

LA ESTRUCTURA DEL RODAL Y LA FUNCIÓN ECOLÓGICA DEL ARBOLADO EN EL PARQUE CIRCUNDANTE DE HEFEI, PROVINCIA DE ANHUI, CHINA

THE STAND STRUCTURE AND ECOLOGICAL FUNCTION OF WOODS IN HEFEI ROUND-THE-CITY PARK, ANHUI PROVINCE, CHINA

Wang Jianan*; Wu Zemin; Wang Yuan; Liu Hui

The Institute of Forestry and Landscape Gardening, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China. Correo-e: 3923909@163.com (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

El Parque Circundante de la ciudad de Hefei tiene características típicas de bosque urbano. En esta investigación se utilizan métodos de ecología de la vegetación para analizar la estructura de la comunidad del parque. La composición de especies, la distribución de alturas de los árboles y el DAP (diámetro a la altura del pecho) fueron descritos. Existen 27,662 árboles en el área de estudio, la cual tiene un área de bosque urbano de 42.5 hm². El DAP promedio fue de 19.2 cm, la densidad en pie fue de 651 árboles-hm² y el área basal promedio fue de 20.8 m²·hm⁻². Con base en la evaluación, los árboles en el parque cuentan con buena salud, pues representaron 53.4 % del total del bosque urbano. Las estructuras de la comunidad fueron analizadas a través del cálculo del índice de crecimiento de los árboles y la correlación de asociación de las especies componentes en el parque. Los resultados muestran que las estructuras de la comunidad en el parque son complejas; existen 22 pares de especies con asociación positiva y, en las siguientes comunidades, los individuos tienen buen crecimiento y son más estables, incluyendo principalmente *Platycladus orientalis-Prunus cerasifera* f. *atropurpurea-Osmanthus fragrans*, *Robinia pseudoacacia-Ligustrum lucidum*, *R. pseudoacacia-Ginkgo biloba-Photinia serrulata*, *Populus canadensis-L. lucidum-O. fragrans*, *Sophora japonica-L. lucidum-Buxus sinica*, *Cyclobalanopsis glauca-Distylium racemosum*.

PALABRAS CLAVE: Estructura de la comunidad, composición de especies, asociación de especies, arreglo de árboles, Parque Circundante de la Ciudad de Hefei.

ABSTRACT

Hefei Round-the-City Park has typical urban forest characteristics. This paper uses vegetation ecology methods to analyze the community structure of the park, and species composition, tree-height distribution and DBH (diameter at breast height) were described. There are 27,662 trees in the study area, which has an urban forest area of 42.5 hm². The average DBH was 19.2 cm, stand density was 651 trees-hm² and average basal area was 20.8 m²·hm⁻². Based on a health assessment, the trees in the park are in generally good health, as the healthy trees in the urban forest in the park accounted for 53.4 % of the total number. Through calculation of tree growth index and association correlation of component species in the park, the community structures were analyzed. The results show that community structures in the park are complex; there are 22 pairs of species with positive association and individuals in the following communities grow well and are more stable, including mainly *Platycladus orientalis-Prunus cerasifera* f. *atropurpurea-Osmanthus fragrans*, *Robinia pseudoacacia-Ligustrum lucidum*, *R. pseudoacacia-Ginkgo biloba-Photinia serrulata*, *Populus canadensis-L. lucidum-O. fragrans*, *Sophora japonica-L. lucidum-Buxus sinica*, *Cyclobalanopsis glauca-Distylium racemosum*.

KEYWORDS: Community structure, species composition, species association, tree arrangement, Hefei Round-the-City Park.



Recibido: 14 de noviembre, 2012
Aceptado: 09 de abril, 2014
doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.12.064
<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

“Silvicultura urbana” es un término científico sobre la teoría de bosques urbanos que fue creado por Jargenson, un silvicultor de la Universidad de Toronto, Canadá, en 1965, y desde entonces ha sido modificado en Norteamérica y subsecuentemente aceptado por los expertos en muchos países alrededor del mundo. Actualmente existen dos clases típicas de definiciones para “bosques urbanos”: una los define como la suma de todas las plantas leñosas y otras plantas asociadas en una ciudad que incluye su área circunvecina (Gobster, 1994; Miller, 1997); mientras que la otra, los define como una comunidad arbórea que cubre cierta área de una ciudad y sus suburbios. La investigación sobre bosques urbanos inició en la década de 1960 y muchas ciudades fueron seleccionadas como áreas de estudio, tales como Atenas, Grecia (Profous, Rowntree, & Loeb, 1988), Hong Kong (Jim, 1992), Praga, Checoslovaquia (Profous & Rowntree, 1993), Nueva York, EE. UU. (Richards, Mallette, & Simpson, 1984), Oakland, EE. UU. (Nowak, 1993), Chicago, EE. UU. (McPherson et al., 1997), Los Ángeles, EE. UU. (Miller & Winer, 1984) y San Francisco, EE. UU. (McBride & Froehlich, 1984). Varios estudios se realizaron en bosques urbanos de los Estados Unidos, abarcando temas como la definición de conceptos, análisis de beneficios, evaluación de valor, estrategias de manejo, etc., mientras que la investigación forestal urbana en Europa se centró principalmente en los bosques de la periferia urbana, enfocándose en un bosque con área determinada. Las características de esparcimiento, las funciones que requieren protección y el aumento de la biodiversidad fueron los principales temas abordados. En años recientes, algunas ciudades en China han propuesto el establecimiento de una “ciudad bosque” sobre la base de la teoría de los bosques urbanos. Hasta ahora, más de 30 ciudades en este país han sido designadas como “ciudad-bosque estatal”. Algunas también llevaron a cabo proyectos de investigación sobre los bosques urbanos, pero sólo unos pocos se concentraron en la composición y estructura del bosque urbano, tales como Shenyang, provincia de Liaoning (Li, Liu, & Wang, 2003) y Hefei, provincia de Anhui (Wu, Gao, & Zhang, 2003). Sin embargo, en la mayoría de ellos, todavía se siguieron los métodos tradicionales de modelos de estudio de jardinería del paisaje.

El patrón de composición de especies en las comunidades naturales es el resultado de la sucesión natural y es afectado no sólo por la condición del sitio, sino además por la relación ecológica entre especies. Algunas de éstas siempre crecen en el mismo tipo de comunidad y sus nichos son complementarios, mientras que otras nunca aparecen en el mismo tipo, posiblemente porque sus nichos se sobreponen y enfrentan entonces una fuerte competencia. Sin embargo, en la mayoría de los casos, un bosque urbano es hecho por la mano del hombre y es diferente de los bosques naturales. En un bosque urbano, es evidente que la composición de especies y estructura de la comunidad revelan los ideales del diseñador, incluyendo su perspectiva sobre la estética del paisaje y el entendimiento de las relaciones ecológicas entre las especies plantadas en una comunidad. Teóricamente, por lo tanto, se supone que la co-

INTRODUCTION

“Urban forestry” as a scientific term was created by Jargenson, a forester at the University of Toronto, Canada, in 1965, and from then on the theory of urban forest has been shaped in North America and subsequently accepted by experts in many countries across the world. At present there are two typical kinds of definitions for “urban forest”: one defines it as the sum of all woody plants and other associated plants in a city which includes its surrounding area (Gobster, 1994; Miller, 1997), while the other definition is the tree community covering a certain area in a city and its suburbs. Research on urban forests started in the 1960's and many cities were selected as the study areas, such as Athens, Greece (Profous, Rowntree, & Loeb, 1988), Hong Kong (Jim, 1992), Prague, Czechoslovakia (Profous & Rowntree, 1993), New York, U. S. (Richards, Mallette, & Simpson, 1984), Oakland, U. S. (Nowak, 1993), Chicago, U. S. (McPherson et al., 1997), Los Angeles, U. S. (Miller & Winer, 1984) and San Francisco, U. S. (McBride & Froehlich, 1984). Several studies were conducted on urban forests in the United States, covering such topics as definition of concept, benefit analysis, value assessment, management strategies, etc., while urban forest research in Europe mainly focused on forests in the urban outskirts, and the stress was placed on a forest which had a certain area. Recreational features, functions requiring protection and increased biodiversity were the main topics addressed. In recent years, some cities in China have proposed establishing a “forest city” on the basis of urban forest theory. In total, over 30 cities in this country have been designated a “state forest city” so far. Some cities also carried out research projects on urban forests, but only a few focused on urban forest composition and structure, such as Shenyang, Liaoning province (Li, Liu, & Wang, 2003), and Hefei, Anhui province (Wu, Gao, & Zhang, 2003). However, most of them still followed the traditional methods of landscape gardening study models.

The species composition pattern in natural communities is the result of natural succession and is affected not only by site condition, but also by the ecological relationship among the species. Some species always grow in the same type of community and their niches are complementary, while some others never appear in the same type of community, perhaps because their niches overlap and will thus meet strong competition if they grow at the same site. However, in most cases an urban forest is manmade and different from the natural forest. It is apparent that its species component and community structure reveal the ideals of the designer, including the designer's perspective on landscape aestheticism and understanding of the ecological relationships among the species planted in a community. Theoretically, therefore, the man-arranged community is supposed to have some regulation reflected by the correlation among species.

munidad arreglada por el hombre tiene alguna regulación reflejada por la correlación entre especies.

Los bosques al interior de un área urbana son una parte importante donde los factores de perturbación humana son más influyentes. La composición de especies y la estructura de la comunidad en estos sitios tienen un impacto directo en los beneficios ecológicos y la calidad del paisaje del bosque urbano, haciéndolos dignos de estudio a profundidad. El presente trabajo adopta el método de investigación de la vegetación para analizar el Parque Circundante de la ciudad de Hefei, que cuenta con características típicas de bosque urbano y está situado en el centro de la ciudad. El parque fue creado en la década de 1950; las principales especies de árboles plantadas en ese momento fueron *Robinia pseudoacacia*, *Salix matsudana*, *Populus* spp., *Sophora japonica* y *Ulmus pumila*. En 1980, algunas especies de árboles ornamentales como *Cedrus*, *Osmanthus* y cherry fueron replantadas. Desde entonces, pocas actividades de mantenimiento se han llevado a cabo en el parque, proporcionando una excelente área para estudiar comunidades forestales en zonas urbanizadas. El objetivo de este trabajo es discutir la posibilidad de adoptar métodos tradicionales de investigación de vegetación para el estudio de una comunidad forestal urbana. La estructura y composición de la comunidad fueron comparadas y analizadas de 1980 a 2010. Además, se pretendió determinar si la selección de especies, el diseño de plantación y el manejo de los árboles fueron razonables durante ese periodo, lo que se considera, proporcionaría una referencia para la construcción de bosques urbanos y la investigación en el futuro. una referencia para la construcción de bosques urbanos y la investigación en el futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El Parque Circundante de la ciudad de Hefei fue seleccionado como área de estudio, el cual está localizado en el centro de la ciudad. Hefei está situada en la parte sureste de China (Figura 1), entre los ríos Yangtze y Amarillo (117°11'~117°22' E y 31°48'~31°58' N). Hefei se construyó como un pueblo en el año 200 a. C., inicialmente, sólo para propósitos defensivos. La ciudad se convirtió en la capital de la provincia de Anhui en 1953. Hoy en día, el área urbanizada de la ciudad cubre 200 km² con una población de tres millones. La región pertenece a la zona de clima subtropical norte, un típico clima subtropical húmedo y templado. La temperatura promedio anual es 15.7 °C, 2.1 °C en enero y 28.3 °C en julio. La temperatura más baja registrada es -20.6 °C y la precipitación anual es de 1,000 mm. La vegetación de la zona es una mezcla de bosques perennifolios y caducifolios de hoja ancha, y las especies nativas principales son *Quercus accutissima*, *Q. variabilis*, *Platycarya strobilacea*, *Pterocarya stenoptera*, *Koelreuteria paniculata*, *Cyclobalanopsis glauca* y *Liquidambar formosana*.

