



6CFE01-057

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Caracterización paramétrica del Fresno de flor (*Fraxinus ornus* L.) en la Comunidad Valenciana

PERIS RODRIGO, J.E.¹, DEL CAMPO GARCÍA, A.D.² y LIDÓN CEREZUELA, A.L.²

¹ Centro de Protección Vegetal y Biotecnología. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), 46113 Moncada, Valencia.

² Grupo Re-Forest, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, S/N 46022 Valencia

Resumen

La autoecología paramétrica es la herramienta necesaria para determinar las condiciones ecológicas ideales de cada especie, definiendo su hábitat central y marginal respecto a una determinada variable ecológica. Actualmente no se conoce ningún estudio de autoecología paramétrica del fresno de flor (*Fraxinus ornus* L.). En este trabajo se realizó un estudio exploratorio sobre 18 poblaciones de fresno de flor, que representan un total de 108 árboles muestreados distribuidos por el territorio valenciano. En cada muestreo se estudiaron las variables fisiográficas, climáticas, edáficas y bióticas. Con todos los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico descriptivo y se definió el hábitat central para cada variable muestreada. También se estudiaron las relaciones entre variables autoecológicas y la calidad de las poblaciones mediante correlaciones lineales. De esta manera se determinaron las variables significativas que determinan el hábitat del fresno de flor y se caracterizó la calidad de las masas de fresnos de flor en la Comunidad Valenciana.

Palabras clave

Hábitat edáfico, fisiográfico, climático, central, marginal.

1. Introducción

La autoecología paramétrica se ha convertido en una herramienta muy útil a la hora de elegir las especies para realizar una repoblación (GANDULLO y SÁNCHEZ-PALOMARES, 1994). Gracias a esta herramienta se pueden conocer los requerimientos ecológicos óptimos de una determinada especie; esto permite racionalizar los esfuerzos y realizar repoblaciones de una determinada especie allí donde se den sus necesidades y condiciones ecológicas ideales.

En la Comunidad Valenciana se han repoblado 23000 hectáreas en el periodo 2003 - 2008, principalmente con especies de carácter primario como el *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Quercus ilex*. El objetivo principal de estas repoblaciones es proteger el suelo de la erosión hídrica, pero no se debe olvidar otros objetivos de las repoblaciones forestales como fomentar y aumentar la biodiversidad y restaurar la función paisajística del sistema forestal. Dentro de estos objetivos adquiere gran importancia la utilización de especies secundarias a la hora de realizar una repoblación.

En los últimos 30 años el fresno de flor se ha utilizado muy escasamente en las repoblaciones realizadas en la C. Valenciana (PÉREZ-BALDÓ, 2002). Este hecho ha provocado que la superficie arbolada valenciana presente una deficiencia importante en

especies frondosas y caducifolias en micrositios favorables en comparación con la superficie arbolada de otras comunidades de clima similar.

No es aconsejable repoblar únicamente con especies principales sino que es necesario introducir también otras especies que se adapten a las condiciones ecológicas y aporten riqueza y variedad al ecosistema forestal (SERRADA, 2000). Actualmente los trabajos de autoecología son una herramienta casi indispensable para planificar una repoblación por su utilidad a la hora de elegir las especies más adecuadas. Muchas especies secundarias o accesorias podrían emplearse más frecuentemente en repoblaciones si se dispusiera de estudios de autoecología paramétrica. Entre ellas está el fresno de flor (*Fraxinus ornus* L.).

El fresno de flor es un árbol mediterráneo, caducifolio de la familia de las Oleáceas. Puede alcanzar una altura de hasta 20 m aunque habitualmente no supera los 10 m. Las hojas están formadas entre 5 y 9 foliolos (LÓPEZ, 2004). Se encuentra en las umbrías de las montañas, barrancos húmedos y frescos de clima mediterráneo, en suelos profundos y frescos; forma pequeños bosques mixtos junto con otras especies caducifolias como sauces, chopos, olmos, tilos, etc. Soporta bien las podas drásticas y rebrota de raíz después del fuego (PELLICER, 2000).

