

Diagnóstico de necesidades de fertilización de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en vivero mediante el DRIS

Luis Ramón Moreno Chávez¹
Miguel Ángel López López²
Elizabeth Estañol Botello³
Alejandro Velázquez Martínez²

RESUMEN

Con la finalidad de conocer los requerimientos de fertilización en vivero, se generaron normas DRIS (Diagnosis and Recommendations Integrated System) para Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en plántulas de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en invernadero. Utilizando un diseño experimental factorial con arreglo completamente al azar se fertilizó con tres niveles de cada nutrimento. Los resultados indican que el DRIS predice acertadamente las necesidades de fertilización. Es probable que el uso de normas más precisas ayude a obtener mayores incrementos de altura en el vivero.

PALABRAS CLAVE:

Abies religiosa, diagnóstico nutrimental, fertilización inorgánica, Normas DRIS.

ABSTRACT

In order to determine the needs for fertilization of *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. during the nursery stage in a greenhouse, Nitrogen (N), Phosphorous (P), and Potassium (K) DRIS (Diagnosis and Recommendations Integrated System) standards were developed. Using a factorial experimental design with a random arrangement of experimental units, three levels of each of the fertilizers were applied. The results indicate that the DRIS appropriately predicts the needs for fertilization. The use of more accurate norms is likely to help obtain greater height increments in the nursery.

KEY WORDS:

Abies religiosa, DRIS standards, inorganic fertilization, nutrient diagnosis.

INTRODUCCIÓN

El uso apropiado de fertilizantes en los viveros forestales es una herramienta de gran utilidad para incrementar la calidad de planta. El problema del uso adecuado de estos radica en la posibilidad de lograr un apropiado diagnóstico de los nutrimentos limitantes del crecimiento. Existen varios procedimientos para lograr este objetivo, pero en el caso de especies forestales, el análisis de tejidos (frecuentemente follaje), ha sido uno de los más adecuados, aunque el análisis de suelo, entre otras técnicas, ha mostrado en muchos casos una amplia efectividad (Pritchett, 1986). Más aún, la combinación de diversas técnicas de diagnóstico ha mostrado su bondad para mejorar considerablemente la fidelidad del diagnóstico (Moreno, 1996).

El potencial del análisis de tejidos vegetales como técnica de diagnóstico del estado nutrimental, se basa en la relación que existe entre la concentración de nutrimentos en los tejidos y el rendimiento o crecimiento (Finck, 1988); sin embargo, la concentración de nutrimentos dentro de las plantas es dinámica y los cambios de concentración tienen relación con el grupo taxonómico y el medio externo, existiendo diferencias de concentración entre órganos dentro de un grupo taxonómico e inclusive dentro de un individuo, dependiendo de su ubicación en la planta, de la edad de los mismos y de su interacción con el medio ambiente (Wells y Allen, 1985; Pritchett, 1986).

En los diagnósticos nutrimentales de vegetales a partir del follaje se utilizan varios procedimientos, de los cuales el DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) ha mostrado en la mayoría de los casos una amplia capacidad predictiva en especies forestales (Leech y Kim, 1981; Schutz y de Villiers, 1986; Svenson y Kimberley, 1988; Hockman y Allen, 1990; Kopp y Burger, 1990). La relativa precisión de esta técnica en el diagnóstico nutrimental puede acortar en forma importante la

estancia de las plántulas en el vivero, reduciendo obviamente los costos de producción.

Por otro lado, en la producción de plántulas en vivero el objetivo no sólo es que la planta alcance ciertas dimensiones en un tiempo lo más corto posible; la calidad de la planta es un aspecto no menos importante. La técnica del DRIS es capaz de optimizar teóricamente cualquier variable en la población problema, siempre que existan las normas apropiadas (Kopp y Burger, 1990). De acuerdo con lo anterior, es posible aplicar los fertilizantes adecuados lo mismo para alcanzar una altura de planta dada, que para producir plántulas de un diámetro establecido como meta, de una cierta biomasa o de un estado nutrimental que permita un adecuado establecimiento y un desarrollo inicial de la planta en campo.

