios de clasificación utilizados, hay algunos que apenas tienen influencia sobre la discriminación de las propiedades. Tales son por ejemplo, la clasificación en unidades fisiográficas y el uso del suelo.

En el resto, sólo se consigue una separación significativa entre las medias de los grupos en 5 a 13 de las variables determinadas (21 en total). Las clasificaciones que consiguen una discriminación sobre mayor número de variables son:

- 1) La clasificación textural según el análisis mecánico determinado en laboratorio (13 variables).
- 2) La litología de los materiales determinada en campo (11 variables).
- 3) El mapa básico de suelos a escala 1:200.000 (10 variables).

Todas las variables son discriminadas alguna vez en alguna de las clasificaciones. Las que han sido discriminadas más veces, han sido los contenidos en arena, limo, carbonato cálcico activo, la calcita y la retención de agua a 1/3 y a 15 bares, el contenido en cuarzo y el hierro libre.

Las variables discriminadas el menor número de veces han sido: el contenido en materia orgánica, N, P, K, pH, conductividad del extracto de saturación, feldespato potásico, dolomita y yeso. Hay que hacer notar que, desgraciadamente, muchas de ellas son esenciales para enjuiciar el comportamiento agronómico del suelo.

Otro aspecto a considerar es el siguiente: a grandes rasgos, la existen-

cia de un poder discriminante en la clasificación puede enjuiciarse a través del test de F que suministra el análisis de la varianza. Sin embargo hay que hacer notar que una separación altamente significativa entre medias, no implica necesariamente, que la distancia entre las medias sea grande. Una diferencia minúscula y sin relevancia desde un punto de vista práctico, puede aparecer como altamente significativa si el tamaño de la muestra es suficientemente grande. Más importancia tiene la varianza explicada: esto es, la proporción de la varianza total de los datos achacable a su pertenencia a los grupos o clases de la clasificación. Si la varianza explicada por la clasificación es alta, se cometerá un error pequeño al adjudicar a un punto el valor correspondiente a la media de la clase a la que pertenece. Dicho de otro modo, la predicción será buena.

En los resultados obtenidos, puede observarse que una variación explicada alta sólo se alcanza en las variables que han sido utilizadas para construir la clasificación, por ejemplo, las fracciones granulométricas, arena, limo, arcilla en la clasificación textural. Esto es, en cierto modo, un resultado banal; pero, paralelamente, se alcanza una varianza explicada alta en aquellas variables que tienen un alto grado de relación con la textura, como ocurre con las retenciones de agua a 1/3 y 15 bares. En el caso señalado, la varianza explicada alcanza niveles superiores al 60% e, incluso, muy próximos al 90%.

En el resto de las clasificaciones, la varianza explicada, salvo casos excepcionales, está comprendida entre el

7 y e 39%, lo que es, evidentemente, un valor muy bajo.

En consecuencia, la expectativa de poder hacer predicciones fiables sobre las propiedades de los suelos basándonos en su pertenencia a un grupo o clase definidos "a priori", es mala. Dado que, sin embargo, la predicción es una de las metas principales de las clasificaciones, sería muy conveniente analizar las razones de este aparente fracaso y sacar conclusiones para mejorar en el futuro el rendimiento de las clasificaciones. No estamos en condiciones de intentar un análisis exhaustivo, pero sí se puede apuntar algunos hechos curiosos orientativos.

En la clasificación según el análisis granulométrico e incluso en las clasificaciones litológicas, ya sean de campo o de laboratorio, se consigue una discriminación, textural, de propiedades de retención de agua y composicional que no se refleja debidamente en los mapas de pequeña escala analizados, lo que implica, que se conseguirá una mayor eficacia en la predicción cuando se levanten mapas a escalas más detalladas, en las que las unidades taxonómicas se subdividan de acuerdo con la litología de los materiales originales y la textura de los horizontes superficiales. Esto implicaría bajar a una categoría de clasificación análoga a la de las series (de la Soil Taxonomy). La identificación de unidades cartográficas en el campo exige un enjuiciamiento correcto de la textura por medios manuales y sin ayuda de técnicas analíticas de laboratorio. Es muy deseable el proporcionar un buen entrenamiento al personal dedicado al levantamiento de mapas de suelos en las técnicas de determina-

ción textural e identificación de materiales en campo.