En la Península Ibérica habita las montañas del este peninsular principalmente fondos de valle y bosques de ribera. Su floración es muy vistosa en forma de panículas terminales o axilares, razón por la que se ha utilizado en jardinería como ornamental. El fruto es una sámara con forma de lengüeta que facilita su diseminación por aire y agua. Polinización ambófila ya que puede ser polinizada tanto por insectos como por el viento. Se trata de una especie vecera (GARCÍA-FAYOS, 2001) y androdioica. Recolección de frutos para vivero en otoño.

2. Objetivos

Los objetivos marcados en este trabajo son ampliar el conocimiento de la ecología del fresno de flor en la C. Valenciana. Para ello se ha caracterizado el hábitat fisiográfico, climático, edáfico y biótico del *Fraxinus ornus* mediante 18 muestreos de poblaciones distribuidas en el territorio valenciano. Se ha caracterizado la calidad de las poblaciones muestreadas. Se ha realizado un análisis conjunto de todas las variables ecológicas para identificar los gradientes ecológicos determinantes del hábitat actual y definir la calidad del hábitat. Por último se ha tipificado paramétricamente la especie.

3. Metodología

Para realizar el estudio se muestrearon 18 poblaciones de fresnos de flor distribuidos por el área de distribución del fresno de flor en la Comunidad Valenciana escogidas de las localizaciones descritas por el Banc de Dades de Biodiversitat de la Generalitat Valenciana. En la Tabla 1 se muestra las coordenadas y término municipal de cada población.

Los muestreos se realizaron durante los meses de noviembre y diciembre de 2011, guiándose por el GPS hasta localizar las poblaciones seleccionadas. Cada ubicación seleccionada está formada por entre 6 y 20 árboles y ocupa una superficie entre 30 y 540 m². De cada población se seleccionaron 6 árboles representativos del resto muestreándose un total de 108 árboles.

Tabla 1. Poblaciones muestreadas de fresno de flor

Población	Término municipal	Coordenadas		
		x	y	z (m)
1	Alzira	727755 E	4334529 N	189
2	Alzira	727908 E	4334551 N	318
3	Alzira	727620 E	4334606 N	298
4	Bunyol	677400 E	4364610 N	793
5	Aiora	677569 E	4318776 N	778
6	Bunyol	676241 E	4365175 N	752
7	Ibi	716982 E	4277840 N	982
8	Xixona	716731 E	4273145 N	939
9	Cofrides	738815 E	4285699 N	708
10	Cocentaina	724655 E	4289549 N	465
11	Bicorp	686986 E	4334371 N	564
12	Bicorp	687017 E	4334429 N	494
13	Estubeny	705683 E	4321870 N	106
14	Bicorp	688797 E	4332247 N	296
15	Millares	693890 E	4344815 N	339
16	Millares	692654 E	4345003 N	289
17	Xiva	688558 E	4373576 N	542
18	Xiva	683947 E	4375515 N	933

Muestreo de las poblaciones.

Para la toma de datos y recogida de muestras se estudió cada ejemplar con la finalidad de obtener los siguientes parámetros:

- Fisiográficos: se recogieron datos sobre la altitud (ALT) de cada población medida en el centro de la parcela con la ayuda de un GPS, la pendiente (PND) media medida con la ayuda de un clinómetro, orientación (OR), geomorfología (GEO) del terreno (cóncava, convexa, llana) y pedregosidad (PED) superficial existente.
- Edáficos: en el centro de cada parcela se recogió una muestra simple de suelo para su posterior análisis, midiendo previamente el grosor de la capa de mantillo (MAN) y retirando ésta en la toma de la muestra de suelo. Posteriormente se secó al aire durante 3 días y se tamizó la muestra para separar la tierra fina (<2 mm) (TF) de los elementos gruesos (>2 mm) (TG). Se determinó la textura según el método del densímetro de Bouyoucos y se determinaron los porcentajes de arena (ARE), limo (LIM) y arcilla (ARC) según el criterio USDA. Se determinó el contenido en materia orgánica (MO) según el método de WALKLEY (1946). Se midió el pH (PH) y la conductividad eléctrica (CE) en un extracto acuoso 1:2,5 (v suelo/v agua). Se determinaron los carbonatos totales (CT) mediante el método del calcímetro de Bernard. Se determinó el nitrógeno total del suelo (NS) mediante el método de Kjeldahl.
- Bióticos: se contabilizó el número de pies de cada árbol (NUM), distancia entre ejemplares para obtener la densidad de fresnos por hectárea (DENS), altura (ALTR) de cada árbol utilizando el hipsómetro de Blume Leiss, diámetro del tronco (DIAM) más gordo a la altura normal, longitud máxima de la copa medida en dos direcciones perpendiculares con la finalidad de obtener el perímetro (PER) proyectado de copa utilizando la fórmula que calcula el perímetro de una elipse. En cada parcela se tomó el grado de cobertura (COB) vegetal del suelo.