La aplicación del DRIS requiere de la elaboración previa de normas para la especie y nutrimentos de interés, generadas a partir de una base de datos de análisis foliares y rendimientos, de una muestra extraída del área de distribución natural de la especie, pudiéndose incluir además datos provenientes de experimentos con fertilizantes (Sumner, 1977). En el follaje se determinan los nutrimentos de interés, se obtienen diferentes formas de expresión de las relaciones entre los nutrimentos (como N/P , N^*K , $\ln(N/P)$, etc.) y se seleccionan las formas de expresión que presenten distribución normal. La totalidad de valores de las formas de expresión seleccionadas, se divide en dos subpoblaciones de acuerdo con el rendimiento, una de bajo y una de alto rendimiento, incluyendo entre 10 y 11 % de las observaciones en esta última (Medina y Medina, 1992). Finalmente, se establecen las normas DRIS, seleccionando las formas de expresión que presenten diferencias significativas entre subpoblaciones, en cuanto a su varianza y/o su media, y que la menor varianza corresponda a la subpoblación de alto rendimiento (Svenson y Kimberley, 1988).

En la muestra problema, se determinan los nutrimentos de interés, se calculan los valores correspondientes a las formas de expresión usadas en las normas DRIS y, finalmente, mediante la formulación para el cálculo de los índices DRIS, se comparan los valores de las normas con los de la muestra problema, lo cual conduce a la determinación del orden de requerimiento nutrimental de la muestra problema (Sumner, 1977).

Debido a la amplia utilidad práctica que puede representar el DRIS en los viveros forestales de México, en esta investigación se pretendió estudiar la efectividad de esta técnica en plántulas de especies mexicanas. Para ello se seleccionó *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., que es una especie de crecimiento extremadamente lento durante su estancia en el vivero y que, además, es la única conífera mexicana de la cual existe una base de datos suficiente, aunque no ideal en cuanto a volumen, con la información necesaria para derivar normas DRIS (López, datos no publicados). Aún cuando implícitamente se ha pretendido dar a conocer mediante esta investigación la técnica DRIS en el ámbito forestal de México, desde un punto de vista práctico se han planteado los objetivos que se presentan a continuación.

OBJETIVOS

1) Elaborar normas DRIS preliminares para nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en *Abies religiosa* durante su etapa de vivero. 2) Probar la factibilidad del uso del DRIS para incrementar la velocidad de crecimiento de *Abies religiosa* en vivero, mediante la aplicación de los mismos nutrimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Especialidad Forestal

del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados. En este invernadero se registra una temperatura media anual de 22 °C con una variación desde los 4 °C por la mañana hasta los 36 °C entre las 12 y 15 h del día (Rojas, 1988).

Material vegetal y sustrato

A través de PROBOSQUE se consiguió semilla de *A. religiosa* procedente del Nevado de Toluca. La semilla se sembró en cajas de plástico, en las que después de la germinación, las plántulas se dejaron crecer por tres meses para lograr que se consumiera la mayor parte de las reservas de nutrimentos contenidas en el endospermo e incrementar las posibilidades de respuesta a los fertilizantes (López, 1990). En este lapso se colectó aproximadamente 1 m³ de "tierra de monte" en las faldas del Nevado de Toluca, la cual se trató con bromuro de metilo. Posteriormente se llenaron los envases y, de la tierra remanente, se tomaron tres muestras de un kilogramo cada una para su posterior análisis químico. Cuando las plántulas tuvieron tres meses de edad, se llevó a cabo el trasplante, utilizando plántulas con características morfológicas (altura y tamaño de hojas cotiledonares) similares, con el objeto de evitar efectos de variabilidad inicial de las plántulas. Quince días después del trasplante se realizó la aplicación de los tratamientos.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un factorial 3³ con arreglo de las unidades experimentales en forma completamente al azar. Los factores involucrados en el experimento fueron N, P y K. Cada uno de estos factores incluyó tres niveles determinados mediante un ensayo previo, en el que se trataron plántulas de oyamel (del mismo origen y edad que las plántulas usadas en el experimento definitivo), con tres niveles amplios de

cada uno de los fertilizantes que posteriormente se usarían en el experimento definitivo.

Después de realizado el ensayo, se establecieron los niveles de cada uno de los nutrimentos para el experimento definitivo. Los niveles de cada factor (nutrimento), en términos de material fertilizante por envase fueron, para N 0.0, 0.3 y 0.6 g de nitrato de amonio (NH_4NO_3), para P 0.0, 0.4 y 0.8 g de superfosfato triple de calcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) y para K, 0.0, 0.5 y 1.0 g de sulfato de potasio (K_2SO_4). La combinación de los niveles produjo 27 tratamientos, que se repitieron tres veces. Cada repetición estuvo constituida por cinco plántulas.