The woods within an urban area are an important part of an urban forest, especially in a built-up area, where human disturbance factors are more influential. The species composition and community structure in these sites have a direct impact on the ecological benefits and landscape quality of the urban forest, making them worthy of in-depth study. The present paper adopts the vegetation research method to analyze Hefei Round-the-City Park, which has typical urban forest characteristics and is located in the city center. The park was created in the early 1950's; major tree species planted at that time were *Robinia pseudoacacia*, *Salix matsudana*, *Populus* spp., *Sophora japonica* and *Ulmus pumila*. In 1980, some ornamental tree species such as *Cedrus*, *Osmanthus* and cherry, were replanted. Since then only a few maintenance activities have been carried out in the park; as a result, it provides a good area in which to study urban forest communities in built-up areas. The aim of this paper is to discuss the possibility of adopting traditional vegetation research methods for the study of an urban forest community. The community structure and composition were compared and analyzed for the period from 1980 to 2010. Furthermore, it was intended to determine whether the species selection, planting design and tree management were reasonable in the park within that 30-year period, which we believe will provide a reference for urban forest construction and research in the future.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area

Hefei Round-the-City Park was selected as the study area, which is located in the city's downtown area. Hefei is situated in the southeast part of China (Figure 1), between the Yangtze and Yellow rivers (117° 11'~117° 22' E and 31° 48'~31° 58' N). Hefei was built as a town in 200 B.C. initially for defensive purposes only. The city became the capital of Anhui province in 1953. Today the built-up area of the city covers about 200 km² with a population of three million. The region belongs to the north subtropical climate zone, a typical moist and warm subtropical climate. Mean annual temperature is 15.7 °C, 2.1 °C in January and 28.3 °C in July. The lowest recorded temperature was -20.6 °C, and the annual precipitation is 1,000 mm. The zonal vegetation is a mixture of evergreen and deciduous broadleaf forests, and the major native species are *Quercus accutissima*, *Q. variabilis*, *Platycarya strobilacea*, *Pterocarya stenoptera*, *Koelreuteria paniculata*, *Cyclobalanopsis glauca* and *Liquidambar formosana*.

An obvious characteristic of the city's greening layout is the park, which mainly consists of trees and bushes. It was built on the basis of a forest belt, which was established at the base of the old city wall in the 1950's, and the major tree species planted at that time were *S. japonica*, *R. pseudoacacia*, *U. pumila*, *Populus canadensis* and *Platycladus orientalis*. In 1980, through a reconstruction program, the park was developed in the Round-the-City forest. When the park was

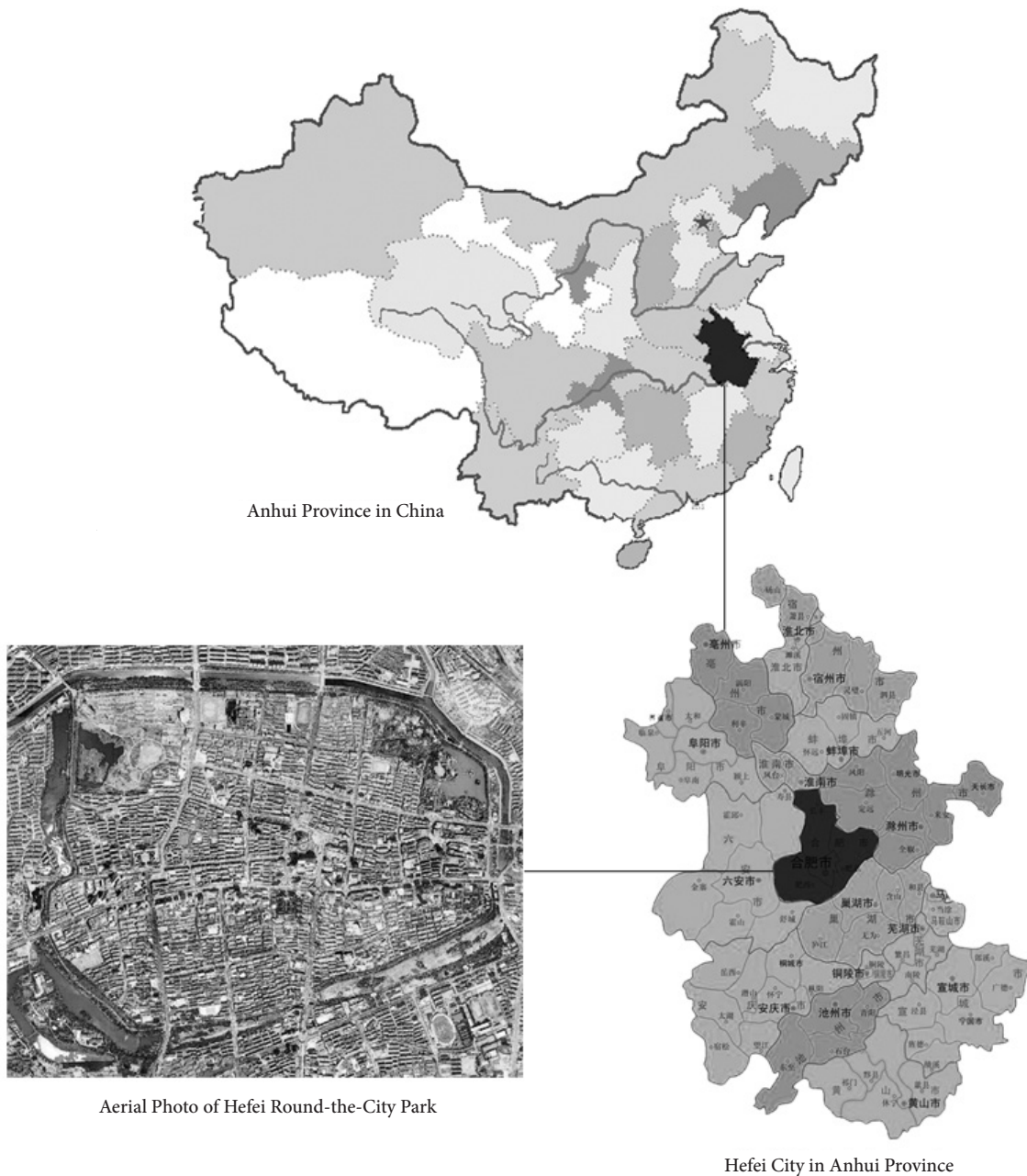


FIGURA 1. Mapa de ubicación del Parque Circundante de la ciudad de Hefei, China.

FIGURE 1. Location map of Hefei Round-the-City Park.

Una característica obvia del verdor en la ciudad es el parque, el cual consiste principalmente de árboles. Éste fue construido sobre la base de un cinturón forestal, establecido en la base de la antigua muralla en la década de 1950. Las principales especies de árboles plantados en aquel tiempo fueron *S. japonica*, *R. pseudoacacia*, *U. pumila*, *Populus canadensis* y *Platycladus orientalis*. En 1980, por medio de un programa de reconstrucción, el parque fue desarrollado en el bosque circundante de la ciudad. Cuando el parque fue establecido tenía 8.6 km de largo y 137.6 ha, de las cuales el bosque cubría 42.5 ha. El parque fue dividido en seis áreas escénicas con diferentes paisajes, utilizando el camino principal de la ciudad, la topografía y los accidentes geográficos naturales.

established, it was 8.6 km long and 137.6 ha in area, of which woodland covered 42.5 ha. Using the city's main road and the natural topography and landforms, the park was divided into six scenic areas with different landscapes.

Field sampling

According to the characteristics of the ring park, the sampling research method was used and a total of 62 sample plots (10 m x 30 m) were located every 300 m internally along the long axis; the sample area covered about 18 % of the ring park area. On each plot, every tree was identified by species, and its DBH (diameter at breast height: diame-

Muestreo de campo

De acuerdo con las características del parque circundante, se utilizó el método de investigación de muestreo. En total, 62 parcelas de 10 m x 30 m, fueron localizadas internamente cada 300 m a lo largo del eje; el área de muestra cubrió aproximadamente 18 % del área del anillo del parque. En las parcelas, cada árbol fue identificado por especie, y su DAP (diámetro a la altura del pecho: 1.3 m sobre el suelo), altura total, altura a la base de la copa, radio de la corona, forma de la corona y estado de las copas fueron registrados (McBride & Jacobs, 1986). El estado de salud de los árboles se clasificó en seis clases con base en las características del follaje. Un árbol fue calificado como excelente (clase I) si menos de 5 % de la corona mostró degradación o decoloración de la hoja y la corona era simétrica y completa. La clase II indicó una calificación sanitaria buena con árboles exhibiendo 5 % a 25 % de degradación o decoloración; una calificación sanitaria moderada (clase III) indicó 26 % a 50 % de degradación; mala salud (clase IV) incluyó árboles con 51 % a 75 % de degradación; la clase V mostro árboles moribundos (79 % a 99 %); y la clase VI, árboles muertos (sin hojas). Los datos se clasificaron en buena salud (incluyendo I y II), moderada (III), mala (IV), moribundos (V) y muertos (VI); las puntuaciones de 5 a 0 fueron dadas a cada clase, respectivamente (Miller, 1997).

