

APLICACION DE MÉTODOS BIOESTADÍSTICOS EN LA REVISIÓN TAXONÓMICA DE ALGUNAS JACINTACEAS

Z. KERESZTY

*Instituto de Ecología y Botánica de la Academia de Ciencias de Hungría
H-2163 Vácraót, Hungary*

A numerical taxonomic investigation based on 29 morphological characters of 430 individuals of 7 *Scilla* population-groups grown in natural habitats in Hungary was carried out. Two multivariate methods, sum of square clustering and principal component analyses as well as 2 new Hungarian techniques, SCAGA and MULTISCA, were used to study the variation among populations. The methods revealed three distinct aggregates in Hungary according to their ploidy-level: diploid $2n = 18$ (*S. vindobonensis* and *S. kladnii*); tetraploid $2n = 36$ (*S. drunensis*) and hexaploid $2n = 54$ (*S. spetana*). By this methods the infraspecific taxa can be separated as well, and legitimated the taxonomic value of the hexaploid population as a new species.

Key words: biostatistical methods, new taxa for the Hungarian flora, *Scilla*, taxonomic revision

INTRODUCCIÓN

Los resultados recientes de la fitotaxonomía moderna obtenidos por métodos nuevos y más precisos, ampliaron nuestros conocimientos acerca de muchos taxa y nos permiten hacer reconsideraciones sobre su situación taxonómica. Particularmente, el avance logrado en el campo de la citotaxonomía y la fitoquímica taxonómica ha impulsado la necesidad de ejecutar estudios multifacéticos de las especies y taxa infraespecíficos en el nivel de poblaciones. Cada vez más especies resultan ser heterogéneas, que incluyen realmente una evolución formada de semi-especies. Métodos modernos permiten la distinción de variedades muy semejantes, aunque existan dentro de la misma población también, y sacar conclusiones en relacion a la situación genética evolutiva del taxón correspondiente. Por esto, en la biosistemática moderna, el estudio de las poblaciones tiene una importancia esencial (véase: PRICE *et al.* 1983, ISHIMITSU y TATEOKA 1983, WARWICK y BLACK 1983, GREENLEE *et al.* 1984, OJALA 1984, MILLER *et al.* 1984, NORMAN y GUNN 1985).

Una revisión taxonómica basada en gran número de datos obtenidos de estudio de poblaciones experimentales, vivas, el carácter cuantitativo, a veces intermediario de los datos representando diferencias a menudo muy minuciosas, la pretensión de hacer decisiones objetivas, todos son motivos que requieren la aplicación de métodos bioestadísticos, como las distintas técnicas de la clasificación

y ordenación. Se conocen paquetes de programas de computación especiales desarrollados para cierto objetivo que unen distintos métodos numéricos para lograr una solución final del complejo de problemas.

Yo trabajo sobre la revisión de las poblaciones Húngaras de la especie *Scilla bifolia* s. l., que pertenece a la familia de las Hyacinthaceas (DAHLGREEN *et al.* 1985). Estudios previos mostraron que esta planta de Europa Central consiste de varios taxa (SPETA 1977). También las poblaciones Húngaras muestran una di-