Variables evaluadas

Al inicio y al final del experimento se determinó la altura total de las plántulas, medida desde el cuello de la raíz hasta la base de la yema apical. La diferencia de alturas constituyó el incremento total de altura, que fue la variable de rendimiento considerada en el presente trabajo. Al término del experimento, las plántulas fueron cosechadas y el follaje fue separado del resto de la plántula. Después de secado en una estufa de circulación forzada por 48 h a 72 °C, el follaje se molió y se llevó al laboratorio para realizar las determinaciones de N, P y K.

El análisis vegetal se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados. En este análisis, el nitrógeno se determinó mediante el método semi-micro-Kjeldahl (Association of Official Agricultural Chemists, 1980). El P y K se determinaron turbidimétricamente (Everhardt, 1960) y por flamometría, respectivamente, a partir de una digestión con ácidos nítrico, sulfúrico y perclórico. Los análisis químicos de las muestras de suelo se realizaron en el Laboratorio de Química de Suelos del mismo Instituto, mediante los procedimientos de rutina: pH

(relación 1:2 suelo:agua en potenciómetro), N (macro-Kjeldahl), P (Bray P1, Bray y Kurtz, 1945), Ca, Mg y K (Acetato de amonio 1N, pH7).

Utilizando el paquete estadístico SAS, se elaboraron las normas DRIS para N, P y K, partiendo de una base de datos generada a partir de cinco macizos naturales de *Abies religiosa* (López, 1993), siguiendo la metodología recomendada y descrita en la Introducción (Sumner, 1977; Svenson y Kimberley, 1988; Medina y Medina, 1992).

En la elaboración de estas normas, el incremento promedio anual de altura de los árboles de la base de datos se tomó como variable de rendimiento y el límite de rendimiento entre las subpoblaciones fue de 6 cm. Con este límite de rendimiento, el 15.4 % de las observaciones quedó incluida dentro de la subpoblación de alto rendimiento (López, 1993), siendo este porcentaje cercano al adecuado (Medina y Medina, 1992).

Los cálculos de los índices DRIS se llevaron a cabo mediante un programa de cómputo escrito en lenguaje GWBASIC elaborado por López (1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Normas DRIS preliminares para Nitrógeno, Fósforo y Potasio en *Abies religiosa*

La Tabla 1 muestra algunos parámetros estadísticos que se estimaron durante el proceso para establecer las normas DRIS. Las normas están constituidas por los valores de las medias y coeficientes de variación de las diferentes relaciones entre nutrimentos para la subpoblación de alto rendimiento. Las normas se basaron en relaciones entre los logaritmos naturales de la concentración de los diferentes nutrimentos. La razón para usar logaritmos en vez de los valores originales de concentración, es que sólo los valores

transformados presentaron distribución normal, lo cual es requisito indispensable cuando se pretende hacer comparaciones estadísticas entre dos o más grupos, como las que se llevaron a cabo para realizar la discriminación entre las subpoblaciones de alto y bajo rendimiento (Martínez, 1988).

De acuerdo con la Tabla 1, las tres relaciones entre nutrimentos resultaron ser estadísticamente significativas en cuanto a sus varianzas, aunque no en cuanto a sus medias. Svenson y Kimberley (1988) aseveran que las diferencias entre medias y/o varianzas constituyen una prueba suficiente de que los valores de una relación dada para la subpoblación de alto rendimiento se relacionan adecuadamente con un mayor rendimiento.

Los elevados valores de los coeficientes de variación son el resultado del tipo de relación empleada; en este caso, cocientes de logaritmos. Este tipo de relación implica que aún pequeñas variaciones en el denominador produzcan grandes cambios en el valor de la relación. Por otro lado, los valores de coeficientes de variación (CV) encontrados en el presente trabajo son típicos con respecto a los encontrados en otras normas DRIS (Svenson y Kimberley, 1988). La diferencia de los valores estriba en que en la presente investigación los coeficientes de variación se han expresado en porcentaje, mientras que