Por otro lado, el fracaso discriminatorio de las clasificaciones puede achacarse a tres efectos superpuestos;

A) Error en los métodos analíticos.

B) Error en la identificación y diagnóstico de características del suelo y de su entorno por parte del personal que levanta el mapa, ya sea por falta de conocimientos o de entrenamiento adecuado.

C) Deficiencias inherentes a la misma estructura de la clasificación.

Las dos primeras son subsanables, hasta cierto punto, por mejoramiento de las técnicas y de las personas que las utilizan.

La tercera causa, es más difícil de remediar, pues implica un cambio profundo en la filosofía de la clasificación.

Las clasificaciones al uso actualmente, de concepción linneana, utilizan unas pocas propiedades como caracteres diferenciadores, con un juicio apriorístico de que esos caracteres son los que mejor expresan la esencia de los objetos clasificados (Sneath *et al.*, 1962). La jerarquización de clases en categorías se efectúa en base a consideraciones de tipo genético principalmente. Una consecuencia indeseable de este proceder es que las propiedades que son discriminadas por la clasificación, se restringen casi únicamente, a las que utilizan como caracteres diferenciadores, y resulta falsa la suposición de que otras, propiedades colaterales también serán separadas a la vez.

Lo dicho implica la necesidad creciente de incrementar en la cons-

trucción y/o perfeccionamiento de la clasificación, la filosofía adansoniana (Sneath and Sokal, 1962, 1973); es decir, construir la clasificación a partir de las agrupaciones de propiedades (Clasificación numérica en base a técnicas de análisis multivariante). Los estudios generados por clasificaciones numéricas pueden contradecir en algún caso los prejuicios genéticos introducidos en las clasificaciones convencionales (las agrupaciones genéticas pueden no coincidir con las agrupaciones fenéticas). En los casos en que las agrupaciones

generadas por taxonomía numérica contradijeran la doctrina común genética, tales agrupaciones serían evidentemente rechazadas. Por otro lado, las agrupaciones fenéticas necesitan el conocimiento previo de un número grande de caracteres de los individuos a clasificar, lo que las hace inutilizables en el trabajo de campo. Por lo tanto, lo que se propone no es sustituir un tipo de clasificación por otro, sino el servirse de la taxonomía numérica para refinar y hacer más efectiva la clasificación convencional.

CONCLUSIONES

Un análisis de la varianza pone de manifiesto que los diversos criterios de clasificación aplicados al conjunto de las muestras apenas presentan poder discriminatorio con referencia a las propiedades. El menor grado de discriminación lo presentan las clasificaciones fisiográficas y de uso actual del suelo. Las clasificaciones que consiguen una

discriminación sobre mayor número de variables son la textura, la litológica y las básicas utilizadas en los mapas edafológicos.

El bajo poder predictivo encontrado en las clasificaciones hace aconsejable el uso de técnicas de taxonomía numérica para refinar y hacer más efectivas a las clasificaciones convencionales.

BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, L. E., 1973. Oversaturation Methods for preparing Saturation Extracts for Salinity. *Soil Sci.*, 116: 65-69.
- BECKETT, P. H. T. and WEBSTER, R. 1965. A Classification System for Terrain. Report no. 872, Military Engineering Experimental Establishment, Christchurch.
- COMISION DE METODOS ANALITICOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA "JOSE MARIA ALBAREDA", 1973. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos I. pH, materia orgánica y nitrógeno., *An. Edaf. Agrobiol.*, 32: 1153-1172.
- COOLEY, W. W. and LOHNES, P. R., 1971. *Multivariate data analysis*. Wiley and Sons, New York.
- GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS, 1976. Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos II. Potasio, calcio y magnesio., *An. Adafol. Agrobiol.*, 35: 813-842.

INTRODUCTION

The words, "Dutch elm disease", bring to mind the colossal disaster which has been affecting the native elms (*Ulmus* spp.) of Europe and North America since 1970. The most prized species *U. carpinifolia* Gl., once found abundantly in central southern Europe, has been disappearing in the form of a tree but still survives in the form of a bush (Brasier, 1983). One of the most successful remedies for the deadly effects of the disease has been the breeding of hybrid elm clones resistant to the causal fungus, *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannfeldt. Further studies are going on to create new clones which could more easily adapt to various environments and which would be even more resistant to the disease.

