

# 玫瑰幼苗根系对土壤水肥空间异质性的响应

孙曰波<sup>1</sup>, 赵从凯<sup>1</sup>, 赵兰勇<sup>2</sup>

(1. 潍坊职业学院 园林工程学院, 山东 潍坊 261031; 2. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018)

**摘 要:**以玫瑰幼苗为试材,采用基质培方法,研究了温室条件下玫瑰幼苗在土壤水肥空间异质条件下根构型特征、根系生物量的分布、地上部生长量、根冠比、细根直径及比根长等的特征。结果表明:玫瑰根系对养分和水分空间异质性反应敏感,空间异质性对玫瑰根系生长和分布影响明显;水肥空间异质性处理的玫瑰幼苗地上部及根系总量明显小于空间同质性,根冠比下降;在施肥区和浇水区根系生长快,生物量高,而在非施肥区和非浇水区根系生长受到抑制,生物量低;施肥区与非施肥区相比,细根直径减小,比根长大,有利于养分和水分的吸收运输,而非浇水区,虽然细根直径下降,但是比根长小,获取水分的能力下降,生物量低,导致细根直径下降,不利于植株生长。水分空间异质性对玫瑰生长的影响大于养分空间异质性。

**关键词:**玫瑰;根构型;水分;养分;空间异质性

**中图分类号:**S 685.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0162-04

根是植物与土壤相互作用的纽带,其主要功能是吸收水分和养分。土壤中水分、养分的供应一般是不均匀的<sup>[1-2]</sup>。植物对土壤水分、养分的吸收能力和效率取决于根系的绝对大小(总根长或根体积),也与根系在土壤中的分布有关,而根系在土壤中的分布主要表现为根构型。根构型是指同一根系中不同级别的根在生长介质中的空间造型和分布<sup>[3]</sup>,是植物根系生长和分枝的结果,决定了植物吸收水分、养分的能力。自然条件下,水分、养分空间分布的不均匀会出现局部的亏缺,因此,根构型在很大程度上决定着根利用这些资源的效率。已有研究表明,在富营养的土壤中,许多植物的根系表现出快速生长及分枝增多现象<sup>[4-7]</sup>。植物还通过调整富营养土壤中细根直径、空间构型来实现土壤养分的高效利用<sup>[8-10]</sup>。

玫瑰(*Rosa rugosa*)是我国传统名花,不仅是园林绿化和水土保持的优良植物材料,而且是珍贵的中药材和香料、食品工业的重要原料,但在不同的立地条件下,个体根系的生物量有较大的变化,从而影响玫瑰的生长,进而影响产花量和园林效果的表现。为此,在温室条件下,采用盆栽方法,通过土壤水肥空间异质性试验,研究

玫瑰根系形态可塑性与空间异质性的关系,为深入研究玫瑰根系特点和可塑性提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以玫瑰野生类型-珥春(HCH)1 a 生实生苗为试材,种子采自山东农业大学花卉研究所玫瑰品种资源圃。选择籽粒饱满、大小均匀一致的种子在冰箱中低温(4℃沙藏)层积,将层积到露白时间一致、胚根大小基本相同的玫瑰种子播于穴盘中,播种后常规管理。粒状聚酯包膜控释肥(N 20%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8%、K<sub>2</sub>O 10%)由山东农业大学肥业科技有限公司提供。

### 1.2 试验方法

试验在山东农业大学花卉研究所日光温室内进行,玫瑰幼苗长至6叶1心时,选择根系形态及生长势一致的幼苗进行移栽。移栽基质为珍珠岩与蛭石1:1(体积)混合基质,容器为黑色塑料盆,盆口直径28 cm,盆底直径20 cm,高24 cm。

**1.2.1 空间同质性试验** 将冲洗干净的玫瑰幼苗栽入塑料花盆中央,缓苗后,在距基质表面2 cm处均匀施入6 g控释肥,每天均匀浇水1次,每次1 000 mL。空间同质性试验作为对照,每12盆为1小区,3次重复。

**1.2.2 空间异质性试验** 水肥空间异质性试验所用的容器、基质和苗木规格以及试验设置、重复次数与空间同质性试验一致。养分空间异质性试验与空间同质性试验不同的是幼苗定植后,将花盆分成4个相同的扇形区域,仅在一个扇形区域(处理区)上施入6 g控释肥,其余3个区域(非处理区)除浇水外不施肥。每天的浇水