Para la obtención de los datos climático se utilizaron las coordenadas tomadas con GPS en el centro de cada parcela para, con la ayuda del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (NINYEROLA *et al.*, 2005), obtener la precipitación primaveral (PP), precipitación estival (PE), precipitación otoñal (PO), precipitación invernal (PI) y precipitación total anual (PT), temperatura media anual (TM), temperatura media del mes más frío (TMF), temperatura mínima del mes más frío (TMIF), temperatura media del mes más cálido (TMC), temperatura máxima del mes más cálido (TMAC). A partir de estos datos se calculó la oscilación térmica (OSC) como diferencia entre TMAC y TMIF, la duración de la sequía (DSEQ) mediante el diagrama ombrotérmico de Gaussen, la evapotranspiración potencial anual (EVPTA) como suma de la evapotranspiración mensual (THORNTHWAITE, 1948), el superávit hídrico (SUP) sumando las diferencias entre las precipitaciones y las evapotranspiraciones potenciales en todos los meses en que superan a éstas, el déficit hídrico (DEF) sumando las diferencias entre las evapotranspiraciones potenciales y las precipitaciones en todos los meses en que aquellas superan a estas (THORNTHWAITE & MATHER, 1957), y por último el índice hídrico anual (IHA) según THORNTHWAITE & MATHER (1957).

Una vez realizadas las mediciones y análisis correspondientes se elaboró una cuadrícula con todos los datos recopilados para su posterior filtrado y corrección de posibles errores. Posteriormente se obtuvo el percentil y se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el programa IBM SPSS versión 12.0. Se calculó la distancia de cada observación al centro de gravedad del conjunto de observaciones. De esta manera y según la metodología descrita por GANDULLO y SÁNCHEZ-PALOMARES (1994) se determinó para cada parámetro numérico su media (M), límite inferior (LI) y superior (LS), su umbral inferior (UI) y superior (US) y la desviación estándar (σ); con estos valores queda definido el hábitat central (comprendido entre el umbral inferior y superior), el hábitat marginal inferior (comprendido entre el límite inferior y el umbral inferior) y el hábitat marginal superior (comprendido entre el umbral superior y el límite superior).

Con los parámetros no numéricos se realizó un histograma de frecuencias.

Se realizó un análisis factorial con la finalidad de simplificar las variables determinadas mediante el método de análisis de componentes principales. Para minimizar el número de variables con elevados pesos de un factor se realizó una rotación ortogonal de factores a través del método de la Normalización de Kaiser.

Las relaciones entre variables autoecológicas y la calidad de las poblaciones de fresno de flor se analizaron a través de una correlación lineal simple utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Se realizó un análisis de regresión lineal simple para determinar si las variables autoecológicas pueden ayudar a explicar las diferencias de calidad de las poblaciones. Para ajustar el modelo se seleccionó el método paso a paso (criterio para seleccionar una variable: probabilidad F para inclusión <0.05 ; probabilidad F para exclusión >0.10).

Modelo predictivo de calidad para los parámetros Altura y Diámetro.