Propagation of elm clones is commonly carried out by grafting since the procedure does not present any major difficulties. However, graft incompatibility is rather common.

Propagation is very seldom carried out using cuttings. In fact, few

reports on elm propagation from cuttings (Bretz, 1949; Ouellet, 1962; Jobling, 1965; Whalley, 1979; Schreiber, 1973; Schreiber and Kawase, 1975; Saul and Zsuffa, 1978), have appeared in the literature. Data from these studies have shown that among the few clones which can be easily rooted, softwood cuttings give better results than hardwood cuttings. The use of root cuttings (Tchernoff, 1963; Schreiber, 1963; Kramer, 1967) and *in vitro* propagation (Dorion *et al.*, 1987; Durzan and Lopushanski, 1975) to obtain self-rooted material has also been investigated.

Since propagation by cuttings is the easiest way to get selfrooted material, we investigated the factors involved in the rooting of elm cuttings.

In this paper, the first results of a study on the vegetative propagation of the elm are reported. The type of cuttings, time of cutting collection, the effect of auxin treatments and environmental conditions for rooting, were studied.

MATERIALS AND METHODS

Rooting of hardwood cuttings

Three clones were used: C6 (*U. carpinifolia*, Olmo di Campagnola); 454 [(*U. glabra* × *U. wallichiana*) × (*U. hollandica* self), "Lobel"]; 44/11 (*U. pumila* × *U. japonica*, "Sapporo Autumn Gold"). Collection took place on November 8 and December 18, 1987 and on January 28 and February 28, 1988. Thirty cm long cuttings of C6 were taken from

self-rooted four-year old trees; 30 cm long cuttings of 454 and 44/11 were obtained from seven year old grafted trees.

Immediately after collection, rooting was carried out in the open in a thermostatically heated bench (18-20 °C at the base of the cuttings). A numerically balanced mixed batch of the clones was used.

The rooting medium used was

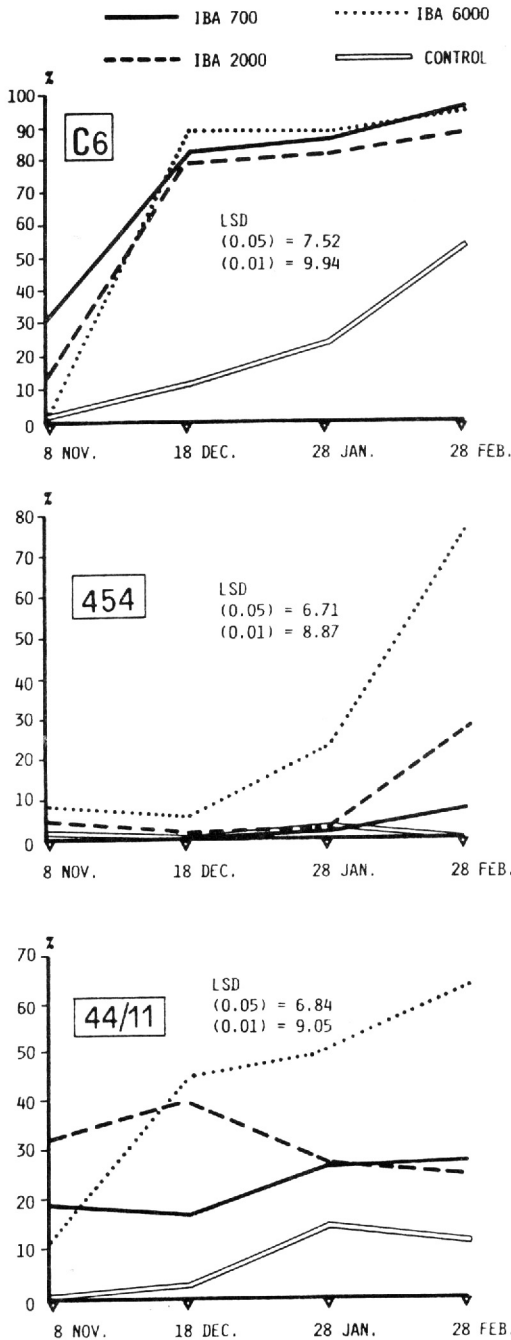


FIG. 1.—Rooting (%) of C6, 454 and 44/11 from hardwood cuttings in heated bench collected at four different times in winter (1987-88).

perlite; no covering was used so that the upper part of the cuttings remained in a cold environment.