otros investigadores los presentan como fracciones. Sin embargo, de acuerdo con Svenson y Kimberley (1988), la función principal del coeficiente de variación en la ecuación para el cálculo de los índices DRIS consiste en asignar un peso relativo a cada relación. De esta suerte, las relaciones con coeficiente de variación alto tienen un menor peso relativo en los índices DRIS y viceversa.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con Schutz y de Villiers (1986), una fase importante dentro del procedimiento del DRIS, es la comprobación de la bondad de las normas. Para lograr lo anterior, de los tratamientos que conformaron el experimento, se seleccionó el que recibió 0.0 g de NH_4NO_3 , 0.0 g de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ y 0.5 g de K_2SO_4 . Lo ideal hubiese sido haber iniciado el análisis con el tratamiento que no recibió fertilización; sin embargo, esto no fue posible debido a que ese tratamiento presentó una concentración de N=1 % en el follaje, lo que originó errores durante el procedimiento de cálculo de los índices DRIS, dado que las normas DRIS incluyen relaciones de logaritmos y $\ln 1 = 0$. Se considera que la eliminación del tratamiento en cuestión probablemente no altera el resultado final del análisis de la capacidad predictiva del DRIS, puesto que sólo hubiese representado una etapa más en tal análisis.

Tabla 1. Pruebas estadísticas de F y T para discriminar la altura entre subpoblaciones*

RELACIÓN	Pr>F	Pr>T	DES. ESTÁNDAR		CV		MEDIA	
			AR	BR	AR	BR	AR	BR
lnN/lnK	0.0001	Ns	5.70	15.35	1075.47	531.88	0.530	2.886
lnP/lnK	0.0001	0.021	20.20	59.66	897.77	-493.06	2.250	-12.100
lnP/lnN	0.0001	Ns	1.48	4.06	-30.83	-76.50	-4.800	-5.307

AR = Subpoblación de alto rendimiento
BR = Subpoblación de bajo rendimiento

CV = Coeficiente de variación
ns = No significativo $\alpha = 0.05$

* Los valores marcados en negritas constituyen las normas DRIS

Por otro lado, de acuerdo con los índices DRIS que se muestran en la Tabla 2, invariablemente el nutrimento más deficiente es el P. De acuerdo con esto, es poco probable que la adición de 0.5 g de fertilizante potásico pudiera haber inducido diferencias importantes con respecto al tratamiento sin fertilización, puesto que según la ley del mínimo de Liebig (Pritchett, 1986; Aber y Melillo 1991), la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes sólo se presenta cuando se aplica el nutrimento más requerido.

Al aplicar el DRIS al primer tratamiento de la Tabla 2, se observa que el P resultó ser el nutrimento más deficiente, seguido por el K (nutrimentos con menores índices DRIS). Esto está de acuerdo con el análisis del sustrato utilizado, el cual indica que estos nutrimentos se encuentran en niveles de deficiencia (Tabla 3).

Atendiendo el diagnóstico correspondiente al primer tratamiento de la Tabla 2, la aplicación de 0.4 g de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ por plántula en el segundo tratamiento (Tabla 2), condujo a una disminución del nivel de requerimiento de este nutrimento (de -14.6 a -11.8), lo cual estuvo acompañado por un incremento de la altura de las plántulas. Esta disminución del requerimiento de P, acompañada por un incremento en el crecimiento indica que la predicción del DRIS fue acertada.

No obstante la ganancia en crecimiento obtenida en este tratamiento, el diagnóstico del estado nutrimental del mismo, mediante el DRIS, mostró que el P siguió siendo el nutrimento limitante del crecimiento. En el siguiente tratamiento se duplicó la cantidad de P de 0.4 a 0.8 g de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ por planta con respecto al tratamiento anterior (Tabla 2). Al igual que en el caso del tratamiento testigo, en este tratamiento no fue posible calcular los

Tabla 2. Predicción del estado nutrimental de *Abies religiosa* mediante el DRIS

TRATAMIENTO			COMPOSICIÓN FOLIAR			ÍNDICES DRIS			RENDIMIENTO
N	P	K	N	P	K	N	P	K	(incremento de altura, cm)
g planta ⁻¹			%						
0.0	0.0	0.5	1.030	0.062	1.390	13.1	-14.6	1.5	1.91
0.0	0.4	0.5	1.120	0.083	1.570	12.1	-11.8	0.3	2.12
0.0	0.8	0.5	1.000	0.047	1.290	----	-----	----	2.19
0.0	0.8	1.0	1.120	0.068	1.420	12.6	-12.2	-0.4	2.29