Para determinar los parámetros ecológicos predictivos de la Altura y el Diámetro se realizó un análisis multivariable de regresión paso a paso hasta lograr un modelo con un buen coeficiente de determinación (R^2) que presente un buen ajuste de relación significativa.

4. Resultados

A continuación se muestran en la Tabla 2 los valores paramétricos que definen el hábitat del fresno de flor en la Comunidad Valenciana:

Tabla 2. Valores paramétricos del fresno de flor

Parámetros		LI	UI	M	US	LS	Intervalo	σ	unidades
Fisiográficos	ALT	106,0	189,0	543,6	939,0	982,0	750,0	25,8	m
	PND	2,0	5,0	23,2	45,0	50,0	40,0	1,4	%
	PED	4,0	5,0	16,4	30,0	90,0	25,0	1,9	%
Edáficos	MAN	0,5	0,7	2,3	4,0	5,0	3,3	0,1	cm
	TF	34,0	36,4	62,5	93,8	95,8	57,4	2,0	%
	TG	4,2	6,2	37,5	63,6	66,0	57,4	2,0	%
	ARE	8,2	10,5	32,0	60,8	72,4	50,3	1,8	%
	LIM	19,9	20,4	47,2	64,9	74,8	44,5	1,6	%
	ARC	6,0	7,8	20,8	42,2	57,1	34,4	1,2	%
	MO	2,7	3,8	6,4	9,3	9,4	5,5	0,2	%
	PH	7,8	7,9	8,2	8,4	8,5	0,5	0,0	
	CE	86,1	94,6	203,6	329,0	338,0	234,4	7,5	$\mu\text{S/cm}$
	CT	17,0	21,9	45,1	74,6	75,0	52,7	1,7	%CaCO ₃
	NS	1,1	1,3	2,4	4,2	5,4	2,9	0,1	%N total
Bióticos	NUM	1,0	1,3	2,7	4,1	7,0	2,8	0,3	pies
	DENS	44,0	78,4	255,5	460,6	680,0	382,2	39,2	árboles/ha
	ALTR	0,7	2,5	5,0	8,0	12,0	5,5	0,4	m
	DIAM	3,2	4,1	7,5	12,7	15,2	8,6	0,8	cm
	PER	3,3	5,1	7,7	11,7	12,3	6,6	0,6	m
	COB	55,0	70,0	82,2	99,0	100,0	29,0	1,2	%
Climáticos	PP	100,0	129,1	153,4	179,5	203,2	50,4	5,5	mm
	PE	47,7	58,7	72,0	89,8	102,5	31,1	3,3	mm
	PO	131,0	141,2	203,4	281,3	306,4	140,1	11,4	mm
	PI	95,4	114,1	166,9	222,3	243,4	108,2	9,1	mm
	PT	379,3	436,5	595,7	729,2	852,9	292,7	10,5	mm
	TM	12,0	12,9	14,9	17,3	17,4	4,4	0,2	°C
	TMF	4,6	5,2	7,4	10,2	11,2	5,0	0,4	°C
	TMINF	-0,4	0,3	2,6	5,7	6,7	5,4	0,2	°C
	TMC	21,8	22,7	23,9	25,1	25,3	2,4	0,1	°C
	TMAC	28,9	29,1	30,6	31,7	32,0	2,6	0,1	°C
	OSC	13,8	14,9	16,5	17,6	17,7	2,7	0,2	meses
	DSEQ	1,0	1,5	2,2	3,1	3,4	1,6	0,1	meses
	EVPTA	692,0	714,5	783,6	868,5	884,7	154,0	14,0	mm/año
	SUP	60,3	106,5	201,0	263,3	340,0	156,8	15,7	mm/año
	DEF	339,0	350,0	384,9	412,0	464,0	62,0	7,2	mm/año
	IHA	-24,4	-16,1	-4,2	2,7	13,2	18,8	2,1	

Respecto a los parámetros no numéricos:

- Orientación: el 55 % de las poblaciones se encontraron en orientación Noroeste y el 38 % en orientación Norte.
- Geomorfología: más del 80 % de las poblaciones habitan en laderas cóncavas.
- Clase textural: el 48 % de las poblaciones habita en suelos franco-limosos y el 20 % en suelos franco-arenosos.