Humidity of the rooting medium was maintained at a constant level through irregular irrigation.

The base of each cutting was dipped into IBA (30% ethanolic solution in distilled water) for 5 seconds at different concentrations: 700, 2000, or 6000 mg L⁻¹. Controls were dipped into the ethanol solution without IBA. Each treatment was carried out on 100 cuttings (10 replicates), for a total of 400 cuttings per clone, and for each rooting period (Winter and summer). The percentage of cuttings which had rooted and the root growth (number × length of the roots) were recorded one month from the start of the procedures.

The data collected, expressed as percentage values, were transformed into angular values. ANOVA test was applied for each taking period.

Rooting of softwood cuttings

The plant material employed for the assay was collected on June 4, July 24, and September 3, 1988 from the same sources as those specified above, and immediately employed. Ten 15 cm long cuttings, with two expanded leaves, were used. The base of each cutting was dipped into IBA (25% ethanol) for 5 seconds at concentrations of 300, 1000 or 3000 mg L⁻¹. Controls were dipped into the ethanol solution without IBA.

Each of the four treatments was directed at 100 cuttings (10 replicates) for a total of 400 cuttings for each collection date.

Rooting was carried out in a

greenhouse under intermittent mist; perlite was used as the rooting medium.

Data were recorded and then elaborated as described above, one month after collection of the cuttings.

RESULTS

Rooting of hardwood cuttings

Rooting percentages are reported in figure 1; and the root growth (number \times length of root) in figure 2.

The rooting ability of the tested clones varied considerably in relation to the collection time, the genotype, and the concentration of IBA. As for the controls, the best results (55%) were obtained using C6. Under the same conditions, only 12% of the 44/11 clone took root while no rooting was noted when untreated controls of 454 were considered.

When IBA was applied at a concentration of 6000 mg L⁻¹ in February, 97% of the C6 samples took root as did 64% of the 44/11 and 77% of the 454 clones.

The best period for rooting the hardwood cuttings of the three clones was in February (1988) i.e. approximately one month before natural flushing, as shown by the rooting percentages (Fig. 1). Root growth was most successful during that period (Fig. 2). Cuttings taken in November (1987) gave the poorest results (Fig. 1).

When the highest concentrations of IBA were applied, very good rooting results were noted in 454 and 44/11. Rooting did not occur without application of this growth substance. Appreciable improvement of rooting was noted in the easy-to-