Evaluación de la función ecológica

Los beneficios ecológicos de los bosques de la ciudad se estimaron con el modelo computacional American Forests' CITY-green 5.0, basado en ArcView3.x. Los beneficios ecológicos del modelo incluyen principalmente: almacenamiento de carbono y captura de carbono, escorrentía reducida de tormenta, purificación del aire, conservación de la energía y suministro de la fauna. En este artículo se estudiaron las tres primeras clases.

Estado de salud del árbol

El estado de salud del árbol fue expresado como el índice de crecimiento:

$$\text{Growth index} = (\sum A*B) / (C*D)$$

Donde:

- A = Número de árboles en cada grado
- B = Valor asignado para cada grado
- C = Número total de árboles individuales
- D = Valor asignado del grado más alto

Con base en el esquema de calificación mencionado anteriormente, el índice de crecimiento es 1.0 si la población completa de una especie es identificada como saludable; mientras este índice sea más cercano a 1.0, más saludable será la especie.

ter at 1.3 m above ground), total height, height to base of live crown, crown radius, crown shape and crown condition were measured (McBride & Jacobs, 1986). Tree health condition was classified into six classes based on foliage characteristics. A tree was rated as excellent (class I) if less than 5 % of the crown showed dieback or leaf discoloration and the crown was symmetrical and full. Class II indicated a health rating of good, with trees exhibiting 5 % to 25 % dieback or discoloration; a moderate health rating (class III) indicated 26 % to 50 % dieback; poor health (class IV) included trees with 51 % to 75 % dieback; class V, dying (79 % to 99 %); and class VI, dead (no leaves). The data summarized as good (including I, II), moderate (III), poor (IV) dying (V) and dead (VI); the scores of 5 to 0 were given to each class respectively (Miller, 1997).

Ecological function evaluation

To estimate the ecological benefits of the city's forests, American Forests' CITY-green 5.0 computer model based on ArcView3.x was used. The ecological benefits of the model mainly include: carbon storage and carbon sequestration, reduced storm runoff, air purification, energy conservation and wildlife provision. In this paper, the first three kinds were studied.

Tree health status

Tree health status was expressed as a growth index:

$$\text{Growth index} = (\sum A*B) / (C*D)$$

Where:

- A = Number of trees at each grade
- B = Scored value of each grade
- C = Total number of individual trees present
- D = Scored value of the highest grade

Based on the score mentioned above, if the whole population of a species is identified as healthy, its growth index is 1.0. The closer the growth index is to 1.0, the healthier the species is.

Associated correlation

Associated correlation (AC) was calculated by the following formulas:

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(b + d)} \quad ad > bc$$

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(a + c)} \quad bc > a \text{ and } d \geq a$$

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(b + d)(c + d)} \quad bc > ad \text{ and } d$$

Correlación asociada

La correlación asociada (CA) se calculó con las fórmulas siguientes:

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(b + d)} \quad ad > bc$$

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(a + c)} \quad bc > a \text{ and } d \geq a$$

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(b + d)(c + d)} \quad bc > ad \text{ and } d$$

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + c)(c + d)} \quad d = 0$$

Donde:

a = Número de muestras donde ambas especies estuvieron presentes

b = Número de muestras donde la especie B estuvo presente, mientras que la especie A no lo estuvo

c = Número de muestras donde la especie A estuvo presente, mientras que la especie B no lo estuvo

d = Número de muestras donde ambas especies estuvieron ausentes

El gráfico semi-matriz de la asociación de especies fue dibujado de acuerdo con el valor de CA (Song, 2001).

Prueba X²

La correlación asociada entre especies en una comunidad es compleja. X² es un valor estadístico utilizado para verificar si la correlación asociada de dos especies en una comunidad es significativa o no:

$$X^2 = \frac{(ad - bc)^2 N}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

Donde N es el número total de muestras, mientras que a, b, c y d son las mismas que en las fórmulas de CA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen 27,662 árboles en el área de estudio, la cual tiene 42.5 ha de bosque. El DAP es de 14 cm, la densidad es de 651 árboles·ha⁻¹ y la densidad de carga es de 20.8 m²·ha⁻¹. En esencia, el parque tiene las características fundamentales de un rodal de bosque urbano, basado en la definición de Rowantree (1984a, 1984b).

Composición de especies

En total, se registraron 67 especies de árboles. Con base en el número de individuos, las siguientes 10 especies fueron

$$AC = \frac{(ad - bc)}{(a + c)(c + d)} \quad d = 0$$

Where:

a = Number of samples where both species were present

b = Number of samples where species B was present while species A wasn't

c = Number of samples where species A was there while species B wasn't

d = Number of samples where both species were absent

The semi-matrix chart of species association was drawn according to AC value (Song, 2001).

X² test

The associated correlation between species in a community is complex. X² as a statistical value is used to check if the associated correlation of two species that existed in some community is significant or not.

Where N is the number of total samples and a, b, c, d are the same as the formulas of AC.

$$X^2 = \frac{(ad - bc)^2 N}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

RESULTS AND DISCUSSION

There are 27,662 trees in the study area, which has 42.5 ha of woodland. The average DBH was 14 cm, the density 651 trees·ha⁻¹, and the stocking density 20.8 m²·ha⁻¹. In essence, the park has the fundamental characteristics of an urban forest stand based on the definition by Rowantree (1984a, 1984b).

Species composition

In total, 67 tree species were recorded. Based on the individual number of each species, the following 10 species were rated at the top of the list: *Ligustrum lucidum*, *R. pseudoacacia*, *Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*, *Cedrus deodara*, *P. serrulata*, *Osmanthus fragrans*, *Prunus serrulata* var. *lannesiana*, *Photinia davidsoniae*, *G. biloba*, and *Broussonetia papyrifera*. The frequency of *R. pseudoacacia* in samples is 68 %, which is the highest among the species. Compared to the historical record, the species composition has changed (Table 1).

Some species planted during the park's initial period are absent today, such as *Pinus thunbergii*, *Pseudolarix kaempferi*, *Rhus chinensis* and *Rhus typhina*. Others are in a poor growing situation and not in the list of the 30 major species, such as *Prunus mume*. Moreover, species such as *G. biloba*, *K. paniculata*, *Paulownia tomentosa*, *B. papyrifera*, *Hibiscus syriacus*, *Buxus sinica*, *Speraea* sp. and *Pyracantha fortuneana* exist today but are not in the major species list

CUADRO 1. Comparación de la composición de especies en el Parque Circundante de la Ciudad de Hefei, de 1980 a 2010.

Tiempo	Especies más importantes de la composición	Notas
1980 (cuando el parque fue creado)	Plantadas en grupo: * <i>Pinus thunbergii</i> , <i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i> , <i>Magnolia grandiflora</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> . Las especies principales: <i>Viburnum odoratissimum</i> var. <i>awabuki</i> , <i>Photinia serrulata</i> , * <i>Cinnamomum camphora</i> , <i>Ligustrum sinense</i> , <i>Populus canadensis</i> , <i>Sophora japonica</i> , <i>Lagestromia indica</i> , <i>Punica granatum</i> , * <i>Pseudolarix kaempferi</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Bischofia polycarpa</i> , <i>Platycladus orientalis</i> , <i>Liquidambar formosana</i> , <i>Acer</i> spp., <i>Sapium sebiferum</i> , * <i>Rhus chinensis</i> , * <i>Rhus typhina</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> , <i>Prunus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i> , <i>Pitosporum tobira</i> , <i>Cercis chinensis</i> , * <i>Prunus mume</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i> .	La marca * significa que la especie está ausente hoy o que el número de la especie declinó y no está en la lista de las 30 especies principales, basado en número individual.
2010	<i>Ligustrum lucidum</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i> , <i>Pitosporum tobira</i> , <i>Cedrus deodara</i> , <i>Photinia serrulata</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> , <i>Prunus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i> , <i>Photinia davidsoniae</i> , <i>Ginkgo biloba</i> , <i>Broussonetia papyrifera</i> , <i>Speraea</i> spp. <i>Magnolia grandulifera</i> , <i>Sophora japonica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Ligustrum quehoui</i> , <i>Lagestramia indica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Platycladus orientalis</i> , <i>Cercis chinensis</i> , * <i>Trachycarpus fortunei</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i> , * <i>Koelreuteria paniculata</i> , <i>Sapium sebiferum</i> , * <i>Hibiscus syriacus</i> , <i>Acer berugerianum</i> , <i>Sabina chinensis</i> , * <i>Buxus sinicam</i> , * <i>Paulownia tomentosa</i> , <i>Pyracantha fortuneana</i> .	La marca * significa que la especie estaba ausente cuando el parque fue creado en 1980 o que no estaba en el listado de especies principales en ese tiempo.

TABLE 1. Comparison of species composition in Hefei Round-the-City Park from 1980 to 2010.

Time	Major composition species	Notes
1980 (when the park was created)	Planted in group: * <i>Pinus thunbergii</i> , <i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i> , <i>Magnolia grandiflora</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> . The major species: <i>Viburnum odoratissimum</i> var. <i>awabuki</i> , <i>Photinia serrulata</i> , * <i>Cinnamomum camphora</i> , <i>Ligustrum sinense</i> , <i>Populus canadensis</i> , <i>Sophora japonica</i> , <i>Lagestromia indica</i> , <i>Punica granatum</i> , * <i>Pseudolarix kaempferi</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Bischofia polycarpa</i> , <i>Platycladus orientalis</i> , <i>Liquidambar formosana</i> , <i>Acer</i> spp., <i>Sapium sebiferum</i> , * <i>Rhus chinensis</i> , * <i>Rhus typhina</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> , <i>Prunus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i> , <i>Pitosporum tobira</i> , <i>Cercis chinensis</i> , * <i>Prunus mume</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i> .	The mark * means that the species is absent today or that the number of the species declined and is not in the list of the 30 major species based on individual number.
2010	<i>Ligustrum lucidum</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Prunus cerasifera</i> f. <i>atropurpurea</i> , <i>Pitosporum tobira</i> , <i>Cedrus deodara</i> , <i>Photinia serrulata</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> , <i>Prunus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i> , <i>Photinia davidsoniae</i> , <i>Ginkgo biloba</i> , <i>Broussonetia papyrifera</i> , <i>Speraea</i> spp. <i>Magnolia grandulifera</i> , <i>Sophora japonica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Ligustrum quehoui</i> , <i>Lagestramia Indica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Platycladus orientalis</i> , <i>Cercis chinesis</i> , * <i>Trachycarpus fortunei</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i> , * <i>Koelreuteria paniculata</i> , <i>Sapium sebiferum</i> , * <i>Hibiscus syriacus</i> , <i>Acer berugerianum</i> , <i>Sabina chinensis</i> , * <i>Buxus sinicam</i> , * <i>Paulownia tomentosa</i> , <i>Pyracantha fortuneana</i> .	The mark * means that the species were absent when the park was built in 1980 or was not in the major species list at that time.

catalogadas en la cima del listado: *Ligustrum lucidum*, *R. pseudoacacia*, *Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*, *Cedrus deodara*, *P. serrulata*, *Osmanthus fragrans*, *Prunus serrulata* var. *lannesiana*, *Photinia davidsoniae*, *G. biloba* y *Broussonetia papyrifera*. La frecuencia de *R. pseudoacacia* en las muestras fue de 68 %, la cual fue la más alta entre las especies. Comparada con el registro histórico, la composición de especies ha cambiado (Cuadro 1).