**第一作者简介:**孙曰波(1971-),男,博士,副教授,现主要从事园林植物栽培生理等研究工作。E-mail:sunybl26@126.com。

**责任作者:**赵兰勇(1960-),男,硕士,教授,博士生导师,现主要从事园林植物栽培生理与种质资源等研究工作。E-mail:sdzly369@126.com。

**基金项目:**山东省良种产业化工程资助项目(鲁科字(2002)228号)。

**收稿日期:**2012-09-17

量和重复次数与对照试验相同,这样处理有利于观察在同等水分条件下养分空间异质性对玫瑰根系生长的影响。

水分空间异质性试验与空间同质性试验不同的是在分成4个相同区域上将3个扇形区域用塑料板覆盖,仅在1个扇形区域(处理区)上浇水,其余3个区域(非处理区)不浇水。每天的浇水量和重复次数与对照试验相同,这样处理有利于观察在同等肥力条件下水分的空间异质性对玫瑰根系生长的影响。

### 1.3 项目测定

1.3.1 生物量的测定 当年10月中旬,分别测量植株地上部高度、茎干粗度(距基质表面以上2 cm植株高度为基质表面至最顶部展开叶叶尖的距离);茎粗用游标卡尺进行测定。将洗净的植株,用吸水纸吸干,用1/100天平分别称量地上部鲜重、细根(<2 m)鲜重、粗根(>2 m)鲜重。空间异质性试验测定处理区(施肥或浇水)中细根和粗根鲜重,然后测定非处理区(不施肥或不浇水)中的新根和粗根鲜重。将样品分别编号,105℃杀青,80℃烘干至恒重后分别称其干重。

1.3.2 根构型参数的测定 用清水将根冲洗干净,轻轻

把根系在水中展开,利用EPSON根系扫描仪采集根系样品图像,用WinRHIZO(2007专业版)分析软件获得总长度、表面积、体积、根尖数、平均直径等根构型参数,其中根尖数是指根系中各级侧根数的总和。

### 1.4 数据分析

所有样品测定均重复3次,用Microsoft Excel 2003和DPS软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 水肥空间异质性对玫瑰幼苗地上部生长及根冠比的影响

土壤养分和水分是植物生长的重要因子。由表1可知,水肥分布对玫瑰幼苗生长影响比较明显。与水肥异质性相比,同质性条件下,玫瑰幼苗植株生长快,植株高度、茎粗、地上部生物总量均较高,养分和水分空间异质性分别导致地上部生物量下降26.8%和16.8%;植株高度分别下降19.35%和12.13%。根冠比不论水肥空间同质或异质性条件均大于1,表明水肥对玫瑰幼苗生长影响明显,光合产物和吸收的养分及水分主要用于根系的构建。

表1 水肥空间异质性对玫瑰幼苗地上部生长及根冠比的影响

Table 1 Effect of space spatial heterogeneity of nutrient and water on plant growth and R/S of *Rosa rugosa*

处理 Treatments	植株高度 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	地上部干重 Top dry weight/g	根冠比 R/S
空间同质性试验 Space homogeneity experiment	35.77±1.38aA	0.525±0.06aA	3.21±0.88aA	1.57±0.11aA
养分异质性试验 Nutrient spatial heterogeneity experiment	28.85±0.68cB	0.414±0.03bA	2.35±0.64bA	1.33±0.12bAB
水分异质性试验 Water spatial heterogeneity experiment	31.43±1.36bB	0.420±0.02bA	2.67±0.53b	1.19±0.09bB

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ );不同大写字母表示差异极显著( $p<0.01$ )。下同。

Note: Numbers followed by the small letter within column are significantly different ( $p<0.05$ ); numbers followed by the capital letter within column are extreme significantly different ( $p<0.01$ ). The same below.

### 2.2 水肥空间异质性对玫瑰幼苗根构型参数的影响

一般而言,植物根系对于空间异质性的反应往往通过其结构的改变而实现的。该试验结果表明,在水肥空间异质条件下,玫瑰幼苗根构型参数发生了很大的变化。由表2可知,根系总长比空间同质性试验分别下降30.1%和49.8%;根系表面积分别下降33.5%和

64.99%;根系体积分别下降34.1%和74.7%;根尖数分别下降23.8%和43.2%。根系总长和表面积与其吸收能力关系密切<sup>[1]</sup>,根系体积与表面积相关。根系总长、根体积和表面积下降,降低根系吸收能力,导致玫瑰生物总量的下降(表3),并且水分空间异质性对于根系的影响程度大于养分空间异质性。

表2 水肥空间异质性对玫瑰幼苗根构型参数的影响

Table 2 Effect of space spatial heterogeneity of nutrient and water on parameters of root architecture of *Rosa rugosa*