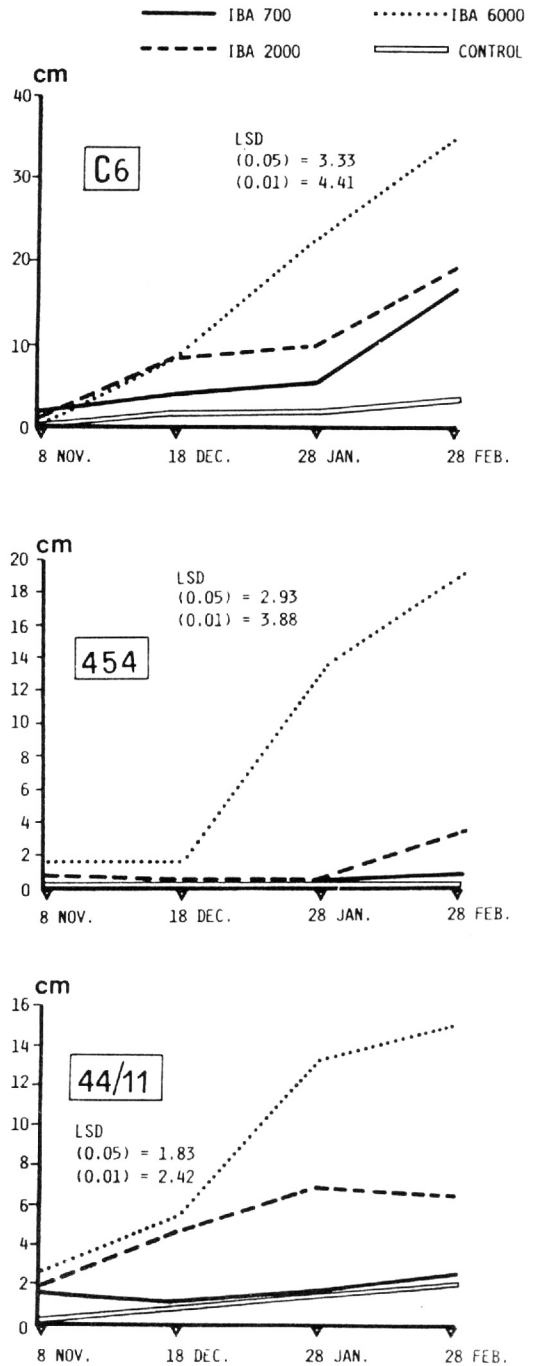


FIG. 2.—Root growth (number \times length of roots) of C6, 454 and 44/11 in winter rooting (1987-88).

-root C6 clone after the application of IBA, even if differences among the three concentrations of IBA were not statistically significant.

Rooting of softwood cuttings

Rooting ability appears to be related to the collection time of the samples. Rooting in the easy-to-root clone, C6, dropped from 99 % in June (1988) to only 20 % in September (1988). The best rooting period was different for each clone: the beginning of June was best for C6 and 44/11, while the end of September was optimal for 454.

Untreated softwood cuttings of C6 and 44/11 rooted reasonably well during the summer months as opposed to untreated hardwood cuttings in winter. The untreated clone 454 did not root (Fig. 3; Fig. 4), even in summer.

Though IBA enhanced the rooting of the cuttings during these favourable periods, it had little or no effect during the other periods. IBA, at a concentration of 1000 mg L⁻¹ seemed to give the best response in the 3 clones under study.

Root growth trends paralleled those of the rooting ones.

DISCUSSION

According to the literature, elm propagation, based on rooting potential, varies among and within the elm species (Schreiber and Kawase, 1975; Saul and Zsuffa, 1978). The literature has also suggested that hardwood cuttings are more difficult to root than the softwood ones (Tchernoff, 1963; Joblings, 1970; Schreiber, 1973). Our experiments confirmed the first statement. In our study, individual samples of *U. carpinifolia* were able to be propagated from softwood as well as hardwood cuttings. However, the other two clones of hybrid origin (44/11 and 454) furnished satisfactory results only during certain time periods and only when growth substances had been added. No notable differences were observed in the rooting percentages obtained either from the softwood cuttings in the months tested or from the hardwood ones, when winter rooting was performed in a heated bench.

When hardwood cuttings were used rooted plantlets were able to arrive at a height of 1.5-2 m at the end of the first year. This same result was obtained in the second year using softwood cuttings. Whalley (1979) also had good rooting results with the clone "Commelin" using hardwood cuttings in a heated bin. However, he found difficulty in transplanting the rooted cuttings into the field in winter. We have had similar results: survival of the softwood cuttings seems better than that of the hardwood ones rooted in heated bench (data not reported).

It is well-known that collection time affects rooting success (Hartman and Kester, 1983). As far as the elm is concerned, Jobling (1965) found that the success rate with softwood cuttings is usually greater at the beginning of the summer than at the end. Schreiber (1963) showed that, with root cuttings, the greatest