Algunas especies plantadas durante el periodo inicial del parque, como *Pinus thunbergii*, *Pseudolarix kaempferi*, *Rhus chinensis* y *Rhus typhin*, ya no existen. Otras están en una

of the 1980's record. It is apparent that changes in species composition have taken place in the park during the past three decades. This is mainly because some species grow slowly in height in their early growth stage, and, as a result, they end up in the stand understory and decline gradually, such as *P. thunbergii* and *Pseudolarix amabilis*. Others, such as *R. typhina* and *Rhus anacardiaceae*, are edge species with sprouting capabilities, which caused the breakup of the original well-designed landscape and eventually had to be removed. Secondly, natural regeneration took place in some native species, such as *B. papyrifera*. It became the major covering species in some stands which received no

mala situación de crecimiento y fuera del listado de las 30 especies principales, como *Prunus mume*. Además, especies como *G. biloba*, *K. paniculata*, *Paulownia tomentosa*, *B. papyrifera*, *Hibiscus syriacu*, *Buxus sinica*, *Speraea* sp. y *Pyracantha fortuneana* existen todavía pero no se encuentran en la lista de las especies principales del registro de 1980. Es evidente que han ocurrido cambios en la composición de especies en el parque durante las tres décadas pasadas. Esto se debe principalmente a que las especies, en su etapa temprana de crecimiento, crecen lentamente en altura y como resultado terminan en el sotobosque del rodal y declinan gradualmente, tal como ocurre con *P. thunbergii* y *Pseudolarix amabilis*. Otras como *R. typhina* y *Rhus anacardiaceae* son especies de periferia con capacidad de germinación, lo que provocó la ruptura del bien diseñado paisaje original y, finalmente, tuvieron que ser retiradas. En segundo lugar, la regeneración natural tuvo lugar en algunas especies nativas como *B. papyrifera*. Ésta se convirtió en la especie principal de cobertura en algunos rodales que no recibieron manejo intensivo. Es muy difícil retirar todos estos árboles.

Patrones de distribución de DAP y clases de altura

El DAP promedio es de 14 cm; 54 % de la población de árboles del parque tiene el DAP mayor de 10, mientras que los árboles con más de 30 cm (DAP) representaron sólo 9 %. La altura promedio del árbol en el parque es de 6.9 m. La estructura de las especies principales muestra que los árboles con más de 10 m de altura representaron 24 % de toda la población y que son los árboles del dosel. El patrón de distribución de altura muestra que el rodal tiene una estructura vertical bien desarrollada (Figura 2). La mayoría de los árboles grandes son *R. pseudoacacia*, *P. stenoptera*, *C. deodara*, *B. papyrifera*, *U. pumila*, *P. canadensis*, *K. paniculata*, *S. japonica* y *Bischofia polycarpa*, en tanto que los árboles pequeños más comunes son *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *L. lucidum*, *Prunus serrulata*, *B. papyrifera* y *Photinia serrulata*.

Análisis del índice de crecimiento

El estado de salud de los árboles es un indicador importante para la gestión de los bosques urbanos, pues refleja si los

intensive management. It is very hard to remove all of these trees.

Distribution patterns of DBH and height classes

The average DBH was 14 cm; and 54 % of the park's tree population is more than 10 cm in DBH, while big trees with more than 30 cm accounted for only 9 % of all trees. The average tree height in the park was 6.9 m. The height structure for major species shows that trees higher than 10 m accounted for 24 % of the whole population, and they are overstory trees. The height distribution pattern shows that the stand has a well-developed vertical structure (Figure 2). Most big trees are *R. pseudoacacia*, *P. stenoptera*, *C. deodara*, *B. papyrifera*, *U. pumila*, *P. canadensis*, *K. paniculata*, *S. japonica* and *Bischofia polycarpa*, whereas the major small trees are *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *L. lucidum*, *Prunus serrulata*, *B. papyrifera* and *Photinia serrulata*.

Analysis of growth index

The health condition of trees is an important indicator for urban forest management, which reflects whether the trees adapt to the site where they grow and whether the trees have been well maintained, and also reveals whether the planting design is reasonable or not (McBride & Jacobs, 1986; McPherson, 1998). By analyzing the growth index, future maintenance work can be estimated. It can also provide a basis for future adjustment of community structure and information for planting design.

The results showed that the average health value of the park's trees was 3.12, which is in the moderate level. An estimated 9 % of all trees were placed in the excellent health class and 24 % in the second class, which means that one third of the overall tree population is healthy.

Based on the growth index of 20 species, *G. biloba* rated at the top with 0.96. Other species with a growth index of more than 0.5 include *Magnolia grandiflora*, *R. pseudoacacia*, *Prunus serrulata*, *C. deodara*, *P. davidsonia*, *P. serrulata*, *Trachycarpus fortunei*, *O. fragrans*, *Pitosporum tobira*, *B. papyrifera*, *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *Punica granatum*, *Cercis sinen-*

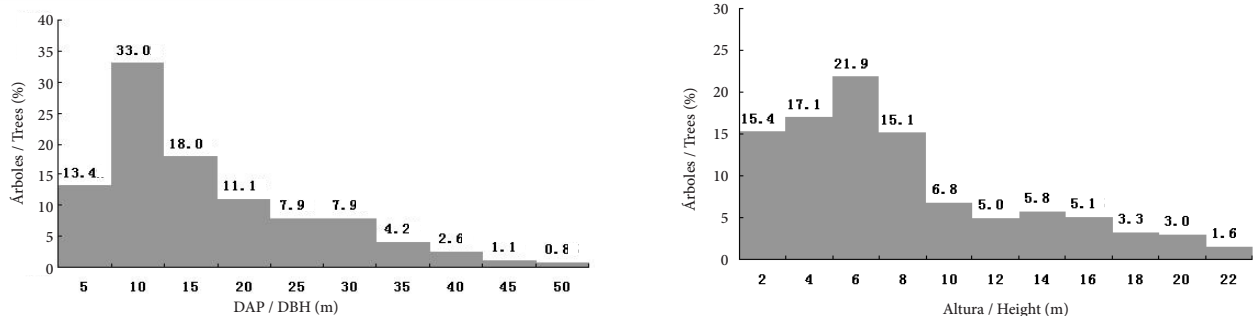


FIGURA 2. Altura y patrones de distribución de DAP (diámetro a la altura del pecho) en los árboles del Parque Circundante de la Ciudad de Hefei.

FIGURE 2. Height and DBH (diameter at breast height) distribution patterns of Hefei Round-the-City Park trees.

árboles se adaptan al lugar donde crecen, si han sido bien mantenidos y si el diseño de plantación es razonable o no (McBride & Jacobs, 1986; McPherson, 1998). Al analizar el índice de crecimiento, el trabajo de mantenimiento a futuro puede ser estimado, también puede proporcionar una base para la futura adaptación de la estructura de la comunidad y la información para el diseño de plantación. Los resultados mostraron que el valor promedio de la salud de los árboles del parque es 3.12, lo cual está en el nivel moderado. Se estima que 9 % de todos los árboles fueron ubicados en la clase de salud excelente y 24 % en la segunda clase, lo que significa que un tercio de la población total de árboles está sano.

Con base en el índice de crecimiento de 20 especies, *G. biloba* fue clasificada en la parte superior con 0.96. Otras especies con un índice de crecimiento de más de 0.5 incluyen *Magnolia grandiflora*, *R. pseudoacacia*, *Prunus serrulata*, *C. deodara*, *P. davidsonia*, *Photinia serrulata*, *Trachycarpus fortunei*, *O. fragrans*, *Pitosporum tobira*, *B. papyrifera*, *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *Punica granatum*, *Cercis sinensis* y *Lagestromia indica*. El índice de crecimiento de *S. japonica*, *L. lucidum*, *Prunus persica*, *Platycladus orientalis* está por debajo de 0.5. Entre ellas, la condición de crecimiento de *P. orientalis* es un índice de crecimiento de sólo 0.24. Las especies que viven por debajo del dosel como *L. lucidum*, *P. orientalis* y *P. persica* tienen índice de crecimiento usualmente bajo; estos árboles están en deterioro debido a la luz limitada. Otras especies con índice de crecimiento bajo son los árboles viejos como *S. japonica*.

Categorías de la comunidad

Como se mencionó, el parque fue reconstruido sobre la base de un cinturón de bosque. Existen diferentes arreglos de plantación y estructuras complejas. De acuerdo con la estructura vertical, las comunidades en el parque se pueden dividir básicamente en dos tipos: la comunidad monocapa y la comunidad multicapa.

Respecto a los bosques de coníferas de tipo monocapa, *Metasequoia gryptostrobooides* y *C. deodara* son las especies principales. Éstas se plantan generalmente en grupo, solas o mezcladas con algunas especies de árboles caducifolios en alta densidad. Los árboles de este tipo normalmente crecen muy poco presentándose un adelgazamiento natural. El bosque de hoja ancha tipo monocapa consiste principalmente en comunidades puras de *K. paniculata*, *L. formosana* y *P. cerasifera* f. *atropurpurea* o de comunidades mixtas tales como *R. pseudoacacia* + *K. paniculata*, *L. lucidum* + *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, y *L. lucidum* + *P. davidsonia* en un área pequeña donde crean mosaicos paisajísticos con diferentes colores y texturas. Los bosque mixtos de tipo monocapa con las principales especies de coníferas y de hoja ancha son *R. pseudoacacia* + *C. deodara*, y *C. deodara* + *A. mono*. El primero ocupa un área importante mucho mayor del parque y en su mayoría son restos de la plantación inicial.

sis, and *Lagestromia indica*. Growth index of *S. japonica*, *L. lucidum*, *Prunus persica*, *Platycladus orientalis* is below 0.5. Among them, the growing condition of *Platycladus orientalis* is the worst, with a growth index of only 0.24. For species living in the sub canopy, such as *L. lucidum*, *P. orientalis* and *P. persica*, the growth index is usually low. Because of limited light there, these trees are in decline. In addition, others with a low growth index are old trees, *S. japonica* and so on.