Tabla 3. Análisis químico de tres muestras del suelo utilizado como sustrato

MUESTRA	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	pH
	%			ppm					
1	0.75 (mr)	1 (p)	73 (mp)	854 (p)	771 (r)	27 (a)	0.7 (p)	0.34 (p)	5.3
2	0.62 (mr)	1 (p)	78 (mp)	964 (p)	624 (r)	25 (a)	0.7 (p)	0.35 (p)	5.3
3	0.87 (mr)	1 (p)	68 (mp)	942 (p)	478 (r)	26 (a)	0.7 (p)	0.35 (p)	5.3

mp = muy pobre p = pobre a = adecuado r = rico mr = muy rico

índices DRIS debido a lo explicado anteriormente en relación con la concentración de N en el follaje (N=1.0 %); sin embargo, se observa que las plántulas respondieron positivamente a la aplicación de una mayor cantidad de P, lo que indica que la decisión de incrementar el suministro de P, la cual se basó en el diagnóstico DRIS, fue adecuada. Es probable que el índice de fósforo haya aumentado ligeramente (menor requerimiento de P por las plantas) y el de K haya disminuido (mayor requerimiento de K), pues este último nutrimento es también deficiente en el suelo según la Tabla 3. Esta posibilidad se confirma al aplicar las mismas dosis de N y P pero una mayor dosis de K en el siguiente tratamiento. Con este tratamiento se logró un incremento adicional del rendimiento, aunque la deficiencia de P siguió siendo la más importante.

Se esperaba que el P aplicado en el segundo tratamiento (Tabla 2) indujera una disminución más marcada del requerimiento de este nutrimento, puesto que las dosis aplicadas fueron adecuadas de acuerdo con el ensayo previo, en el que dosis superiores incrementaron la mortalidad de plántulas. La escasa disminución de la deficiencia de este nutrimento se debió probablemente a una baja eficiencia en la absorción de P por las plántulas, posiblemente relacionada con el bajo pH del sustrato. En efecto, cuando el pH presenta valores como los encontrados en este trabajo (Tabla 3) pueden ocurrir reacciones del P con Fe y Al, que originan sales y complejos químicos insolubles, disminuyendo su aprovechabilidad (Pritchett, 1986; Liegel y Venator, 1987; Finck, 1988; Binkley, 1993; Brady y Weil, 2000).

A diferencia de los suelos ácidos donde crecen especies del género *Pinus* (pH 5-5.5), los suelos que soportan bosquetes de *A. religiosa* presentan un pH mucho menos ácido (pH cercano a 6.2, López, 1993). Es probable que la especie en estudio requiera, comparativamente con los pinos, una mayor disponibilidad de

fósforo en el suelo para mantener un abastecimiento adecuado del nutrimento, condición de disponibilidad de P que tal vez no se cumplió en el presente experimento debido al bajo pH del sustrato, aún cuando el nutrimento fue aplicado al suelo.

De acuerdo con lo anterior, es posible discernir que, dado que el DRIS se basa principalmente en análisis vegetal, mediante el uso exclusivamente de esta técnica es posible incurrir en errores durante la toma de decisiones para la corrección de los desórdenes detectados. Considerando el importante efecto que presenta el pH sobre la disponibilidad de P, es probable que en el presente estudio hubiese bastado con corregir el pH del sustrato para incrementar la disponibilidad de P, en vez de realizar la aplicación del nutrimento. El razonamiento anterior sugiere que la combinación del DRIS con sistemas de diagnóstico basados en análisis de suelo pudiera conducir a la toma de decisiones más acertadas con respecto a las medidas para subsanar las deficiencias nutrimentales de las plántulas.

El DRIS ha sido probado recientemente para diagnosticar la fertilidad del suelo con un éxito aceptable (Shumway y Chappell, 1995). Un doble diagnóstico con el DRIS basado en normas para suelo y para planta quizá pudiera producir mejores resultados que los obtenidos mediante el diagnóstico basado solamente en material vegetal.