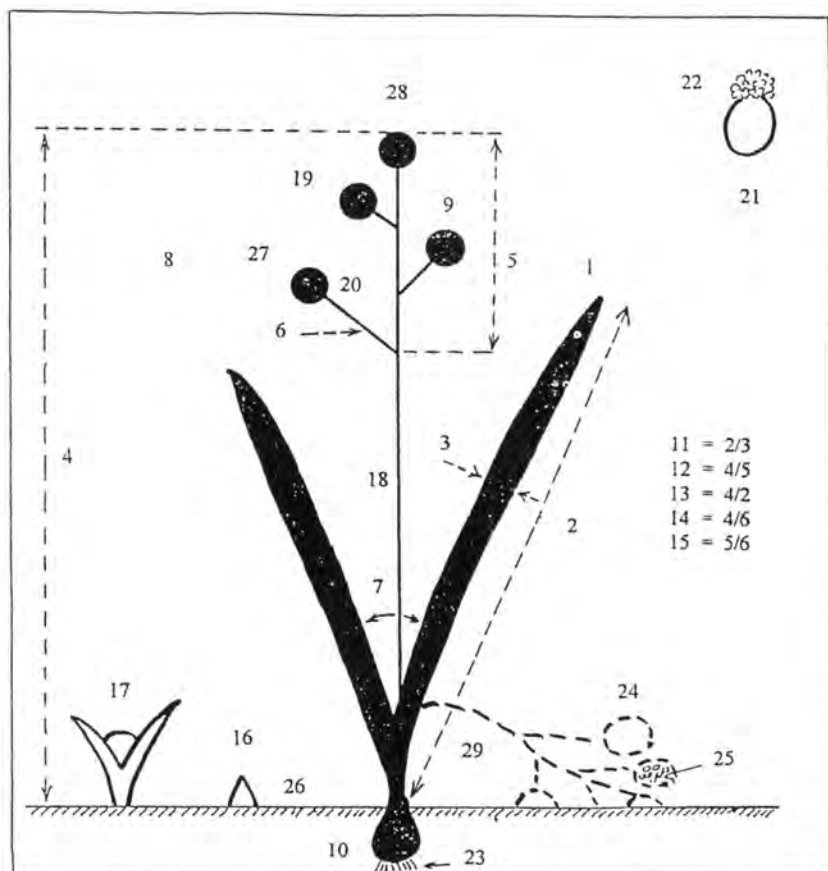


Fig. 1. Caracteres observados. (Caracteres morfométricos en "mm", caracteres cualitativos con método binario). 1 = Número de hojas, 2 = Largo de hoja primera, 3 = Anchura de hoja primera, 4 = Largo de axis, 5 = Largo de pedúnculo, 6 = Largo de pedúnculo de abajo, 7 = Angulo de flexión de hojas, 8 = Número de flores, 9 = Número medio de semillas in fruto, 10 = Número de cromosomas, 11 = 2 : 3, 12 = 4 : 5, 13 = 4 : 2, 14 = 4 : 6, 15 = 5 : 6, 16 = Color de punta de brote, 17 = Color de botón, 18 = Color de axis, 19 = Color de perigono, 20 = Color de fruto inmaduro, 21 = Color de semillas maduras, 22 = Forma de elaiosomas, 23 = Espesura de raíces, 24 = Color de fruto maduro, 25 = Color de semillas inmaduras, 26 = Aspecto de brote, 27 = Abertura de flor primera, 28 = Tiempo de floración completa, 29 = Secación completa

versidad morfológica bastante grande y ciertas particularidades ecológicas en cuanto a su distribución y hábitos, motivos que justifican la revisión de este grupo.

Los métodos bioestadísticos han sido aplicados en Hungría desde el principio de los años de 60, principalmente para evaluar resultados de los experimentos genéticos, de fertilización, de mejoramiento en la agricultura (véase: SVÁB 1964). En la fitotaxonomía los estudios realizados por BORHIDI y ISÉPY acerca del género *Potentilla* (1966) y por HORÁNSZKY (1960), HORÁNSZKY y SZÖCS (1973), FISCHER *et al.* (1974) acerca del género *Festuca* (Gramineae) son los primeros que aplican métodos bioestadísticos. Para investigar la estructura y diseño de la vegetación, las coexistencias y correlaciones de las especies, para clasificación y ordenación de las comunidades vegetales Borhidi, Fekete, Horánszky, Juhász-Nagy, Szujkó-Lacza, Simon y Szöcs aplicaron métodos bioestadísticos en los años 60 y 70 tempranos. En los últimos años los botánicos no solamente aplican métodos estadísticos prefabricados por matemáticos, sino ellos mismos escriben programas bioestadísticos propios, como lo hicieron Hajdú, Padisák y Vörös para estudiar la diversidad de las comunidades de algas, Rajczy para comunidades de briofitos etc. Es menester que mencionemos los dos tomos publicados por PODANI (SYN-TAX I 1980, SYN-TAX II 1984) que contienen programas y estrategias numéricas para resolver problemas fitotaxonómicos y fitocenológicos mediante computación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Como base de los estudios una colección experimental fue establecida de las 43 poblaciones (véase Figs 2–5) cada una representada por 10 individuos teniendo sus orígenes de 15 distintas regiones geográficas del país. Esta colección experimental tiene lugar en Jardín Botánico del Instituto de Ecología y Botánica de la Academia de Ciencias de Hungría en Vácrátót, mantenida entre similares condiciones edáficas y microclimáticas. Los individuos de cada población están seleccionados para formar una llamada pequeña colección, cuya hibernación está realizada en un invernadero frío (en 10 °C de temperatura aproximadamente). Esta colección pequeña vive al aire libre también, durante el verano y sirve para investigaciones citológicas (KERESZTY y SZILÁGYI 1984). La observación y muestra de la colección experimental, las empezamos tres años después de su establecimiento.