Community categories

As mentioned above, the park was redeveloped on the basis of a forest belt. There are many different planting arrangements and complex structures. According to the vertical structure, the communities in the park can be divided into basically two types: monolayer community and multilayer community.

As for the monolayer type of conifer woods, *Metasequoia gryptostrobooides* and *C. deodara* are major species for this type. These species are usually planted in a group, alone or mixed with some deciduous tree species in high density. The trees of this type normally grow poorly and natural thinning takes place. The monolayer type of broadleaf forest mainly consists of pure communities of *K. paniculata*, *L. formosana* and *P. cerasifera* f. *atropurpurea*, or of mixed communities such as *R. pseudoacacia* + *K. paniculata*, *L. lucidum* + *P. cerasifera* f. *atropurpurea* and *L. lucidum* + *P. davidsonia* in a small area where they create landscape mosaics with different colors and textures. Monolayer types of mixed forest with major conifer and broadleaf species are *R. pseudoacacia* + *C. deodara*, and *C. deodara* + *A. mono*. The former occupied a much greater area of the park and mostly are remains of the original plantation.

The multilayer community can be divided into two types: the mixed conifer and broadleaf species and the multilayer type of mixed broadleaf forest. Major conifer species mixed with some broadleaf species are *M. gryptostrobooides*, *C. deodara*, *P. orientalis* and *Juniperus chinensis*. This type basically remains as the original forest belt. In this type, if conifer species were mixed with big broadleaf trees or fast-growing trees, these conifer trees would normally have a bad growing situation or even be dying since they are at sub canopy, such as *R. pseudoacacia*-*C. deodara*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *K. paniculata*-*Sabina chinensis*-*L. lucidum*, and *B. polycarpa*-*P. orientalis*. But if conifer species were mixed with small broadleaf trees, the conifer trees could dominate the overstory, and then they could grow normally, such as *P. orientalis*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*-*O. fragrans*. The multilayer type of mixed broadleaf forest is the most important type covering most of the land in the park. Such a stand is normally formed by two or three layers and even more, such as *Sapindus mukorossi*-*O. fragrans*, *R. pseudoacacia*-*L. lucidum*, *L. formosana*-*B. papyrifera*, *R. pseudoacacia*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *R. pseudoacacia*-*G. biloba*-*Photinia serrulata*, *P. canadensis*-*L. lucidum*-*O. fragrans*, *S. japonica*-*L. lucidum*-*Buxus sinica*, and *Cyclobala-*

La comunidad multicapa puede ser dividida en dos tipos: coníferas mixtas y especies de hoja ancha, y el tipo multicapa de bosque mixto de hoja ancha. Las principales especies de coníferas mezcladas con algunas especies de hoja ancha son *M. gryptostroboides*, *C. deodara*, *P. orientalis* y *Juniperus chinensis*. Este tipo básicamente se mantiene como el cinturón de bosque original. Si las especies de coníferas fuesen mezcladas con árboles grandes de hoja ancha o árboles de crecimiento rápido, las coníferas normalmente tendrían un crecimiento desfavorable o incluso estarían muriendo, ya que se encontrarían en un subdosel como *R. pseudoacacia*-*C. deodara*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *K. paniculata*-*Sabina chinensis*-*L. lucidum*, y *B. polycarpa*-*P. orientalis*. Pero si las especies de coníferas fuesen mezcladas con árboles pequeños de hoja ancha, los árboles de coníferas podrían dominar el dosel y entonces podrían crecer normalmente como *P. orientalis*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*-*O. fragrans*. El bosque mixto de hoja ancha de tipo multicapa es el más importante ya que cubre la mayor parte del terreno en el parque. El rodal está normalmente formado con un mínimo de dos o tres capas, y a veces más, tales como *Sapindus*

nopsis glauca-*Distylium racemosum*. The major composition species of these types are well-growing since the vertical structure is reasonable. On the one hand, some intolerant species in these communities can be at canopy layer and grow well, such as *R. pseudoacacia*, *K. paniculata*, *S. mukorossi* and *L. formosana*; their growing index is more than 0.9. On the other hand, some species which are at sub canopy or under canopy are all tolerant or neutral and growing normally, such as *O. fragrans*, *P. serrulata*, *P. davidsonia* and *D. racemosum*. Consequently, these communities are more stable.

Interrelation analysis

Thirty two major species growing in Round Park were selected in this paper to calculate the associated correlations. Based on the results, a semi-matrix was drawn for each pair of species (Figure 3).

With the X^2 test, there are 22 pairs of species with positive association in the park's woods. Among them, the positive

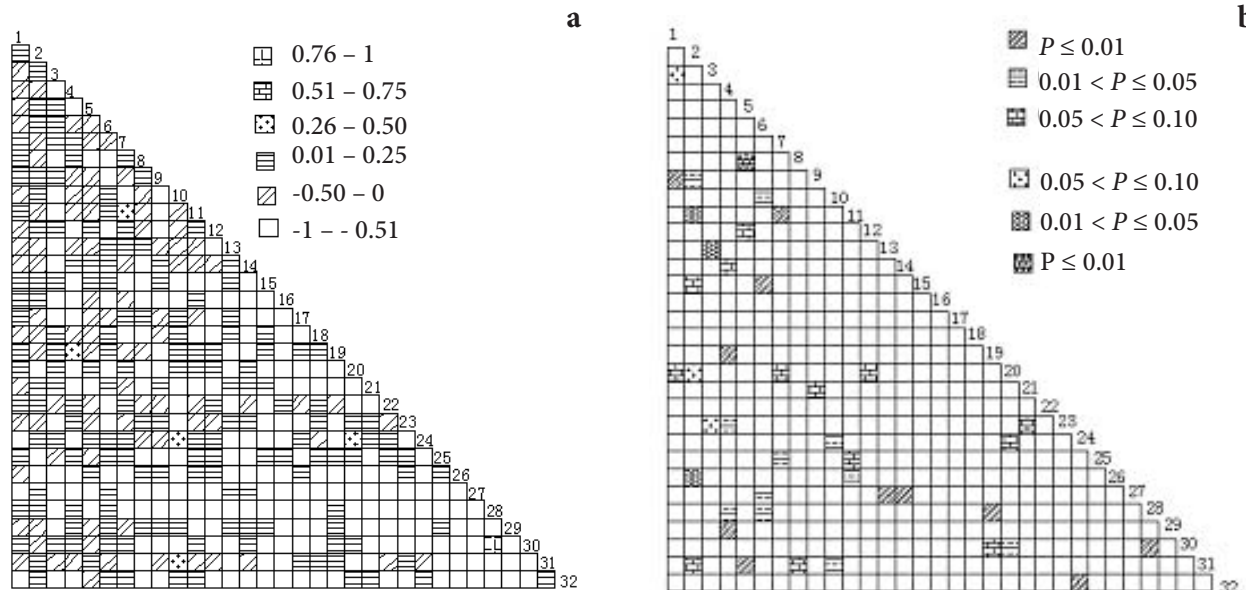


FIGURA 3. Semi-matriz de correlación de especies y prueba de X^2 ;

a) semi-matriz de un par de especies; b) semi-matriz de prueba de X^2 para cada par de especies.

1. *Ligustrum lucidum*, 2. *Robinia pseudoacacia*, 3. *Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*, 4. *Osmanthus fragrans*, 5. *Cedrus deodara*, 6. *Photinia serrulata*, 7. *Pitosporum tobira*, 8. *Platycladus orientalis*, 9. *Broussonetia papyrifera*, 10. *Ginkgo biloba*, 11. *Punica granatum*, 12. *Photinia davidsonia*, 13. *Sophora japonica*, 14. *Lagestromia indica*, 15. *Prunus serrulata*, 16. *Koelreuteria paniculata*, 17. *Buxus sinica*, 18. *Magnolia grandiflora*, 19. *Sapium sebiferum*, 20. *Spiraea* spp., 21. *Bischofia polycarpa*, 22. *Trachycarpus fortunei*, 23. *Sapindus mukorossi*, 24. *Acer burgerianum*, 25. *Sabina chinensis*, 26. *Metasequonia gryptostroboides*, 27. *Ligustrum quihoui*, 28. *Prunus persica*, 29. *Populus canadensis*, 30. *Cercis chinensis*, 31. *Pterocarya stenoptera*, 32. *Acer mono*.

FIGURE 3. Semi-matrix of species correlation and X^2 test;

a) semi-matrix of a pair of species, b) semi-matrix of X^2 test for each pair of species.

1. *Ligustrum lucidum*, 2. *Robinia pseudoacacia*, 3. *Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*, 4. *Osmanthus fragrans*, 5. *Cedrus deodara*, 6. *Photinia serrulata*, 7. *Pitosporum tobira*, 8. *Platycladus orientalis*, 9. *Broussonetia papyrifera*, 10. *Ginkgo biloba*, 11. *Punica granatum*, 12. *Photinia davidsonia*, 13. *Sophora japonica*, 14. *Lagestromia indica*, 15. *Prunus serrulata*, 16. *Koelreuteria paniculata*, 17. *Buxus sinica*, 18. *Magnolia grandiflora*, 19. *Sapium sebiferum*, 20. *Spiraea* spp., 21. *Bischofia polycarpa*, 22. *Trachycarpus fortunei*, 23. *Sapindus mukorossi*, 24. *Acer burgerianum*, 25. *Sabina chinensis*, 26. *Metasequonia gryptostroboides*, 27. *Ligustrum quihoui*, 28. *Prunus persica*, 29. *Populus canadensis*, 30. *Cercis chinensis*, 31. *Pterocarya stenoptera*, 32. *Acer mono*.

CUADRO 2. Índice de crecimiento para un par de especies con asociación positiva en el Parque Circundante de Hefei, China.
TABLE 2. The growth index for a pair of species with positive association in Hefei Round-the-City Park, China.