Caracterización de la calidad de las masas

A continuación se muestran en color verde las relaciones significativas entre la calidad de las masas y los parámetros ecológicos (Tabla 3).

Tabla 3. Relación entre calidad de las masas y los parámetros ecológicos

Variable	Correlación	Pendiente	Oscilación térmica	EVPT invernal	EVPT otoñal	Duración de la sequía	pH	CE	Grosor del mantillo
Diámetro del pie (cm)	Correlación de Pearson	-.399	.282	-.292	-.314	-.258	-.542	.640	-.062
	Significación	.101	.258	.239	.205	.301	.020	.004	.807
	Nº	18	18	18	18	18	18	18	18
Altura máxima (m)	Correlación de Pearson	-.597	.529	-.514	-.509	-.524	-.415	.640	.690
	Significación	.009	.024	.029	.031	.026	.087	.004	.002
	Nº	18	18	18	18	18	18	18	18

Examinando las correlaciones anteriores puede inferirse que las poblaciones con mayor altura se encuentran en los terrenos con menor pendiente, con mayor oscilación térmica, con menor evapotranspiración invernal y otoñal, con menor duración de la sequía y con mayor grosor de mantillo. Respecto al parámetro diámetro se observa que los mayores diámetros se encuentran en los terrenos con menor pH y mayor conductividad eléctrica.

Modelo predictivo de calidad para los parámetros Altura y Diámetro

El valor del coeficiente de determinación (R^2) para el parámetro Altura es de 0.753 y para el parámetro Diámetro de 0.554. Las variables aparecen en la ecuación por orden de incorporación al modelo y todas son significativas. A continuación se muestran las ecuaciones de regresión múltiple que representa la mejor predicción posible para las variables:

$$\text{ALTURA} = 26,601 + (\text{Grosor mantillo} * 0,731) - (\text{Pendiente} * 3,53\text{E-}02) - (\text{pH} * 2,742)$$

$$\text{DIÁMETRO} = 66,762 + (\text{CE} * 2,302\text{E-}02) - (\text{pH} * 7,805)$$

5. Discusión

Una vez examinados los valores anteriores, se exponen los parámetros que se consideran más selectivos a la hora de definir la ecología del fresno de flor.

Desde el punto de vista fisiográfico, la mayoría de las poblaciones se encuentran en altitudes comprendidas entre 190 y 940 m, habita en pendiente moderada en torno al 20% desplazado, probablemente, como resultado de la exclusión de estas tierras por la agricultura. Hay una clara tendencia a orientaciones Noroeste y Norte donde predomina la umbría con veranos más frescos y húmedos. Respecto a la geomorfología, la mayoría de las poblaciones habitan laderas cóncavas. En estas laderas es mayor la profundidad y humedad del terreno ya que predomina el depósito frente a la erosión de materiales (SERRADA, 2000).

Desde el punto de vista climático destaca la necesidad de una mínima pluviometría estival de al menos 60 mm, con una precipitación anual mínima de 380 mm. Aunque el fresno de flor aguanta la sequía, necesita un poco de precipitación que atenúe las altas temperaturas estivales. Las precipitaciones otoñales e invernales son importantes para aumentar la reserva de agua en el suelo necesaria para el siguiente ciclo vegetativo. Temperaturas típicas de clima mediterráneo con oscilación térmica media de 16,5 °C, lo que muestra tendencia a habitar terrenos con inviernos suaves y veranos frescos, condiciones microclimáticas típicas de las zonas umbrías algo protegidas. Clasificación climática: según evapotranspiración (GANDULLO *et al.*, 1998) clima templado-cálido de inviernos tibios y según Thorthwaitte habita en clima mesotérmico. La duración de la sequía parece ser un parámetro selectivo ya que no se encontraron poblaciones en zonas con sequía superior a 3 meses ni en terrenos con déficit hídrico anual superior a 460 mm/año.