Los programas aquí presentados fueron corridos con los datos obtenidos en 1988, sobre 29 caracteres (Fig. 1) de 430 individuos. Después de esto calculamos promedios de los datos individuales por poblaciones y corrimos el programa con 29 caracteres de 43 poblaciones.

Para evaluar de datos mediante métodos bioestadísticos apliqué un sistema de programas aproximando la clasificación optimal en tres fases y de forma multivectorial por la primera fase utilicé un nuevo método húngaro para la precategorización y priorización de los caracteres, el método llamado SCAGA (Stepwise Category Assignment to Grouping Alternatives o sea: Asignación de Categorías por paso para Agrupar Alternativas). Este programa eliminatorio prioriza los caracteres indicando sus "tendencias" en relación de dos grupos, según dirección y tamaño vectoriales de las proporciones de frecuencias, y continuamente reagrupa los individuos, de acuerdo a los criterios seleccionados. Una versión de este método más desarrollada es el programa MULTISCA, que sirve para la misma operación pero en relación de muchos grupos.

En la segunda y tercera fases del análisis numérica la separabilidad de las poblaciones fue estudiada en todas las tres bases de datos utilizando métodos especiales publicados en la colección de programas SYN-TAX (PODANI 1980). Las poblaciones y caracteres han sido agrupados separadamente mediante matrices de correlaciones y covariancias de acuerdo al programa PRINCOMP, que es un programa del análisis de los componentes principales. Este procesamiento está seguido por un programa del análisis de clásteres llamado NCLAS, del cuallas combinaciones siguientes de 4 algoritmos y 6 métricas fueron utilizados.

Algoritmo	Metricas
Conección simple	Coefficiente correlativo
Conección completa	Cuociente de Wishard
Promedio de grupos	Diferencia promedia de caracteres
Método de War	Métrica de Canberra
	Distancia Euclidiana para datos mezclados
	Coefficiente general de Gower para datos mezclados

Entre ellas el coeficiente Gower y una versión de la distancia Euclidiana aplicada para datos mezclados sirvieron como más eficientes.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Después de haber publicado los resultados del análisis SCAGA (FISCHER *et al.* 1985) en este artículo los mismos del análisis PCA y CA están presentados basados en la base de datos consistiendo de 430 individuos y 29 caracteres.