Par de especies Pair of species (A-B)	Índice de crecimiento / Growth index (Especies / Species A)	Índice de crecimiento / Growth index (Species / Especies B)	Par de especies Pair of species (A-B)	Índice de crecimiento / Growth index (Especie/Species A)	Índice de crecimiento / Growth index (Especie/Species B)
$P < 0.01$		$P < 0.05$			
<i>Ligustrum lucidum</i> - <i>Broussonetia</i> <i>papyrifera</i>	0.40	0.53	<i>Robinia pseudoacacia</i> - <i>Broussonetia papyrifera</i>	0.69	0.53
<i>Sapium sebiferum</i> - <i>Osmanthus fragrans</i>	0.58	0.56	<i>Sapindus mukorossi</i> - <i>Osmanthus fragrans</i>	1.00	0.56
<i>Populus canadensis</i> - <i>Osmanthus fragrans</i>	0.80	0.56	<i>Osmanthus fragrans</i> - <i>Prunus persica</i>	0.56	0.35
<i>Cedrus deodara</i> - <i>Pterocarya stenoptera</i>	0.69	0.78	<i>Photinia serrulata</i> - <i>Ligustrum quihoui</i>	0.60	0.32
<i>Punica granatum</i> - <i>Prunus serrulata</i>	0.60	0.69	<i>Photinia serrulata</i> - <i>Prunus persica</i>	0.60	0.35
<i>Punica granatum</i> - <i>Pitosporum tobira</i>	0.53	0.51	<i>Ginkgo biloba</i> - <i>Photinia serrulata</i>	0.96	0.60
<i>Sophora japonica</i> - <i>Ligustrum quihoui</i>	0.49	0.32	<i>Sabina chinensis</i> - <i>Pitosporum tobira</i>	0.60	0.53
<i>Ligustrum quihoui</i> - <i>Lagestromia indica</i>	0.51	0.32	<i>Ginkgo biloba</i> - <i>Acer buergerianum</i>	0.96	0.52
<i>Sapium sebiferum</i> - <i>Prunus persica</i>	0.58	0.35	<i>Ginkgo biloba</i> - <i>Acer mono</i>	0.96	0.76
<i>Acer buergerianum</i> - <i>Acer mono</i>	0.57	0.76	<i>Metasequoia</i> <i>gryptostroboides</i> - <i>Punica granatum</i>	1.00	0.52
<i>Prunus persica</i> - <i>Cercis chinensis</i>	0.35	0.51	<i>Cercis chinensis</i> - <i>Spiraea spp.</i>	0.51	0.41

mukorossi-*O. fragrans*, *R. pseudoacacia*-*L. lucidum*, *L. formosana*-*B. papyrifera*, *R. pseudoacacia*-*P. cerasifera* f. *atropurpurea*, *R. pseudoacacia*-*G. biloba*-*Photinia serrulata*, *P. canadensis*-*L. lucidum*-*O. fragrans*, *S. japonica*-*L. lucidum*-*Buxus sinica*, y *Cyclobalanopsis glauca*-*Distylium racemosum*. Las principales especies que componen estos tipos de comunidad son de buen crecimiento ya que la estructura vertical es razonable. Por un lado, algunas especies intolerantes pueden estar en la capa del dosel y crecer bien, como *R. pseudoacacia*, *K. paniculata*, *S. mukorossi* y *L. formosana*; su índice de crecimiento es mayor de 0.9. Por otro lado, algunas especies que se encuentran en el subdosel o bajo el dosel son tolerantes o neutrales y crecen de manera normal, tales como *O. fragrans*, *Photinia serrulata*, *P. davidsonia* y *D. racemosum*; En consecuencia, estas comunidades son más estables.

Análisis de interrelación

Treinta y dos especies principales que crecen en el parque circundante fueron seleccionadas para calcular las correla-

association for 11 pairs of species is significant at $P < 0.01$: *L. lucidum*-*B. papyrifera*, *Sapium sebiferum*-*O. fragrans*, *P. canadensis*-*O. fragrans*, *C. deodara*-*P. stenoptera*, *P. serrulata*-*P. serrulata*, *P. granatum*-*P. tobira*, *S. japonica*-*Ligustrum quihoui*, *Lagestromia indica*-*L. quihoui*, *S. sebiferum*-*P. persica*, *Acer buergerianum*-*A. mono*, and *C. chinensis*-*P. persica*. For the other 11 pairs of species, their positive association is significant at $0.01 < P < 0.05$: *R. pseudoacacia*-*B. papyrifera*, *S. mukorossi*-*O. fragrans*, *O. fragrans*-*P. persica*, *G. biloba*-*Photinia serrulata*, *Photinia serrulata*-*Ligustrum quihoui*, *Photinia serrulata*-*P. persica*, *S. chinensis*-*P. tobira*, *G. biloba*-*A. mono*, and *M. gryptostroboides*-*P. granatum*. Among all pairs of species with positive association, only *G. biloba*, *C. deodara*, *A. buergerianum*, *A. mono* and *P. stenoptera* are at canopy layer. Others form a vertical structure of mostly tree-shrub community. The major component species for these types grow well. The growth index for each pair of species with positive association is showed in Table 2.

ciones de asociación. Con base en los resultados, una semimatriz fue dibujada para cada par de especies (Figura 3).

Con la prueba X^2 , hay 22 pares de especies con asociación positiva en el bosque del parque. Entre ellas, la asociación positiva entre 11 pares de especies es significativa a $P < 0.01$: *L. lucidum*-*B. papyrifera*, *Sapium sebiferum*-*O. fragrans*, *P. canadensis*-*O. fragrans*, *C. deodara*-*P. stenoptera*, *Photinia serrulata*-*Prunus serrulata*, *P. granathum*-*P. tobira*, *S. japonica*-*Ligustrum quihoui*, *Lagestromia indica*-*L. quihoui*, *S. sebiferum*-*P. persica*, *Acer buergerianum*-*A. mono*, y *C. chinensis*-*P. persica*. Para los otros 11 pares de especies, su asociación positiva es significativa a $0.01 < P < 0.05$: *R. pseudoacacia*-*B. papyrifera*, *S. mukorossi*-*O. fragrans*, *O. fragrans*-*P. persica*, *G. biloba*-*Photinia serrulata*, *Photinia serrulata*-*Ligustrum quihoui*, *Photinia serrulata*-*P. persica*, *S. chinensis*-*P. tobira*, *G. biloba*-*A. mono*, y *M. glyptostroboides*-*P. granathum*. Entre todos los pares de especies con asociación positiva, sólo *G. biloba*, *C. deodara*, *A. buergerianum*, *A. mono* y *P. stenoptera* están en la capa de dosel. Otras forman una estructura vertical de la comunidad de árboles y arbustos, principalmente. Las especies importantes que componen estas comunidades crecen bien. El índice de crecimiento para cada par de especies con asociación positiva se muestra en el Cuadro 2.

Existen cuatro pares de especies con asociación negativa en el parque. El par de *C. deodara*-*P. orientalis* tiene una asociación negativa significativa de -0.84 ($P < 0.01$). Los otros pares como *R. pseudoacacia*-*P. granathum*, *R. pseudoacacia*-*M. glyptostroboides* y *S. japonica* también tienen asociación negativa significativa ($P < 0.05$).

Estado de salud de árbol

Los árboles sanos en el bosque del parque representaron 53.4 % del número total. Alrededor de 40 % de las coníferas y 62 % de los árboles de hoja ancha se encuentran en el nivel saludable; por otro lado, 31.1 % está en el nivel saludable medio, mientras que los árboles con crecimiento pobre representan 12 % y los árboles moribundos 3.5 %. Se puede concluir a partir del Cuadro 2 que, en general, los árboles en el parque están en buen estado. Los problemas de salud en los árboles de crecimiento pobre en el parque pueden ser el resultado de muchos factores, pero el más importante es la estructura de la comunidad. Otro factor es el envejecimiento, como en el caso de una proporción considerable de árboles en *R. pseudoacacia* que se han vuelto débiles; otros como *L. lucidum* fueron afectados frecuentemente por plagas y enfermedades. El análisis muestra que 6 % de *M. glyptostroboides* está muriendo. Además, durante la plantación inicial, a fin de simular la regeneración natural del bosque, los árboles se plantaron muy cerca, de modo que la competencia entre árboles fue más intensa cuando crecieron, por lo que un número considerable está en estado de compresión. La corona de estos árboles pareció delgada y con defectos graves, como fue el caso típico de *R. pseudoacacia*, *L. formosana* y *J. formosana*.

There are four pairs of species with negative association in the park. The pair of *C. deodara*-*P. orientalis* has a significant negative association of -0.84 ($P < 0.01$). The other pairs, namely *R. pseudoacacia*-*P. granathum*, *R. pseudoacacia*-*M. glyptostroboides* and *S. japonica*, also have significant negative association ($P < 0.05$).

Tree health status

The healthy trees in the park woods accounted for 53.4 % of the total number. About 40 % of conifers and 62 % of broadleaf trees are at the healthy level; another 31.1 % are at the middle healthy level, while poor growth trees accounted for 12 % and dying trees 3.5 %. It can be concluded from the Table 2 that the trees in the park are generally in good health. The health problems of these poor growth trees in the park may be the result of many factors, but the most important is the community structure. Another factor is tree ageing, as in the case with a considerable proportion of *R. pseudoacacia* trees, which have become weak; other trees were frequently affected by pests and diseases, such as *L. lucidum*. The survey shows 6 % of *M. glyptostroboides* are dying. Furthermore, during the initial planting, in order to simulate natural forest regeneration, trees were planted too closely, so that when the trees were grown up, the inter-tree competition was more intense, so a considerable number of trees are in a state of compression. The crown of these trees appeared thin and with serious defects, as was typically the case with *R. pseudoacacia*, *L. formosana* and *Juniperus formosana*.

Landscape composition analysis

GIS and CITYGREEN techniques were used to analyze the landscape pattern in the park. They showed that there were five major landscape elements: the woods, general green space, water space, building and hard pavement surfaces, and bare space, occupying 43.9, 1, 35.8, 0.7 and 17.3 % of the total area, respectively (Figure 4).

Ecological function evaluation

With the CITY-green models, the ecological function of the park's woods was determined as follows: carbon sequestration benefits were equivalent to a value of US\$ 120,000,000, the removal of harmful gases benefits were US\$ 40,000 and the effective closure of storm runoff benefits were US\$ 2,760,000. The park, therefore, played an important role in improving and maintaining the ecological environment in downtown Hefei (Tables 5-7).