Los incrementos de altura logrados al aplicar los tratamientos de fertilización de acuerdo con las predicciones del DRIS, señalan que el sistema predice acertadamente el estado nutrimental de las plántulas de *Abies religiosa* en vivero. Es menester mencionar que, si bien los incrementos de altura alcanzados mediante los tratamientos aplicados no son tan importantes como se hubiera deseado, sí indican que los tratamientos fueron adecuados, pues en todos los casos de la Tabla 2, la corrección de la deficiencia detectada mediante el diagnóstico DRIS,

produjo aumentos de la variable de rendimiento, obteniéndose un incremento total de 19.8 %.

De acuerdo con la ley del mínimo, si los diagnósticos DRIS hubiesen sido erróneos, el tomarlos en cuenta hubiera producido resultados aleatorios en la variable de respuesta. Esto es, quizá se hubieran obtenido incrementos nulos en la variable de rendimiento o inclusive decrementos en altura, puesto que se ha comprobado que la aplicación de nutrimentos no requeridos por las plantas, puede presentar desde efectos aparentemente nulos hasta negativos sobre el rendimiento (Sumner, 1977, 1977a; Pritchett, 1986; Radwan, 1987).

Es muy probable que el uso de normas DRIS más precisas, basadas en datos de experimentos con fertilizantes en *Abies religiosa* en vivero, en vez de brinzales naturales en campo, hubiese conducido a la obtención de mayores incrementos. En términos muy gruesos, el DRIS no hace más que confrontar la composición foliar de una muestra problema con la correspondiente composición foliar señalada en la norma, a través de una serie de ecuaciones. De acuerdo con esto, necesariamente la precisión del diagnóstico debe incrementar al aumentar la precisión de las normas.

Es probable que la modesta precisión de las normas generadas en este trabajo tenga dos fuentes principales de origen: 1) el reducido tamaño de la base de datos (181 brinzales; López, 1993) y 2) el origen del material vegetal para el desarrollo de las normas. En relación con el tamaño de la base de datos, cabe señalar que una de las dificultades del uso del DRIS es la generación de las normas, precisamente debido al requerimiento de una base de datos amplia, lo cual implica el desarrollo de una gran cantidad de análisis de material vegetal y la inversión de grandes cantidades de dinero.

En el caso de muchos cultivos anuales, existe información publicada acerca de estudios de nutrición y es totalmente válido incorporar tal información a las bases de datos para el desarrollo de normas, siempre y cuando los métodos de muestreo y análisis vegetales sean compatibles entre sí (Sumner, 1977a). La existencia de información sobre el cultivo de interés indiscutiblemente facilita el desarrollo de normas de mayor precisión.

Un problema grave en México es que este tipo de información es prácticamente nula para el caso de especies forestales puesto que muchas de ellas, especialmente coníferas son endémicas de México, donde el estudio de la nutrición de especies forestales se reduce a unos pocos trabajos de investigación.

Con respecto al origen del material vegetal utilizado para desarrollar las normas DRIS, hubiese sido ideal el haber contado con una base de datos proveniente de plántulas en invernadero; sin embargo, la inexistencia de información apropiada obligó a los autores a usar la información disponible proveniente de campo. Es indudable que el origen de la base de datos dificulta el lograr una alta precisión en las normas, puesto que en condiciones de campo es poco probable encontrar individuos nutrimentalmente bien balanceados (Pritchett, 1986). No obstante lo anterior, los resultados de este trabajo muestran que estas normas, aunque preliminares por estar sujetas a un mejoramiento importante de su capacidad predictiva, predicen adecuadamente el estado nutrimental de las plántulas de oyamel en invernadero, siendo entonces una herramienta disponible para su uso en cualquier vivero forestal que produzca la especie en estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la técnica del DRIS

predice acertadamente el estado nutrimental de plántulas de *Abies religiosa* en invernadero, mediante el uso de las normas preliminares para N, P y K, generadas en el presente trabajo; sin embargo, es recomendable combinar el diagnóstico mediante el DRIS con un análisis químico del sustrato, a fin de contar con mayores elementos para tomar la decisión sobre las formas y métodos de corrección de los desórdenes nutrimentales.

Se recomienda desarrollar y probar normas DRIS para *Abies religiosa*, basadas en datos experimentales con fertilizantes en viveros.