Respecto a los parámetros edáficos habita suelos de textura franca con alto contenido en materia orgánica comprendido entre 3.8 y 9.3 %. Estos son suelos donde el grado de cobertura vegetal es muy elevado, con mucha densidad de sotobosque que favorece la existencia de capas gruesas de mantillo (hábitat central comprendido entre 0.7 y 4 cm). Se ha comprobado la estrecha relación existente entre el contenido de materia orgánica en el suelo con el grosor del mantillo y éste con la cantidad de nitrógeno en el suelo, de manera que cuando una aumenta la otra también aumenta y cuando una disminuye la otra también disminuye. Todas las poblaciones muestreadas se encuentran en suelos alcalinos (media pH 8.2) con altos contenidos en carbonatos totales por tanto se define la especie como calcícola.

Respecto a los parámetros bióticos destacar el elevado grado de cobertura vegetal allí donde habitan los fresnos de flor. Este hecho hace de nuevo hace referencia a las orientaciones umbrías y fondos de valle donde los veranos son más frescos y húmedos, por tanto menor agostamiento estival que favorece el desarrollo del sotobosque. Escasean los fresnos de flor con un solo pie debido a la gran presión antrópica (talas y pastoreo) y al elevado número de incendios registrados en las últimas décadas.

La densidad de fresnos de flor es bastante baja lo que se traduce en una población relativamente joven de estado inmaduro, en proceso de crecimiento y madurez como consecuencia de la degradación de los últimos 50 años. Cabe recordar que se trata de una especie que no forma bosques monoespecíficos sino que forma bosquetes mixtos junto con otras especies. Por tanto la altura y el diámetro normal de las poblaciones son relativamente bajas si se compara con una población adulta pero encajan perfectamente si se habla de una

población joven en proceso de crecimiento y desarrollo. En cuando al perímetro de copa se presenta elevado para una población tan joven pero razonable si pensamos que no se trata de árboles de un único tronco sino de varios troncos/árbol, por tanto, copas más anchas que altas.

6. Conclusiones

El fresno de flor habita en altitudes comprendidas entre 200 y 1000 m, preferentemente orientaciones Noroeste y Norte, desplazado por la agricultura a terrenos con pendiente media, suelos de textura francas especialmente franco-limosa y franco-arenosa, geomorfología cóncava, precipitación anual total mínima de 379 mm con un mínimo de 60 mm repartidos en los meses de verano, clima mediterráneo con veranos frescos y suaves, soporta heladas fuertes, resiste la sequía estival siempre que no supere los 3 meses de duración, habita suelos con alto contenido en materia orgánica procedente de la hojarasca, grado de cobertura vegetal comprendido entre 70 y 100 %, especie calcícola. Presenta portes arbustivos generalmente con más de un pie/árbol.

7. Agradecimientos

Se agradece la colaboración prestada por los tutores A. del Campo y A. Lidón en la realización de la tesina final de máster titulada *Caracterització paramètrica del fleix de flor en la C. Valenciana*, sin la ayuda de los cuales no hubiera sido posible.

8. Bibliografía

GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. MAPA-ICONA. Colección Técnica. 188 pp. Madrid.

GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ-PALOMARES O.; MUÑOZ, L.A.; 1998. Una nueva clasificación climática para España. Ecología 12: 67-77. Madrid.

GARCÍA-FAYOS, P.; 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal en la C. Valenciana. Banc de Llavors Forestals. Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana. 82 pp.Valencia.

LÓPEZ, G.; 2004. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares. Mundi-Prensa. 894 pp. Madrid.

NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M.; 2005. Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. ISBN 932860-8-7 Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

PELLICER, J.; 2000. Costumari botànic. Edicions de Butllent. 288 pp. València.

PÉREZ-BALDÓ, F.; 2005. Las repoblaciones forestales en la C. Valenciana. Real Sociedad Económica de amigos del País. 161 pp. Valencia.

SERRADA, R.; 2000. Apuntes de Silvicultura. FUCOVASA. 77 pp. Madrid.

THORNTHWAITE C.W.; 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38, 55-94.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.; 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Centerton. New Jersey.

WALKLEY, A.; 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63, 251 – 263.