We applied the AC and X^2 verification for interrelation analysis of composition species in the city park. However, the method is a classical way of using vegetation ecology research for a natural plant community. In nature all flora in a community is the result of natural succession, which is a natural process with no disturbance from human activity that reaches a stable climax stage (Kimmins, 2004), where

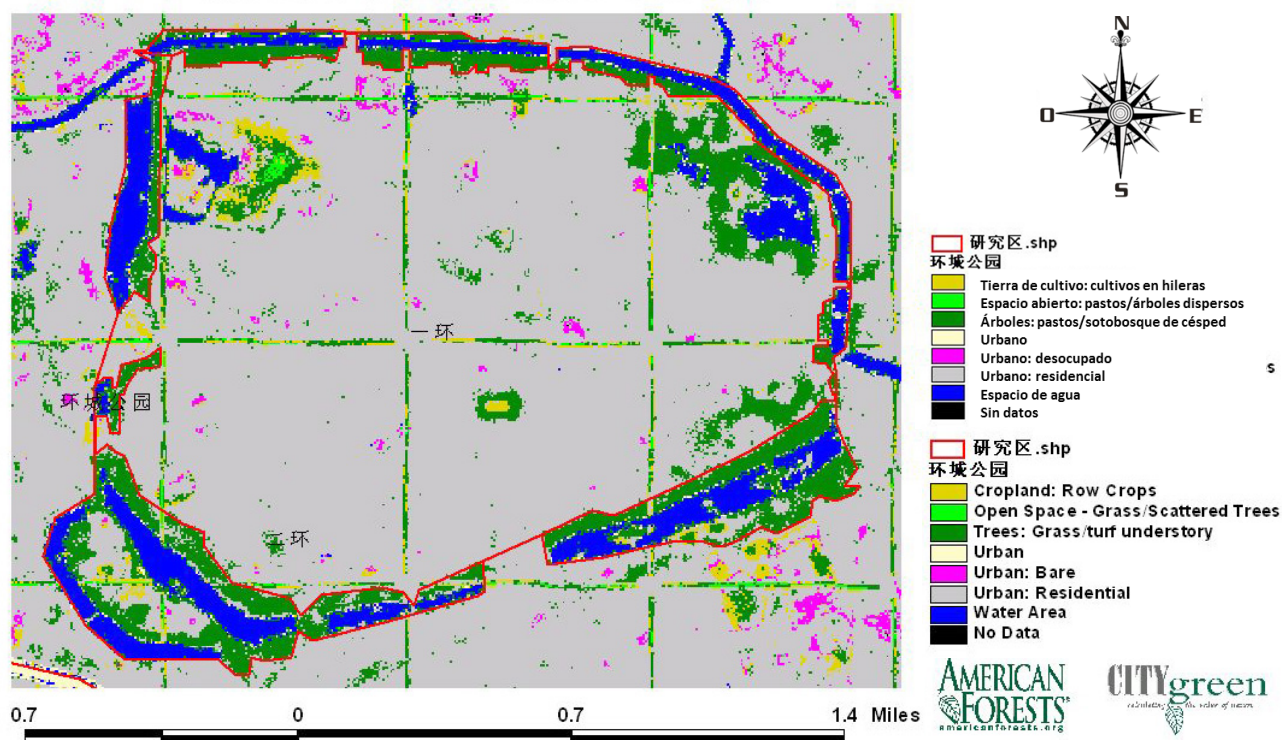


FIGURA 4. Composición del paisaje del Parque Circundante de Hefei, China.

FIGURE 4. The landscape composition of Hefei Round-the-City Park.

Análisis de composición del paisaje

Las técnicas SIG y CITYGREEN se utilizaron para analizar el patrón del paisaje en el parque. Éstas demostraron que habían cinco elementos principales del paisaje: los bosques, los espacios verdes, espacio de agua, construcciones y áreas pavimentadas, y el espacio abierto, ocupando 43.91, 1, 35.82, 0.76 y 17.33 % de la superficie total, respectivamente (Figura 4).

Evaluación de la función ecológica

Con los modelos CITY-green, la función ecológica de los bosques del parque fue determinada de la siguiente manera: los beneficios de la retención del carbono fueron equivalentes a un valor de \$120,000,000 USD; los beneficios de la eliminación de gases nocivos fueron de \$40,000 USD y los beneficios de la captura efectiva de los escurrimientos de tormenta fueron de \$2,760,000 USD. El parque, por lo tanto, desempeñó un papel importante en el mejoramiento y mantenimiento del entorno ecológico en el centro de Hefei (Cuadros 5-7).

El CA y la verificación X^2 se aplicaron para el análisis de interrelación de la composición de especies en el parque de la ciudad. El método es una forma clásica de utilizar la investigación de la ecología de la vegetación para una comunidad vegetal natural. En la naturaleza, toda la flora en una comunidad es el resultado de la sucesión natural, un proceso natural sin alteración proveniente de la actividad

all composition species are growing in harmony with each other at a site. Thus, the crucial point is whether the method is feasible for artificial communities. In effect, at a basic level whatever method is used for natural or man-made communities, it is just a statistical means, so depending on which subject the method is used for, its results will reveal a very different connotation and content in essence (Schluter, 1984). For example, in a natural community, a pair of species with a positive associated correlation usually appears in the same community, which reveals that these two species have a certain relationship, and it is also the result of rational use of resources and community succession. A pair of species with a negative association does not usually appear in the same community, which reveals that the two species are excluding each other. It is the result of that plant's adaptation to the environment and its use of different resources and niches (Song, 2001). In nature, the reasons for negative association for a pair of species are: 1) the niches of the two species are similar, so because of the severe competition between the two species, one of them is eventually eliminated, 2) both species' growing environments are different, so if they grow together, one species will be suppressed and will grow poorly, 3) architects did not plant the two species together, as they do not look aesthetic when growing together since they are not found this way naturally, and so the analysis would bring negative association (Barnes, 1998).

All the knowledge about both positive and negative species association in a natural community could provide a scientific basis for planting design. For example, if two tree spe-

humana que alcanza una etapa estable de clímax (Kimmins, 2004), donde todas las especies están creciendo en armonía unas con otras en un sitio. Por lo tanto, el punto crucial es si el método es factible para comunidades artificiales. En realidad, a un nivel básico, cualquier método que se utilice para comunidades naturales o hechas por el hombre es sólo un medio estadístico, por lo que sus resultados revelarán una connotación y un contenido muy diferentes en esencia, dependiendo de la materia para la que el método se utilice (Schluter, 1984). Por ejemplo, en una comunidad natural, un par de especies con una correlación de asociación positiva usualmente aparece en la misma comunidad, lo que revela que estas dos especies tienen cierta relación y también es el resultado del uso racional de los recursos y la sucesión de la comunidad. Un par de especies con una asociación negativa no suele aparecer en la misma comunidad, lo que revela que las dos especies son excluyentes entre sí. Esto es el resultado de la adaptación de la planta al medio ambiente y uso de diferentes recursos y nichos (Song, 2001). En la naturaleza, las razones de la asociación negativa entre un par de especies son: 1) los nichos de las dos especies son similares, por lo que debido a la fuerte competencia entre las dos especies, una de ellas es eventualmente eliminada, 2) los ambientes de crecimiento de ambas especies son diferentes, por lo que si crecen juntas, una especie será suprimida y se desarrollará pobremente, 3) los diseñadores no plantaron las dos especies en conjunto, ya que no se ven estéticas al crecer juntas

cies with more significant positive association in a natural community are planted together, they will grow normally and mutually benefit each other, forming a stable artificial community in most cases. However, if two tree species with a negative relationship in a natural community are planted together, the result will be the opposite. But for an artificial plant community, such as those in a city park or other green area, the mentioned correlations of species may indicate the degree to which a species could exist in such a community or not. It suggests that when a designer arranges different tree species in a plant landscape, he should not only consider their visual effects for an aesthetic landscape but the niches of species as well. From a statistical standpoint, pairs of species with significant positive association are just more frequently planted in the same community; therefore, it is hard to conclude whether the negative association of a pair of species was caused by the excluding effect or not. Perhaps we can find another answer if we compare the health status of these trees.

The health status of trees in urban woods is an important index, which reflects the level of tree conservation and whether the trees were suitable for planting in the site and the reasonableness of the tree planting design. Therefore, through analysis of the tree growth index, the workload involved in conserving the trees in the future could be estimated, and references to community structural adjustment and planting design could be provided. It could only be found

CUADRO 5. Beneficios de la captura de carbono del bosque urbano en el parque.

TABLE 5. The carbon sequestration benefits of the urban forest in Hefei Round-the-City Park.

Almacenamiento de carbono / Carbon storage		Captura de carbono / Carbon sequestration		Valor / Value (US\$)
Subtotal (t)	Valor / Value (US\$)	Subtotal (t)	Valor / Value (US\$)	Total
6,958.38	1,192.272	54.17	9,282	1,201,553

CUADRO 6. Beneficios de la eliminación de gases peligrosos del bosque urbano en el parque

TABLE 6. The removal of harmful gases benefits of the urban forest in Hefei Round-the-City Park.

O ₃ (kg)		SO ₂ (kg)		NO ₂ (kg)		CO(kg)		PM10(kg)		Valor / Value
Eliminación Subtotal	Valor / Value / Yuan	Eliminación Subtotal	Valor / Value / Yuan	Eliminación Subtotal	Valor / Value / Yuan	Eliminación Subtotal	Valor / Value / Yuan	Eliminación Subtotal	Valor / Value / Yuan	Total
2,352.38	121,383	789.26	9,944	1,218.36	62,867	260.39	1,900	2,182.21	75,068	271,164

PM₁₀: Material particulado menor de 10 µm / PM₁₀: Particulate matter less than 10 µm

CUADRO 7. Beneficios de la captura de los escurrimientos de tormenta del bosque urbano en el Parque Circundante de Hefei, China.

TABLE 7. The closure of storm runoff benefits of the urban forest in Hefei Round-the-City Park.

El parque circundante de la ciudad / The Round- the-City Park	Número de curva / Number of curve	Profundidad del escurrimiento de la tormenta / Depth of storm runoff (cm)	Duración del escurrimiento de la tormenta / Duration of storm runoff (h)	Máximo del escurrimiento de tormenta / Maximum of storm runoff (m ³ .s ⁻¹)	Captura del escurrimiento de la tormenta / Closure of storm runoff (m ³)	Valor / Value (US\$)
Actual / Current	81	5.23	1.77	8.09	34 162.85	2 756 483
Modelado / Modeled	93	8.00	1.13	17.02		

pues no se encuentran de esta manera de forma natural, por lo que el análisis traería asociación negativa (Barnes, 1998).

Todo el conocimiento acerca de las asociaciones de especies, tanto positivas como negativas, en una comunidad natural podría proporcionar una base científica para el diseño de la plantación. Por ejemplo, si dos especies de árboles con asociación positiva significativa en una comunidad natural son plantadas juntas, van a crecer normalmente y beneficiarse mutuamente entre sí, formando una comunidad artificial estable en la mayoría de los casos. Sin embargo, si dos especies de árboles con una relación negativa en una comunidad natural se plantan juntas, el resultado será el opuesto. En cambio, para una comunidad artificial de plantas, como aquellas de un parque de ciudad u otra área verde, dichas correlaciones pueden indicar el grado en que una especie podría existir en tal comunidad o no, y sugieren que cuando un diseñador dispone diferentes especies de árboles en un paisaje de plantas, no sólo debe tener en cuenta sus efectos visuales para un paisaje estético, sino también los nichos de las especies. Desde el punto de vista estadístico, los pares de especies con asociación positiva significativa son plantados en la misma comunidad con más frecuencia, por lo tanto, es difícil concluir si la asociación negativa de un par de especies fue causada por el efecto de exclusión o no. Se podría encontrar otra respuesta, al comparar el estado de salud de los árboles.