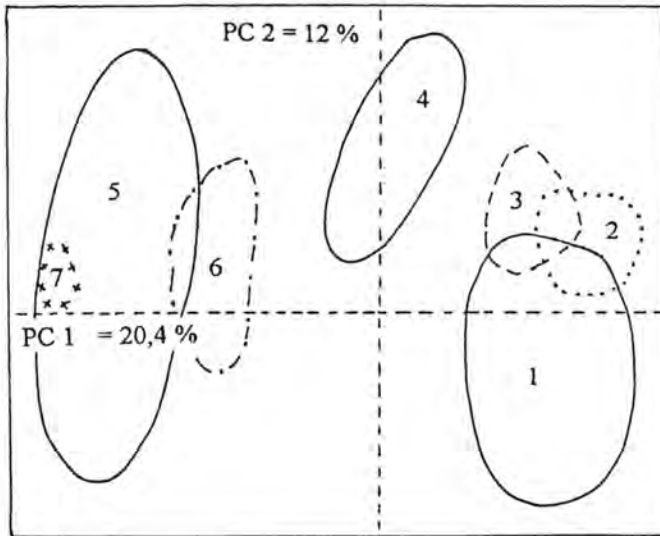


Fig. 2. PCA investigación. (Métrico de distancia Euclidiana.). 1 = *Scilla vindobonensis*, Danubio valle, 2 = *Scilla vindobonensis*, Transdanubio, 3 = *Scilla vindobonensis* Speta subsp. *borhidiana*, Montañas de Mecsek y Villány, 4 = *Scilla kladnii*, Montaña de Zemplén, 5 = *Scilla drunensis* var. *buekkensis*, Montaña de Bükk, 6 = *Scilla drunensis* var. *drunensis*, Transdanubio occidental, 7 = *Scilla spetana*, Montaña de Velence

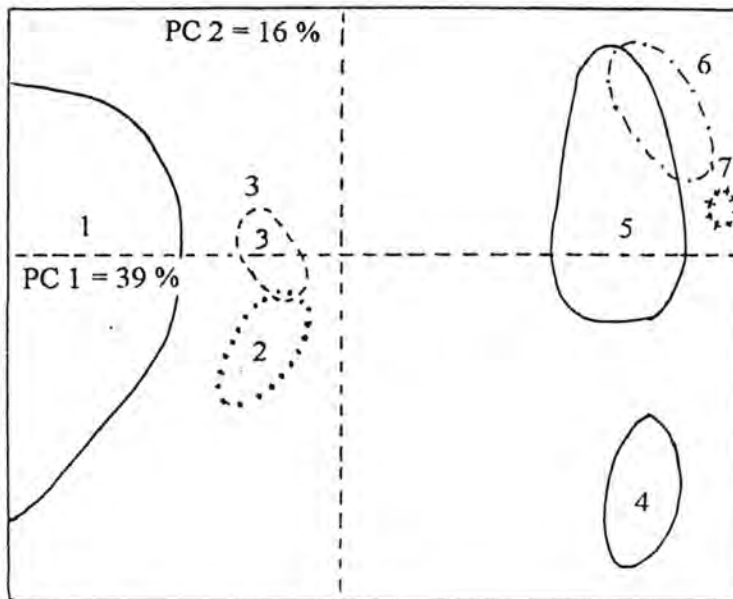


Fig. 3. PCA investigación. (Métrica de Gower.) (Explicación igual de Fig. 2)

EVALUATION

1. Los caracteres fueron ordenados según el renglón de su importancia mediante los programas de SCAGA y MULTISCA. Estos caracteres sirven para confeccionar una clave analítica del grupo.

2. Los caracteres pueden ser agrupados según su propiedades cualitativas o cuantitativas mediante ciertos métodos y por valores discriminativos mediante otros.

3. Por lo general, los caracteres cualitativos tienen una importancia diferencial más grande, pero en algunos casos, en el nivel de distinción más detallada, los caracteres cuantitativos pueden jugar un papel importante también, como es la relación del tallo al largo de la inflorescencia.

4. El valor distintivo de los caracteres morfométricos se aumenta en dirección acropetal, y las semillas representan la mayor importancia. El renglón de importancia es: número de cromosomas, color y número de las semillas, etc.

5. Las poblaciones se agrupan de acuerdo a su nivel de ploídía, y según sus áreas de distribución (véase Figs 2 y 3).

6. Los factores edáficos de las localidades son tan característicos para los táxa diferentes, que la distinción de estos últimos es posible en base a las características de suelos también.

7. Los ecótopos de los táxa estudiados tienen una característica común, que todos de ellos se encuentran sobre loess o marga. Este hecho apoya la opinión de Speta, quien considera este grupo taxonómico, como relicto de la época glacial, porque el loess es una roca sedimentada de origen glacial.

8. Entre los caracteres edáficos, el contenido de K, K₂O, Mg y la estructura granulosa gruesa del suelo muestran la mayor significancia para la diferenciación de taxa.

9. El complejo de la *Scilla bifolia* s. l. se segrega en 4 taxa diploideos, 2 taxa tetraploideos y 1 taxon hexaploideo, con los rangos taxonómicos siguientes (véase Figs 4 y 5).

