



intagri®

MANUAL DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

2a Edición

J.Z. Castellanos



Indice

	Página
1. Introducción	1
1.1 Historia del análisis de suelo	2
1.2 Taxonomía general de los suelos	4
1.2.1 Ordenes de suelos de la clasificación FAO-UNESCO	4
1.2.2 Ordenes de suelos de la clasificación USDA	7
2. El muestreo del suelo	9
2.1 Época de muestreo	10
2.2 Separación de áreas homogéneas o unidades de muestreo	11
2.3 Profundidad de muestreo	12
2.4 Intensidad de muestreo	13
2.5 Recolección de las submuestras	13
2.6 Preparación de la muestra compuesta	14
2.7 Identificación de la muestra	15
3. Propiedades físicas de los suelos	17
3.1 Color del suelo	17
3.1.1 Procedimientos de determinación del color	19
3.1.2 Interpretación de las notaciones de color	20
3.2 Textura del suelo	20
3.2.1 Procedimiento de determinación de textura	20
3.2.2 Agrupación de las texturas en grupos más amplios	22
3.2.2.1 Suelos de textura gruesa	22
3.2.2.2 Suelos de textura media	22
3.2.2.3 Suelos de textura fina o pesada	22
3.3 Parámetros de humedad del suelo	23
3.3.1 Punto de Saturación	23
3.3.2 Capacidad de campo	23
3.3.3 Punto de marchitamiento permanente	24
3.3.4 Humedad aprovechable	24
3.3.5 Conductividad hidráulica	25
3.3.6 Consistencia del suelo	27
3.3.7 Consistencia en seco	28
3.3.8 Consistencia en húmedo	28
3.3.9 Consistencia cuando muy húmedo	29
3.3.9.1 Pegajosidad	29
3.3.9.2 Plasticidad	30
3.3.9.3 Interpretación general de la consistencia y plasticidad	30
3.3.10 Densidad aparente	31
3.3.11 Penetrabilidad	32
4. Reacción del suelo	35
4.1 Manejo del pH	37
4.1.1 Suelos cercanos a la neutralidad	37
4.1.2 Suelos ácidos	37

Indice

4.1.3	Determinación de necesidades de cal y criterios de utilización	38
4.1.3.1	Curvas de titulación	39
4.1.3.2	pH buffer	40
4.1.3.3	El dato del aluminio intercambiable	40
4.1.4	Fuentes de encalado y sus características	43
4.1.5	Formas y frecuencias de aplicación de la cal hacia el suelo	46
4.1.5.1	Uniformidad en la aplicación	46
4.1.5.2	Incorporación al suelo	47
4.1.5.3	Aplicación con suficiente anticipación	47
4.1.5.4	Frecuencia de aplicación	47
4.1.5.5	Efecto de la especie vegetal	47
4.1.6	Suelos Andosoles	48
4.1.7	Suelos Alcalinos	48
4.1.8	Suelos Calcáreos	49
5.	Materia orgánica	51
5.1	Métodos de determinación	51
5.2	Papel de la materia orgánica del suelo	51
5.2.1	Efectos sobre las propiedades físicas	51
5.2.1.1	Densidad aparente	51
5.2.1.2	Velocidad de difusión de oxígeno	52
5.2.1.3	Penetrabilidad	52
5.2.1.4	Estabilidad estructural	53
5.2.1.5	Humedad disponible	53
5.2.1.6	Permeabilidad del suelo	53
5.2.1.7	Perdida de agua por evaporación	53
5.2.2	Efecto sobre la disponibilidad de nutrimentos	53
5.2.3	Efecto sobre la actividad microbiana	53
5.3	Descomposición de la materia orgánica	54
5.4	Interpretación de resultados de laboratorio	54
5.5	Tecnologías para incrementar la materia orgánica en el suelo	55
5.5.1	El uso de la labranza de conservación	56
5.5.2	Los abonos orgánicos y sus disponibilidades nutrimentales	57
5.5.2.1	Nitrógeno	57
5.5.2.2	Fósforo	58
5.5.2.3	Potasio	60
5.5.2.4	Consideraciones sobre el uso de los abonos orgánicos como fuentes de nutrimentos	60
6.	Criterios generales de interpretación de los niveles nutrimentales en el suelo	61
6.1	Clase de interpretación de los análisis de nutrimentos en el suelo	62
6.1.1	Muy bajo o deficiente	63
6.1.2	Bajo	63
6.1.3	Moderadamente bajo	63
6.1.4	Medio o suficiente	63
6.1.5	Moderadamente alto	63
6.1.6	Alto	64
6.1.7	Muy alto o exceso	64