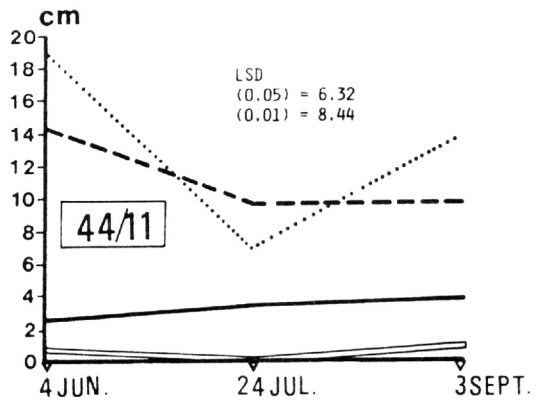
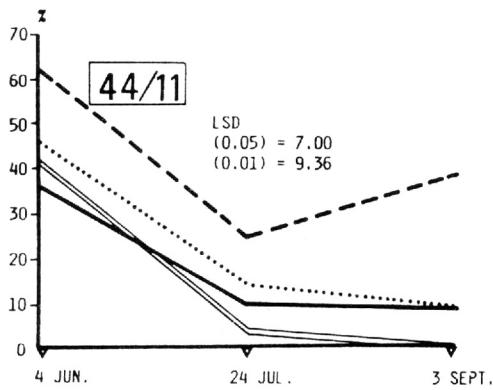
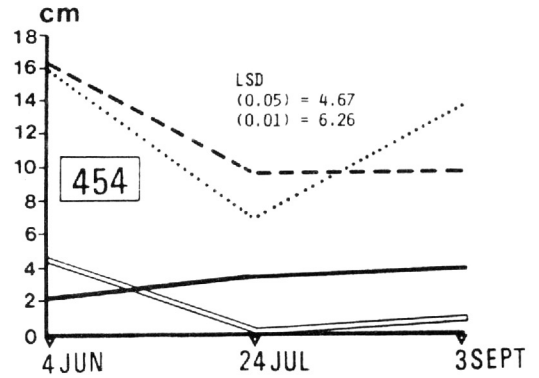
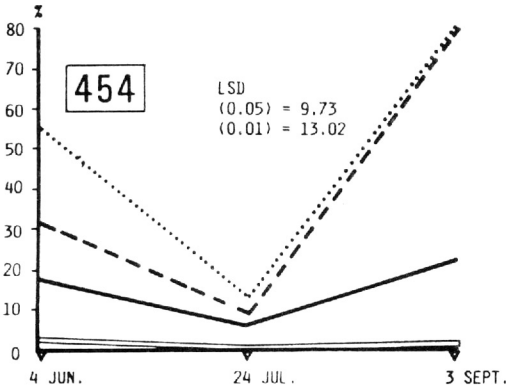
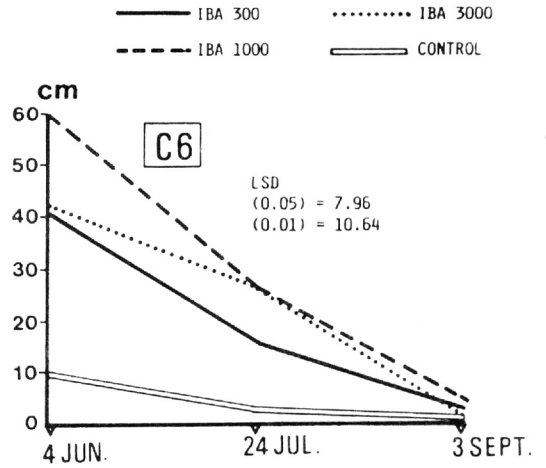
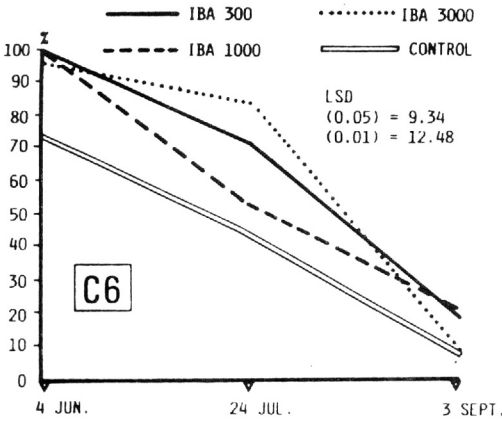


FIG. 3.—Rooting (%) of C6, 454 and 44/11 from softwood cuttings in mist greenhouse collected at three different times in summer (1988).

FIG. 4.—Root growth (number x length of roots) of C6, 454 and 44/11 in summer rooting (1988).

percentage of rooting occurs in November and decreases through June.

In the present experiments, our results showed that the collection time was indeed very important. In fact, from the first half of December to the end of February, the rooting percentage of hardwood cuttings increased. The choice of when to root the clones was critical: clone 454 showed good rooting potential only in February.

The effect of the collection time on the softwood cuttings was quite interesting. Two out of the three clones tested, C6 and 44/11, gave similar results to Jobling's finding: i.e., the number of softwood cuttings which took root dropped at the beginning of the summer. Unexpectedly, the third clone, 454, showed the best rooting results, in September, while C6 showed the worst ones. Therefore, not only may the collection time be critical for elm rooting, but it may differ among various individual samples of the same species.

Since treatment of cuttings with growth substances has often shown a positive effect on rooting (Schreiber, 1973), it is now in general use (Jobling, 1970; Schreiber and Kawase, 1975). In the present experiments, our results showed that IBA was beneficial: rooting percentages increased as did length and the number of rootlets (root growth).