Diploideos ($2n = 18$)

A – Poblaciones distribuidas en la llanura del Danubio, con cromosoma-SAT, y semillas de color amarillo = *Scilla vindobonensis* Speta subsp. *vindobonensis*

B – Poblaciones de Hungría oriental y nor-oriental (montaña de Zemplén) con foliaje laxo, semillas de color ocre, hasta 3 por celdas = *Scilla kladnii* Schur

C – Poblaciones del Transdanubio Central (montaña de Bakony, Érd, Soponya) con cromosomas más grandes y un B-cromosoma particular, talla más

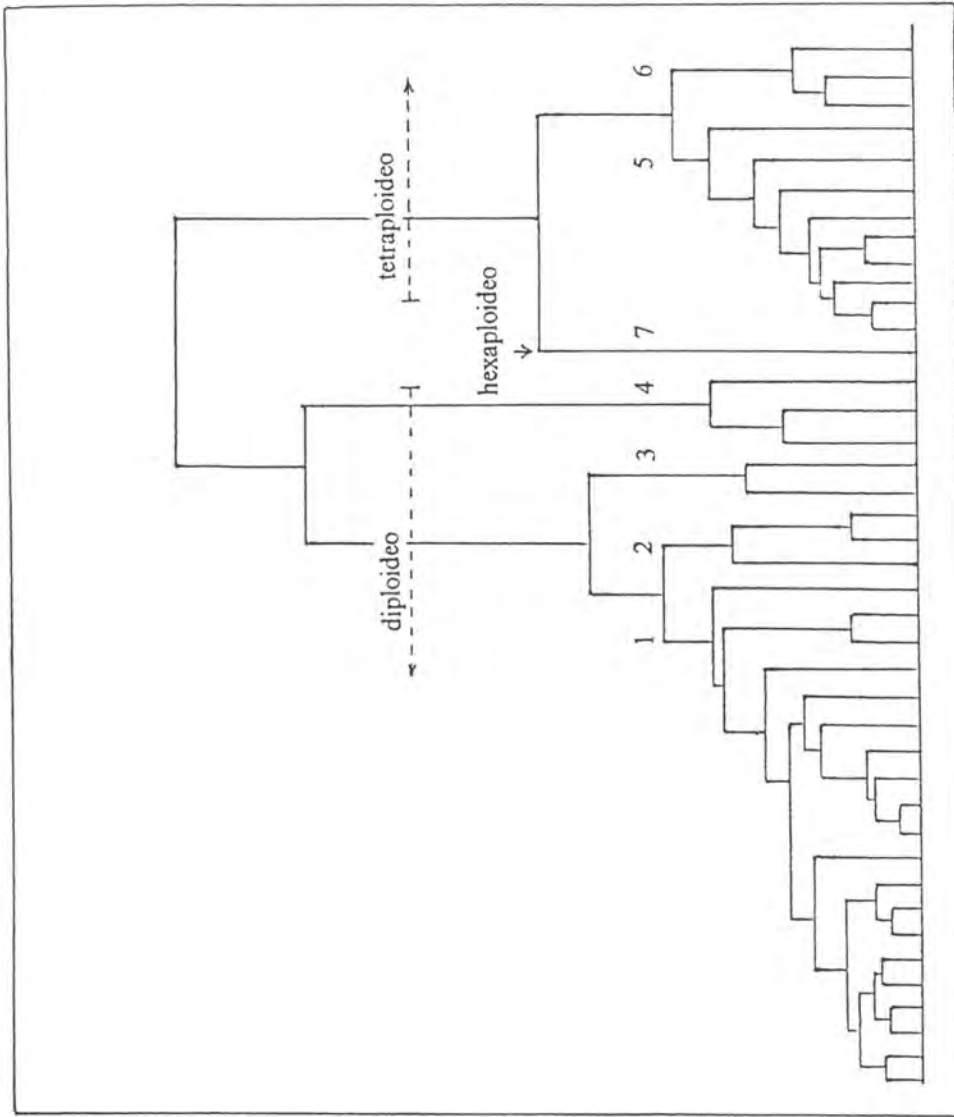


Fig. 4. CA investigación. (Explicación igual de Fig. 2)