Indice

6.2	Influencia del clima en la nutrición del cultivo	64
7.0	Nitrógeno	65
7.1	El ciclo del N	65
7.1.1	Mineralización	66
7.1.2	Inmovilización	66
7.1.3	Fijación biológica de N	66
7.1.4	Desnitrificación	67
7.1.5	Volatilización amoniacal	67
7.2	Problemas de transporte y disponibilidad de N en el suelo	67
7.2.1	Lixiviación	67
7.2.2	Fijación de amonio en el suelo	68
7.3	Análisis del N en el suelo y su significado en la fertilidad	68
7.3.1	N total	68
7.3.2	N potencialmente mineralizable	69
7.3.3	N mineral	69
7.4	Determinación de la dosis de fertilización nitrogenada	69
7.4.1	Objetivo de la producción	70
7.4.2	Requerimientos de N por el cultivo	70
7.4.2.1	Meta de rendimiento	70
7.4.2.2	Demanda de N por tonelada de producto	73
7.4.3	Suministro de N del suelo	73
7.4.3.1	N inorgánico en el perfil del suelo	74
7.4.3.2	El N mineralizado de la materia orgánica del suelo	75
7.4.3.3	Efecto del cultivo anterior	78
7.4.3.4	Perdida de N	78
7.4.4	El factor eficiencia	79
7.4.4.1	Las propiedades físicas del suelo	79
7.4.4.2	La incorporación de residuos de cultivo con alta relación C/N	79
7.4.4.3	El sistema de aplicación del agua	79
7.4.4.4	Efecto de la época y fuente de N	80
7.4.4.5	Forma de aplicación	80
7.4.4.6	Cultivo	81
7.4.4.7	Algunas consideraciones en los criterios de eficiencia en el uso de N	82
7.4.4.8	Ejemplo de calculo de la dosis de N requerida	84
7.5	Fuentes de N y criterios de uso	85
8.0	Fósforo	85
8.1	El ciclo del P	87
8.2	Los problemas de fijación o retención de P en el suelo	87
8.2.1	Métodos para medir la fijación o retención de P	88
8.3	Métodos para la determinación de P disponible	88
8.3.1	Método de Bray-P1	89
8.3.2	Método de Bray-P2	89
8.3.3	Método de Olsen	90
8.3.4	Método de Melich 1	90
8.3.5	Método de Melich 2	90

Indice	
8.3.6 Método de Melich 3	90
8.3.7 Método de Soltanpour	90
8.3.8 Método del ácido acético al 2%	91
8.3.9 Método de extracción con agua o soluciones diluida de CaCl_2	91
8.3.10 Otros métodos de análisis	91
8.4 Interpretación de resultados de laboratorio	92
8.5 Determinación de la dosis de fertilización fosfatada	93
8.6 Forma y época de aplicación	95
8.7 Fuentes de P	96
9. Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)	97
9.1 Procedimiento para la determinación de la CIC del suelo	97
9.2 El concepto del porcentaje de saturación de cationes básicos (PSCB)	99
10. Potasio	101
10.1 El ciclo del K	101
10.2 La fijación de K	103
10.3 Factores que afectan la disponibilidad de Ken el suelo	103
10.3.1 La textura del suelo	103
10.3.2 Contenido de K en el subsuelo	104
10.3.3 Humedad del suelo	104
10.3.4 Aireación	104
10.3.5 Temperatura del suelo	104
10.3.6 Encalado del suelo	104
10.3.7 Sistema de labranza	104
10.4 Métodos para medir la disponibilidad de K en el suelo	105
10.5 Interpretación de los niveles de K en el suelo de acuerdo al procedimiento	106
10.6 Dosis de recomendación de K	107
10.7 Interacción del K con otros nutrimentos	108
10.7.1 Macronutrimentos	108
10.7.2 Nutrimentos secundarios	108
10.7.3 Micronutrimentos	109
10.8 Fuentes de K	109
11. Calcio, magnesio y azufre	111
11.1 Calcio	111
11.1.2 Factores que afectan el suministro de Ca a las plantas	111
11.1.3 Fuentes de Ca	113
11.2 Magnesio	114
11.2.1 Los niveles de Mg en el suelo	114
11.2.2 Factores que afectan la disponibilidad de Mg en el suelo	115
11.2.3 La relación Ca/Mg	115
11.2.4 La relación K/Mg	116
11.2.5 Clasificación de los suelos de acuerdo al nivel de Mg	116
11.2.6 Fuentes de Mg	117
11.2.7 Dosis y formas de aplicación	117
11.3 Azufre	118
11.3.1 El S en el suelo	118