处理 Treatments	根系总长度 Total root length/cm	根表面积 Total root surface area/cm <sup>2</sup>	根体积 Volume/cm <sup>3</sup>	根尖数 Number
空间同质性试验 Space homogeneity experiment	4 009±154aA	836.23±46.29aA	13.88±2.29aA	7 404±336aA
养分异质性试验 Nutrient spatial heterogeneity experiment	2 804±127bB	556.07±44.12bB	9.14±0.75bB	5 645±438bB
水分异质性试验 Water spatial heterogeneity experiment	2 013±80cC	292.73±24.30cC	3.51±0.45cC	4 205±169cC

### 2.3 水肥空间异质性对玫瑰幼苗根系生物影响分布的影响

根系的空间分布与土壤中养分和水分的空间分布

有密切的关系,根系的生长行为总是趋向于肥沃的环境,以吸收更多的养分和水分。由表3可以看出,玫瑰对土壤中水肥条件反应比较敏感,水肥空间异质性明显

改变玫瑰根系的生物总量和空间分布。空间同质条件下,根系的生物总量明显高于养分和水分空间异质性的根系生物量,分别高出 40.9%和 76.3%。同一试验的处理区与非处理区根系生物量差异显著。养分空间异质性试验中,处理区(施肥)细根、粗根干重分别比非处理区(不施肥)高 162.7%、536.0%;水分空间异质性试验中,处理区(浇水)细根、粗根干重分别比非处理区(不浇

水)高 184.6%、337.1%;可见,在水肥空间异质性作用下,玫瑰幼苗根系具有高度的可塑性,在处理区,水肥供应充足,细根生长较快,生物量高;而在非处理区,养分或水分供应受到限制,生物量较低。显著性分析表明,空间异质性试验中,处理区与非处理区细根干重、粗根干重差异极为显著。

表 3 水肥空间异质性对玫瑰幼苗根系生物量空间分布的影响

Table 3 Effect of space spatial heterogeneity of nutrient and water on root distribution of *Rosa rugosa*

处理 Treatments	细根干重		粗根干重		处理区 Treatment patches		非处理区 Non-treatment patches	
	Fine root dry		Coarse root dry		细根干重		粗根干重	
	weight/g		weight/g		Fine root dry weight/g		Coarse root dry weight/g	
空间同质性试验 Space homogeneity	2.17±0.12aA		3.03±0.40aA		—		—	
养分异质性试验 Nutrient spatial heterogeneity	1.85±0.11bB		1.84±0.10bB		1.34±0.22		0.51±0.12	
水分异质性试验 Water spatial heterogeneity	1.50±0.08cC		1.45±0.14cC		1.11±0.24		0.39±0.18	

## 2.4 水肥空间异质性对玫瑰幼苗细根直径和比根长的影响

Fitter<sup>[12]</sup>研究认为,植物通过根构型参数的改变可以解释在空间异质性条件下根系吸收养分和水分的机制。根系直径是描述根构型的主要参数之一,根系直径大小影响水分和养分的运输效率。细根比根长是根长与生物量比值,是主要的根系形态指标,直接影响细根的吸收面积,可以作为细根吸收效率的简单参数,比根长大的植物在水分和养分获取方面更为有利。由表 4 可知,在养分空间异质性试验中,施肥区玫瑰细根直径

相对非施肥区较小,而比根长较高。水分空间异质性试验中,非浇水区较干旱,细根生物量小,细根因缺水而导致直径下降,由此可见,对玫瑰个体来说,养分丰富的环境细根直径减小,能提高养分的运输效率,并促进细根的生长(比根长大)。干旱的环境虽然也导致细根直径变小,但由于缺乏水分的供应,吸收养分减少,抑制细根的生长,比根长下降,根系获取水肥能力下降,进而影响玫瑰的正常生长。该试验也表明,空间同质性条件下从玫瑰根系细根比根长明显高于水肥空间异质性。

表 4 水肥空间异质性对玫瑰幼苗细根及比根长的影响

Table 4 Effect of space spatial heterogeneity of nutrient and water on root diameters and SRL of *Rosa rugosa*

处理 Treatments	细根直径		比根长		处理区 Treatment patches		非处理区 Non-treatment patches	
	Fine root diameter		SRL		细根直径		比根长	
	/mm		/cm·g <sup>-1</sup>		Fine root diameter/mm		SRL/cm·g <sup>-1</sup>	
空间同质性试验 Space homogeneity	0.513±0.115		1 920±169		—		—	
养分异质性试验 Nutrient spatial heterogeneity	—		—		0.495±0.099		1 584±158	
水分异质性试验 Water spatial heterogeneity	—		—		0.437±0.132		1 179±119	