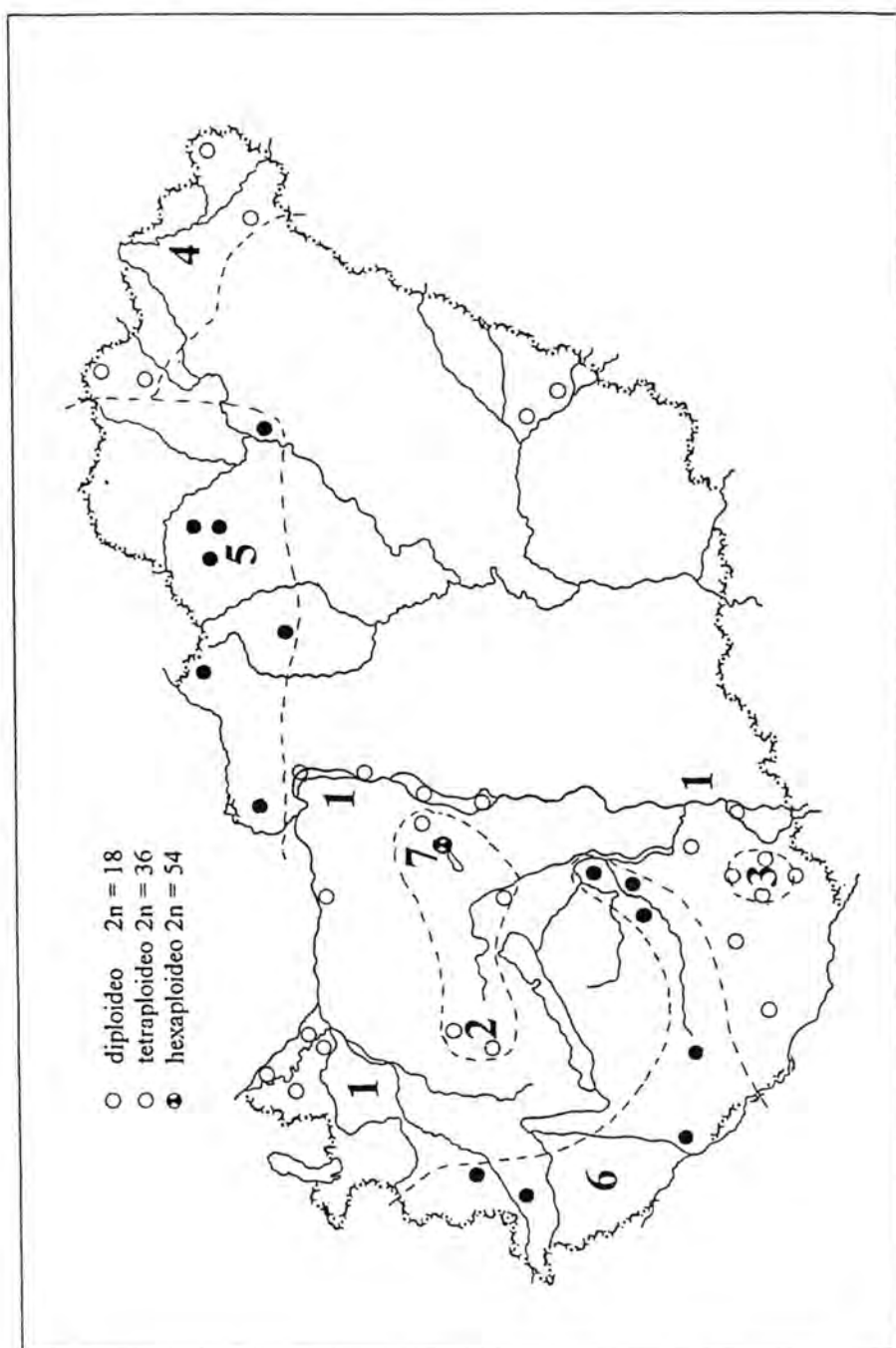


Fig. 5. Distribución de poblacions en Hungría. (Explicación igual de Fig. 2)

grande, semillas de color amarillo = *Scilla vindobonensis* Speta subsp. *vindobonensis* var. *transdanubialis* Kereszty var. *nov.*