The gains obtained seem to be genotype dependent. The rooting percentages of clone 454, which under control conditions were less than 5% climbed to 80% when IBA was used. On the other hand, the control clone 44/11 showed higher rooting potential than did the control clone 454. However, even with the addition of IBA, clone 44/11 did not show the same positive results as did clone 454. It seems clear that growth substance supply is an important factor as regards root formation in clone 454 while it is less important in clone 44/11. During other experiments on elm propagation with other clones we found several cases in which the situation of the clones 454 and 44/11 was reproduced. Therefore, the effect of the growth substance supply is most likely genotype-dependent. It should be stressed that treatment with IBA was ineffective during unfavourable collection times.

During winter rooting, the treated clone, C6, showed the most noteworthy increase in rooting percentage among the clones tested between November and December. However, this result does not correspond to the quality of the rooting since the best quality results for the 3 clones took place in February. The quality of the roots and of the rooting ability of the clones overlap in summer.

CONCLUSIONS

Two out of the three elm clones tested (C6 and 454) gave satisfactory rooting responses in winter as

well as in summer. However, minor differences were found. The time period in which cuttings are collec-

ted (hardwood cuttings in winter and softwood cuttings in summer) is critical for root formation. The best period is the same for the three clones in winter rooting but not in summer. In winter the clones rooted much better in February than during other months. In summer, two of the clones, rooted better in June while the third one so at the end of September.

The effect of the IBA supply on

rooting was more or less beneficial. However, the genotype was the most important factor. It was ineffective at improper rooting times. The best IBA concentrations seem to be 6000 mg L⁻¹ for hardwood cuttings and 1000 mg L⁻¹ for softwood cuttings.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Authors gratefully acknowledge the technical help given by Mr. A. Fagnani and Mr. C. Messeri.

REFERENCES

- BRASIER, C. M., 1983. The future of Dutch elm disease in Europe. In: Research on Dutch elm disease in Europe. Forestry Commission Bulletin, 60: 96-104. HMS, London.
- BRETZ, T. W., 1949. Leaf-bud cuttings as a means of propagating disease-resistant elms. Plant Disease Repr., 33: 434-6.
- DORION, N., DANTHU, P. and BIGOT, G., 1987. Multiplication vegetative in vitro de quelques especes d'ormes. Annales de Sciences Forestieres, 44: 103-118.
- DURZAN, D. J. and LOPUSHANSKI, S. M., 1975. Propagation of American elm via cell suspension cultures. Can. J. Forest Research, 5: 273-277.
- HARTMAN, H. T., KESTER, D. E., 1983. Plant propagation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- JOBLING, J., 1965. Elms: propagation and establishment studies. In: Rep. For. Res. For. Comm., London, 1963/64: 44-46.
- JOBLING, J., 1970. Aspects of propagation in Forestry. In: Combined Proc., International Plant Propagator Soc., 20: 342-51.
- KRAMER, A., 1967. (Propagation of elms using cuttings taken from root callus). Phytopath. Lab. "Willie Commelin Scholten" Baarn, The Netherlands, 2.
- OUELLET, C. E., 1962. Facteur pouvant influencer la multiplication de l'orme d'Amerique (*Ulmus americana*) par boutures de rameaux feuilles. Can. J. Pl. Sci., 42: 150-62.
- SAUL, G. H. and ZSUFFA, L., 1978. Vegetative propagation of elms by green cutting. In: Combined Proc., International Plant Propagators Society, Boulder, Colorado, 28: 490-494.
- SCHREIBER, L. R., 1963. Propagation of American elm, *Ulmus americana*, from root cuttings. Plant Dis. Repr., 47: 1092-3.
- SCHREIBER, L. R., 1973. Hydroponic rooting of cuttings of American elm, *Ulmus americana* L. J. Amer. Soc. Hort. Sc., 98: 402-406.
- SCHREIBER, L. R. and KAWASE, M., 1975. Rooting of cuttings from tops and stumps of American elm. HortScience, 10: 615.

TCHERNOFF, V., 1963. Vegetative propagation of elm by means of shoots cut from callused roots. Acta bot. Neer., 12: 40-50.

WHALLEY, D. N., 1979. Propagation of ornamental trees and shrubs by dormant leafless (hardwood) cuttings. Arboricultural J., 3: 499-512.

Recibido: 24-1-91.
Aceptado: 4-10-91.