## 3 讨论

Grime<sup>[13]</sup>研究认为,如果植物地上部生物量大于根系生物量,说明其对光照的需求较大,对光照具有较强的竞争能力,反之,对养分的需要较大,对养分的竞争能力强。该试验结果表明,水肥空间异质性对玫瑰幼苗生长有明显的影 响,与空间同质性相比,水肥空间异质性减少植株的总生物量,玫瑰幼苗对养分的需求大于对光的需求,光合产物和吸收的养分与水分主要用于地下部的生长,导致根系生物量明显高于地上部的生物量,根冠比大于 1。

玫瑰根系对水肥空间异质性反应敏感,并且,水分空间异质性对玫瑰根系的影响大于养分空间异质性。

在施肥或浇水区,细根生长快,生物量增加;并且根系长度、密度均明显高于非施肥或浇水区,根系这种空间和结构上的变化,反应了玫瑰根系对水肥空间异质性具有高度的空间和形态可塑性,这也证实了根系的最大特点是由环境异质性导致其空间的可塑性<sup>[12,14]</sup>。

## 参考文献

- [1] Forde B, Lorenzo H. The nutritional control of root development[J]. Plant and Soil, 2001, 232: 51-68.
- [2] Hodge A. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients[J]. New Phytologist, 2004, 162: 9-24.
- [3] 严小龙. 根系生物学原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] Campbell B D, Grime J P, Mackey J M L. A trade off between scale and precision in resource foraging[J]. Oecologia, 1991, 87: 532-538.
- [5] Einsmann J C, Jones R H, Mou P, et al. Nutrient foraging traits in 10

- co-occurring plant species of contrasting life form[J]. J Ecol, 1999, 87: 609-619.
- [6] Fransen B, De kroon H. Soil nutrient heterogeneity alters competition between two perennial grass species[J]. Ecology, 2001, 82: 2534-2546.
- [7] 王庆成, 程云环. 土壤养分空间异质性与植物根系的觅食反应[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1063-1068.
- [8] Eissenstat D M. Costs and benefits of constructing roots of small diameter[J]. J Plant Nutr, 1992, 155: 241-253.
- [9] Larigauderie A, Richards J H. Root proliferation characteristics of seven perennial aridland grasses in nutrient-enriched microsites[J]. Oecologia, 1994, 99: 102-111.
- [10] Mou P, Michell R J, Jones R H. Root distribution of two tree species under a heterogeneous environment[J]. Appl Ecol, 1997, 34: 645-656.
- [11] Graham R D. Breeding for nutritional characteristic in cereals[J]. Adv

plant Nutr, 1984(1): 57-102.

- [12] Fitter A H. Architecture and biomass allocation as components of the plastic response of root systems to soil heterogeneity[M]// In Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants; Ecophysiological Presses Above-and Belowground. Caldwell E M M, Pearcy R W. San Diego: Academic Press, 1994.
- [13] Grime J P. The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity[M]// In Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants; Ecophysiological Presses Above-and Belowground. Caldwell Eds M M, Pearcy R W. San Diego: Academic Press, 1994.
- [14] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in field[J]. Adv in Soil Science, 1985(3): 1-70.

## Response of *Rosa rugosa* Seedling Roots to Space Spatial Heterogeneous of Soil Water and Nutrient

SUN Yue-bo<sup>1</sup>, ZHAO Cong-kai<sup>1</sup>, ZHAO Lan-yong<sup>2</sup>

(1. Department of Landscape Engineering, Weifang Vocational College, Weifang, Shandong 261031; 2. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018)

**Abstract:** Taking the seedling of *Rosa rugosa* as test materials, the medium culture was used, the effect of heterogeneous nutrient and water on root architecture, root mass distribution, top mass, R/S, fine root diameter and SRL in greenhouse were studied. The results showed that the root of *Rosa rugosa* was responded sensitively to water and nutrient heterogeneity, growth and distribution of root were affected obviously by space heterogeneity; growth quantity of up ground parts, total root and R/S treated in water and fertilizer heterogeneity were less than in homogeneity, and the R/S was reduced; roots grew quickly and total growth quantity was added clearly in fertilizer and irrigated area, and the growth were restrained in no nutrient and water area. Compared with the no fertilizer area, the diameter of fine root decreased and increased SRL, which were beneficial for absorbing and transporting of nutrient and water, in the no irrigation area, though diameter of fine root decreased, but the low SRL reduced the ability of absorbing water, reduced the total quantity of growth and then were bad to rose growing. Rose growing affected by water heterogeneity was more obviously than that by fertilizer heterogeneity.

**Key words:** *Rosa rugosa*; root architecture; water; nutrient; space spatial heterogeneous