D – Poblaciones del Sur de Transdanubio (montañas de Mecsek y Villány sobre 300 m de altura) con pocas y pequeñas flores, semillas de color amarillo con un elaiosoma de forma diferente del tipo = *Scilla vindobonensis* Speta subsp. *borhidiana* Kereszty subsp. *nov.*

Tetraploideos ($2n = 36$)

E – Poblaciones del Transdanubio, con tépalos más grandes, semillas de color verde-olivo en estado semi-maduro = *Scilla drunensis* Speta subsp. *drunensis*

F – Poblaciones de las montañas de Hungría nor-oriental (montañas de Börzsöny, Cserhát, Mátra y Bükk), plantas robustas con flores numerosas, tépalos más pequeños de color oscuro azul = *Scilla drunensis* Speta subsp. *buekkensis* (Speta) Kereszty comb. *nov.*

Hexaploideo ($2n = 54$)

G – Población de Nadap (montaña de Velence); plantas robustas con semillas grandes y negras = *Scilla spetana* Kereszty spec. *nov.*

SUMARIO

El autor ejecuta estudios biosistemáticos sobre las poblaciones de la especie *Scilla bifolia* s. l. (Hyacinthaceae) para una revisión taxonómica, mediante una colección experimental viva de la misma especie. Acerca de esta planta protegida de Europa Central se ha conocido, que este taxón descrito por Linné no es sistemáticamente homogéneo, teniendo en cuenta su diversidad morfológica y ecológica. Sin embargo, su variabilidad taxonómica no estaba evaluada correctamente durante muchos años (véase TUTIN y HEYWOOD 1980, p. 41). En la década pasada, estudios de MORDAK (1971) y SPETA (1980) revelaron el hecho, que la especie *Scilla bifolia* en sentido amplio representa un grupo de especies. El autor encontró que las poblaciones del mismo grupo existentes en Hungría, forman partes de un complejo de diploidos y poliploidos con los niveles siguientes: $2n = 18$ (diploideo); $2n = 36$ (tetraploideo); $2n = 54$ (hexaploideo); (véase KERESZTY y PODANI 1984). Por el número muy alto y el carácter transitorio de los datos obtenidos, los estudios requieren una aplicación de métodos estadísticos, para lograr una adecuada evaluación el autor empleó un sistema metodológico complejo de métodos numéricos. Este programa de aproximación empieza por el programa MULTISCA, que es un método de precategorización y preselección de los carac-

teres y parámetros para determinar las posibilidades de formar grupos de ellos. Después de esto siguen las investigaciones especiales, el análisis de correlaciones y covariancias entre caracteres y poblaciones por la utilización de análisis de los componentes principales (PRINCOMP program) y por análisis de componentes para estudiar las combinaciones de los algoritmos y métricas (NCLAS program). La aplicación de estos métodos permiten una agrupación objetiva de las poblaciones en base de un renglón de los caracteres, según el orden de sus valores discriminativos taxonómicos. En el caso de nuestra investigación resultó la distinción de 7 grupos, de los cuales 4 son diploideos, 2 tetraploideos y 1 hexaploideo. El rango taxonómico de estos grupos está confirmado por los resultados ulteriores del autor.