El estado de salud de los árboles en los bosques urbanos es un índice importante que refleja el nivel de conservación, si éstos fueron aptos para la plantación en el sitio y la conocimiento del diseño. Por lo tanto, a través del análisis del índice de crecimiento de los árboles, la carga de trabajo para su conservación en el futuro podría ser estimada, y podrían ser provistas referencias al ajuste estructural de la comunidad y al diseño de la plantación. Si se encontrara que un par de especies con asociación negativa aparece en la misma comunidad en el parque estudiado, el crecimiento de ambas especies sería pobre, como en el caso de *M. glyptostrobooides*-*R. pseudoacacia* y *C. deodara*-*P. orientalis*. En general, el diseño de la plantación y la disposición las especies en el parque son razonables, por lo que la estructura de la comunidad es relativamente estable. Sin embargo, la riqueza de especies en el paisaje del bosque urbano del parque sigue siendo insuficiente, lo que también conduce a la aparición de algunas plagas y enfermedades. Las razones de la baja riqueza de especies son, en primer lugar, que algunas especies de árboles tienen fácil acceso a las semillas de plantas, como *M. glyptostrobooides* y *P. cerasifera*. En segundo lugar, las especies perennes tienen un pequeño rango de opciones, como *Cinnamomum camphora* y *L. lucidum*; en tercer lugar, los residentes urbanos prefieren ciertas especies de árboles, como *M. grandiflora* y *Toona sinensis*, entre otras. Por otra parte, las razones históricas y tradicionales también afectan la riqueza de especies en el parque.

that if a pair of species with negative association appears in the same community in the studied park, the growth of both species would be poor, as in the case of *M. glyptostrobooides*-*R. pseudoacacia* and *C. deodara*-*P. orientalis*. In general, the planting design and species arrangement in the park are reasonable, so the community structure is relatively stable. However, species richness in the park's urban forest landscape is still insufficient, which also leads to the occurrence of some pests and diseases. The reasons for the low species richness are, firstly, that some tree species have easy access to plant seeds, such as *M. glyptostrobooides* and *P. cerasifera*. Secondly, evergreen species have a small range of options, such as *Cinnamomum camphora* and *L. lucidum*. Thirdly, urban residents prefer certain tree species, such as *M. grandiflora*, *Toona sinensis* and so on. Furthermore, historical and traditional reasons also affect species richness in the park.

CONCLUSIONS

Species composition in the studied park is dynamic, as some species disappeared and others decreased in population. Species with a high growth index in the park, such as *R. pseudoacacia*, *K. paniculata*, *B. polycarpa*, *S. mukorossi*, *L. formosana*, *G. biloba* and *P. cerasifera*, grow well in the city region; therefore, they are suitable for planting in a group. As the growth indexes of species in the following planting models are more than 0.5, they could be used as component species to establish a poly-layer mixed forest. The major models are *P. orientalis*-*P. cerasifera*-*O. fragrans*, *R. pseudoacacia*-*L. lucidum*, *R. pseudoacacia*-*G. biloba*-*Photinia serrulata*, *P. canadensis*-*L. lucidum*-*O. fragrans*, *S. japonica*-*L. lucidum*-*B. sinica*, and *C. glauca*-*D. racemosum*.

There are fewer flowering and colored leaf tree species, such as *P. mume*, *P. serrulata* and *P. persica*, in the park today. A number of the trees of these species were removed due to their poor growth situation. The major reason is that when the community developed into its mature stage these flowering trees became understory and were therefore placed in a light stress situation. Therefore, a forest-gap needs to be established for these tree species. In planting design, edge species such as *R. typhina*, *R. chinensis* and *B. papyrifera* should be used circumspectly, because they have higher regeneration and sprouting capacity, otherwise maintenance costs will increase and the community will become unstable. The trees suffer from a lack of systematic conservation, fertilization and pruning are uncommon and there is no systematic pest management program. Some severely damaged trees fail to receive timely treatment, and so the dry branches easily fall off, posing a safety threat to passersby. Therefore, it is necessary to strengthen park management, and timely pruning and early prevention and treatment of tree diseases and pests should be improved.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was supported by the key projects in the National Science and Technology Supporting Project in the 12th 5-year plan (No. 2011BAD38B03).

End of English version

CONCLUSIONES

La composición de especies en el parque es dinámica, ya que algunas desaparecieron y otras disminuyeron en población. Las especies con índice de crecimiento alto como *R. pseudoacacia*, *K. paniculata*, *B. polycarpa*, *S. mukorossi*, *L. formosana*, *G. biloba*, y *P. cerasifera* crecen bien en la ciudad, por lo que son adecuadas para plantar en grupo. Estas especies se podrían utilizar como componentes de un bosque mixto de policapa, si los índices de crecimiento en los siguientes modelos de plantación son mayores de 0.5. Los modelos principales son *P. orientalis*-*P. cerasifera*-*O. fragrans*, *R. pseudoacacia*-*L. lucidum*, *R. pseudoacacia*-*G. biloba*-*Photinia serrulata*, *P. canadensis*-*L. lucidum*-*O. fragrans*, *S. japonica*-*L. lucidum*-*B. sinica*, y *C. glauca*-*D. racemosum*.

Actualmente, en el parque existen menos especies de floración y de hojas de colores como *P. mume*, *P. serrulata*, y *P. persica*. Varios árboles de estas especies fueron retirados por su mala situación de crecimiento, pues cuando la comunidad se desarrolló hacia su etapa de madurez, los árboles de floración se convirtieron en sotobosque y se sometieron a estrés de luz. Por lo anterior, es necesario establecer un claro de bosque para tales especies. En el diseño de la plantación, las especies de periferia como *R. typhina*, *R. chinensis* y *B. papyrifera* se deben utilizar con circunspección, ya que tienen mayor capacidad de regeneración y germinación, de lo contrario los costos de mantenimiento se elevarán y la comunidad se volverá inestable. Los árboles sufren de conservación sistemática, la fertilización y la poda no son frecuentes y no hay un programa sistemático de control de plagas. Algunos árboles severamente dañados no reciben tratamiento oportuno, por lo que las ramas secas caen fácilmente, amenazando la seguridad de los transeúntes. Por lo tanto, es necesario fortalecer la administración del parque y mejorar la poda oportuna, la prevención temprana y el tratamiento de enfermedades y plagas de los árboles.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por los proyectos clave en el Proyecto Nacional de Ciencia y Tecnología en el 12° plan de 5 años (Núm. 2011BAD38B03).

REFERENCIAS

- Barnes, B.V. (1998). *Forest ecology*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Fergal, M. (1997). Forestry and the environment-a sustainable prospect. *Irish Forestry*, 54(2), 33-41. Obtenido de http://www.societyofirishforesters.ie/pdf/Journals/1997_VOL54_NO2.pdf
- Gobster, P. H. (1994). Urban Savanna: reuniting ecological preference and function. *Ecological Restoration*, 12(1), 64-71. doi: 10.3368/er.12.1.64
- Jim, C.Y. (1992). Provenance of amenity-tree species in Hong Kong. *Arboricultural Journal*, 16, 11-23. doi: 10.1080/03071375.1992.9746895
- Kimmins, J. (2004). *Forest ecology*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Li, F., Liu, X. S., Wang, R. S. (2003). Advances in urban forest and its development strategies research. *Chinese Journal of Ecology*, 22(4), 55-59.
- McBride, J. R., & Froehlich, D. (1984). Structure and condition of older stands in parks and open space areas of San Francisco, California. *Urban Ecology*, 8, 165-178. doi: 10.1016/0304-4009(84)90013-5
- McBride, J. R., & Jacobs, D. F. (1986). Resettlement forest structure as a factor in urban forest development. *Urban Ecology*, 4(9), 245-266.
- McPherson, E. G. (1998). Structure and sustainability of Sacramento's urban forestry. *Journal of Arboriculture*, 24(2), 174-189. Obtenido de http://gis.fs.fed.us/psw/programs/cufr/products/cufr_26_EM98_9.pdf
- McPherson, E. G., Nowak, D. J., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. A. (1997). Quantifying urban forest structure, function and value: The Chicago urban forest climate project. *Urban Ecosystems*, 1, 49-61. doi: 10.1023/A:1014350822458
- Miller, R. W. (1997). *Urban forestry: Planning and managing urban green spaces (2nd ed)*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Miller, P. R., & Winer, A. M. (1984). Composition and dominance in Los Angeles basin urban vegetation. *Urban Ecology*, 8, 29-54. doi: 10.1016/0304-4009(84)90005-6
- Nowak, D. J. (1993). Historical vegetation change in Oakland and its implications for urban forest management. *Journal of Arboriculture*, 19(5), 313-319. Obtenido de http://www.ncrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/1993/ne_1993_nowak_002.pdf?origin=publication_detail
- Profous, G. V., Rowntree, R. A., & Loeb, R. E. (1988). The urban forest landscape of Athens, Greece: Aspects of structure, planning and management. *Arboricultural Journal*, 12, 83-107. doi: 10.1080/03071375.1988.9756380
- Profous, G.V., & Rowntree, R.A. (1993). The structure and management of the urban forest in Prague, Czechoslovakia. I. Growing space in metropolitan Prague. *Journal of Arboricultural*, 17, 1-13. doi: 10.1080/03071375.1993.9746942
- Richards, N. A., Mallette, J. R., & Simpson, R. J. (1984). Residential greenspace and vegetation in a mature city: Syracuse, New York. *Urban Ecology*, 8, 99-125. doi: 10.1016/0304-4009(84)90009-3
- Rowntree, R. A. (1984). Ecology of the urban forest-Introduction to part I. *Urban Ecology*, 2(8), 1-11. doi: 10.1016/0304-4009(84)90003-2
- Rowntree, R. A. (1984). Ecology of the urban forest-Introduction to part II. *Urban Ecology*, 2(9), 229-243. doi: 10.1016/0304-4009(86)90002-1
- Schluter, D. (1984). A variance test for detecting species associations, with some example applications. *Ecology*, 65(3), 998-1005. Obtenido de http://www.planta.cn/forum/files_planta/schluter1984ecology_203.pdf
- Song, Y. C. (2001). *Vegetation ecology*. China: Shanghai Normal University.
- Wu, Z. M., Wu, W. Y., Gao, J., & Zhang, S. J. (2003). Analysis of urban forest landscape in Hefei. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 14, 2117-2122.