Índice

11.3.2 El S en la planta	119
11.3.3 Análisis de S en el suelo	121
11.3.4 Fuentes de S para el suelo	122
12. Micronutrientes	125
12.1 Hierro	125
12.1.1 El Fe en el suelo	125
12.1.2 El Fe en la planta	125
12.1.3 Factores de disponibilidad en el suelo	125
12.1.4 Diagnóstico en el suelo	127
12.1.5 Medidas correctivas para resolver una deficiencia de Fe	128
12.1.5.1 Fertilización al suelo	128
12.1.5.2 Fertilizaciones foliares	129
12.1.5.3 Fuentes de Fe	130
12.2 Zinc	130
12.2.1 El Zn en el suelo	130
12.2.2 El Zn en la planta	130
12.2.3 Factores del suelo que afectan la disponibilidad del Zn	131
12.2.4 Medidas correctivas para tratar una deficiencia de Zn	132
12.2.4.1 Aplicación al suelo	132
12.2.4.2 Fertilización foliar	133
12.2.5 Fuentes de Zn	133
12.3 Manganeso	133
12.3.1 El Mn en el suelo	133
12.3.2 El Mn en las plantas	134
12.3.3 Diagnóstico del nivel de Mn en el suelo	134
12.3.4 Medidas para corregir una deficiencia de Mn	135
12.3.5 Fuentes de Mn	135
12.4 Cobre	135
12.4.1 El Cu en el suelo	135
12.4.2 El Cu en la planta	136
12.4.3 Corrección de la deficiencia de Cu	136
12.4.4 Diagnóstico del nivel de Cu en el suelo	136
12.4.5 Fuentes de Cu	137
12.5 Boro	137
12.5.1 El B en el suelo	137
12.5.2 El B en la planta	138
12.5.3 Diagnóstico del nivel de B en el suelo	138
12.5.4 Medidas para prevenir y corregir una deficiencia de B	139
12.5.5 Fuentes de B	139
12.6 Molibdeno	139
12.6.1 El Mo en el suelo	140
12.6.2 El Mo en la planta	138
12.6.3 Diagnóstico del Mo en el suelo	138
12.6.4 Corrección de una deficiencia de Mo	139
12.6.5 Fuentes de Mo	139

Indice

12.7 Interacciones de los micronutrientes con otra características de suelos	141
12.8 Efectos antagónicos y sinérgicos de los micronutrientes	142
13. El problema de la salinidad del suelo	149
13.1 Métodos para medir la salinidad del suelo	145
14. El problema de la sodicidad en el suelo	149
14.1 ¿Cuánto yeso agregar a un suelo sódico?	149
14.1.1 Ejemplo para calcular el requerimiento de yeso	150
15. La calidad del agua para uso agrícola	153
15.1 Parámetros de clasificación del agua para uso agrícola	153
15.1.1 Salinidad	153
15.1.2 Sodicidad	156
15.1.2.1 Relación de adsorción de sodio (RAS)	156
15.1.2.2 Carbonato de sodio residual (CSR)	157
15.1.3 Toxicidad por iones específicos	158
15.1.3.1 Sodio	158
15.1.3.2 Cloro	158
15.1.3.3 Boro	159
15.1.3.4 La eliminación de los carbonatos y bicarbonatos en el agua	159
15.2 Requerimiento de lavado de los suelos salinos	159
15.3 El abatimiento de los niveles freáticos y el deterioro de la calidad del agua	160
15.4 Aporte de los nutrientes en el agua de riego	160
16. El análisis del extracto celular de peciolo (ECP)	163
16.1 Antecedentes	163
16.2 Historia del análisis de ECP	164
16.3 Obtención de la muestra de ECP	165
16.4 Precisión de la técnica de ECP	166
16.5 Precauciones en uso de la técnica de análisis de ECP	167
16.5.1 Elección de un órgano de referencia	167
16.5.2 Fertilización	167
16.5.3 Humedad del suelo	167
16.5.4 Influencia de la intensidad luminosa	167
16.5.5 Niveles de suficiencia de N-NO ₃ y K publicados en la literatura	168