LITERATURA

- BORHIDI, A. y ISÉPY, I. (1966): Statistical studies on *Potentilla* species. – *Acta bot. hung.* **12**: 221–239.
- DAHLGREEN, R. M. T., CLIFFORD, H. T. y YEO, P. F. (1985): *The Families of the Monocotyledons*. – Heidelberg, Springer, 188 pp.
- FISCHER, J., HORÁNSZKY, A., KISS, N. y SZÓCS, Z. (1974): A new variant of discriminating analysis and its application to distinguishing *Festuca* populations. – *Ann. Univ. Scient. Budapest.* **16**: 63–86.
- FISCHER, J., KERESZTY, Z. y KISS, N. (1985): Character ranking for the *Scilla bifolia* Aggregate in Hungary by the application of SCAGA, a new technique of characterization. – *Acta bot. hung.* **31**: 205–224.
- GREENLEE, J., RAI, K. S. y FLOYD, A. D. (1984): Intraspecific variation in nuclear DNA content in *Collinsia verna* Nutt. (Scrophulariaceae). – *Heredity* **52**: 235–242.
- GREILHUBER, J. y SPETA, F. (1985): Geographical variation of genom size at low taxonomic levels in the *Scilla bifolia* Alliance (Hyacinthaceae). – *Flora* **176**: 431–438.
- HORÁNSZKY, A. (1960): Statistical studies on *Festuca* species. – *Ann. Univ. Scient. Budapest.* **3**: 225–227.
- HORÁNSZKY, A. y SZÓCS, Z. (1973): Die Trennung von *Festuca* Populationen mit Hilfe der Discriminanzanalyse. – *Ann. Univ. Scient. Budapest.* **15**: 75–81.
- ISHIMITSU, M. y TATEOKA, T. (1983): Morphological Variation and Taxonomy of the *Poa macrocalyx* Complex (Poaceae) in Hokkaido. – *Bot. Mag. Tokyo* **96**: 245–267.
- KERESZTY, Z. y SZILÁGYI, L. (1984): Cytological investigation of *Scilla bifolia* Populations in Hungary I. – *Acta bot. hung.* **30**: 53–66.
- KERESZTY, Z. y PODANI, J. (1984): A preliminary taxonomic study of the *Scilla bifolia* Aggregate in Hungary. – *Acta bot. hung.* **30**: 352–362.
- MILLER, J. M., CHAMBERS, K. L. y FELLOWS, C. E. (1984): Cytogeographic Patterns and Relationships in the *Claytonia sibirica* Complex (Portulacaceae). – *Syst. Bot.* **9**: 266–271.
- MORDAK, H. V. (1971): *Scilla* of the Soviet Union II. Taxonomy and Geography. – *Bot. Zhurn.* **56**: 1444–1458 (rúshen).
- NORMAN, E. M. y GUNN, C. R. (1985): *Pachecoia prismatica* (Fabaceae). Taxonomy and Phylogeny. – *Brittonia* **37**: 78–84.

- OJALA, A. (1984): Variation of *Angelica archangelica* ssp. *archangelica* (Apiaceae) in northern Fennoscandia. – *Ann. Bot. Fenn.* **21**: 103–115.
- PODANI, J. (1980): SYN-TAX I. Computer program package for cluster Analysis in ecology, phytosociology and taxonomy. – *Abstracta Botanica* **6**: 1–158.
- PODANI, J. (1984): SYN-TAX II. Computer programs for data analysis in ecology and systematics. – *Abstracta Botanica* **8**: 73.
- PRICE, H. J., CHAMBERS, K. L., BACHMANN, K. y RIGGS, J. (1983): Inheritance of nuclear DNA content variation in intraspecific and interspecific hybrids of *Microseris* (Asteraceae). – *Amer. J. Bot.* **70**: 1133–1138.
- SPETA, F. (1977): Cytotaxonomischer Beitrag zur Kenntnis der Scilla-Arten Ungarns und Siebenbürgens. – *Naturkundl. Jahrb. Linz* **22**: 6–63.
- SPETA, F. (1980): Die frühjahrsblühenden Scilla-Arten des östlichen Mittelmeerraums. – *Naturkundl. Jahrb. Linz* **25**: 19–198.
- SVÁB, J. (1964): *A szántóföldi kísérletezés jelentősége és módszerei a nagyüzemekben.* (Importance and methods of the field experimentation within the large agricultural concerns). – OMGK documentation, Budapest.
- TUTIN, T. C. y HEYWOOD, V. H. (1980): *Flora Europaea* V. – Cambridge, Univ. Press, pp. 41–43.
- WARWICK, S. I. y BLACK, L. D. (1983): The biology of Canadian weeds *Sorghum halepense* (L.) Pers. – *Canad. J. Plant Sci.* **63**: 997–1014.

(Received on 30 May, 1994)