REFERENCIAS

- Aber, J.D. y J.M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College Publishing. EUA. 429 p.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 13^a ed. Horwitz, W. (Editor). AOAC Publishers. Washington, EUA. p. 15.
- Binkley, D. 1993. Nutrición forestal: prácticas de manejo. Traducción al español por: Guzmán O. M. y R. Ortiz P. Limusa. México. 340 p.
- Brady, N. C. y R. R. Weil. 2000. Elements of the nature and properties of soils. 12^a ed. Prentice Hall. Nueva Jersey. 559 p.
- Bray, R.H. y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59:39-45.
- Everhardt, T.W. 1960. Diotechnische weiterentwicklung der vanadat-molybdat. Methode zur schnellen Bestimmung der phosphorsäure in pflanzlichen substanzen. Land Fors. XIII:303-307.
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Ed. Reverté. Barcelona España. 439 p.
- Hockman, J.N. y H.L. Allen. 1990. Nutritional diagnoses in Loblolly pine stands using a DRIS approach. In: Gessel, S.P., D.S. Lacate, G.F. Weetman, y R.F. Powers eds. Sustained productivity of forest soils. Proceedings of the 7th North American Forest Soils Conference. Universidad de Columbia Británica, Publicación de la Facultad de Bosques. Vancouver, Canadá. pp: 333-35.
- Kopp, V.A. y J.A. Burger. 1990. Applying diagnosis and recommendation integrated system to Fraser Fir christmas trees. Soil Sci. Soc. Am. J. 54(2):453-456.
- Leech, R.H. y Y.T. Kim. 1981. Foliar analysis and DRIS as a guide to fertilizer amendments in poplar plantations. For. Chronicle. 81:17-21.
- Liegel, L.H. y C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. Department of Agriculture. Forest Service. Southern Forest Experiment Station. Nueva Orleans, EUA. 156 p.
- López L., M.A. 1990. Estudio de nutrición de *Pinus patula* Schl. et Cham., en sistema hidropónico. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 69 p.
- López L., M.A. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Forestal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 101 p.

- Martínez G.A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Trillas, México. 752 p.
- Medina M.M.C. y E.J. Medina M. 1992. Límite de rendimiento para dividir las dos subpoblaciones de las normas DRIS para nogal pecanero. Terra 10(2):193-200.
- Moreno Ch., L.R. 1996. Uso del DRIS para determinar necesidades de fertilización de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham. en vivero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 55 p.
- Pritchett, W.L. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Traducción del inglés por J. Hurtado V. y M. Cervantes R. Limusa. México. 634 p.
- Radwan, M.A. 1987. Effects of fertilization on growth and foliar nutrients of red alder seedlings. Res. Pap. PNW-RP-375. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, Or: EUA. 14 p.
- Rojas R.; F.E., M.R. Keyes y A. Martínez G. 1988. Susceptibilidad al substrato edáfico y a la sequía de diez especies de pinos. Agrociencia No. 72.
- Schutz, C. J. y J.M. de Villiers. 1986. Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry. The DRIS system and its potential. 18th IUFRO Congress, Ljubljana. 7 p.
- Shumway, J.S. y H.N. Chappell. 1995. Preliminary DRIS norms for coastal Douglas-fir soils in Washington and Oregon. Can. J. For. Res. 25:208-214.
- Sumner, M.E. 1977. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. Comm. Soil Sci. and Plant Anal. 8(2):148-167.
- Sumner, M.E. 1977a. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. Comm. Soil Sci. and Plant Anal. 8:251-267.
- Svenson, G.A. y M.O. Kimberley. 1988. Can DRIS improve diagnosis of nutrient deficiency in *Pinus radiata*?. New Zealand Jour. For. Sc. 18(1):33-42.
- Wells, C. y L. Allen. 1985. A loblolly pine management guide. When and where to apply fertilizer? USDA Forest Service. Gen. Tlch. Rep. SE-36. 23 p. ♦

- 1 Delegación regional de PROBOSQUE, Domicilio conocido, Zumpango, Edo. de México.
- 2 Especialidad de Postgrado Forestal. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo 56230 Edo. de México. c.e.: alejvela@colpos.colpos.mx.
- 3 Especialidad de Postgrado en Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Edo. de México.

Manuscrito recibido el 28 de mayo de 2001
Aceptado el 10 de octubre de 2001

Este documento se debe citar como:

Moreno Ch., L.R.; M.A. López L.; E. Estañol B. y A. Velázquez M. 2002. Diagnóstico de necesidades de fertilización de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en vivero mediante el DRIS. Madera y Bosques 8(1):51-60.