

# 石梓幼林生长与立地因子的关系\*

谭天泳

黄镜光

(中国林业科学研究院热带林业研究所) (中国林业科学研究院大青山实验局)

**摘要** 试验和调查研究表明:北纬 $23^{\circ}30'$ 以南为石梓适生地区,其年平均气温 $20.5-24.5^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温 $>-1.5^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $1200-2200\text{mm}$ 。适宜的生境为地形开阔、阳光充足的静风环境(旬平均风速 $<2\text{m/s}$ )。要求土壤疏松、表层有机质 $>2\%$ ,全氮 $>0.1\%$ ,速效磷 $>0.25\text{mg}/100\text{g}$ 土, pH值 $4.5-6.9$ ,土壤含水率 $10-24\%$ 。不同植被类型和不同坡位上的石梓幼林生长差异达显著水平。经相关分析,在一定范围内,石梓的生长与土壤pH值、水分、养分(N、P)的关系分别成显著和极显著的直线、幂函数、指数函数和S型曲线正相关。其中与速效磷的关系更密切。

**关键词** 石梓; 立地因子

石梓(*Gmelina arborea*)原产于缅甸、老挝、泰国等东南亚地区,我国天然分布仅限于云南省西南部。石梓为热带速生珍贵树种,是制作家具、造船、造纸、室内装修等优良用材。我国热带地区海南省,从60年代开始试种,目前,在广东、广西、海南、云南等省(区)有一定造林面积。据不完全统计,现有石梓人工幼林 $400-500\text{ha}$ 。为了解石梓在不同的气候区和不同的立地条件下的生长情况,更好地推广这一优良速生树种,为适地适树提供科学依据,笔者于1987和1988年,在石梓主要人工栽培区进行了调查研究,现将材料整理分析如下。

## 一、石梓自然分布区与人工栽培区的基本情况

### (一) 自然分布区

年平均气温 $23-27^{\circ}\text{C}$ ,绝对最高气温 $37-48^{\circ}\text{C}$ ,绝对最低气温 $-1-16^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量 $760-2300\text{mm}$ ,最适于石梓生长的年降雨量为 $1778-2286\text{mm}^{[1]}$ 。云南西双版纳的年平均气温 $20-22^{\circ}\text{C}$ ,绝对最高气温 $41^{\circ}\text{C}$ ,绝对最低气温 $-0.5-3.7^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量 $1200-1800\text{mm}$ 。

### (二) 人工栽培区

1. 海南尖峰岭人工栽培区 海南尖峰岭位于北纬 $18^{\circ}42'$ ,东经 $108^{\circ}49'$ ,气候类型属热带半干热型<sup>[2]</sup>。年平均气温 $24.5^{\circ}\text{C}$ ,平均最高气温 $29.9^{\circ}\text{C}$ ,平均最低气温 $19.7^{\circ}\text{C}$ ,年极端

本文于1988年7月27日收到。

• 参加调查工作的还有李炎香、林毅、卢立华、陈伯珊、吴英标等。

最低气温 $2.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $8914^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 $1634.3\text{ mm}$ , 雨季(5—10月)占全年降雨量的80—90%, 年蒸发量 $1858.4\text{ mm}$ 。海拔 $100\text{ m}$ 左右, 土壤类型属褐色砖红壤, 土层厚度 $>100\text{ cm}$ , 表层厚度 $>8\text{ cm}$ , 表层腐殖质约3%, pH值约6.0。植被类型为次生落叶季雨林和有刺灌木群丛。

2. 广西大青山人工栽培区 广西大青山位于北纬 $21^{\circ}57'$ — $22^{\circ}19'$ , 东经 $106^{\circ}40'$ — $106^{\circ}59'$ , 属北热带半湿润—湿润气候。年平均气温 $20.5$ — $21.5^{\circ}\text{C}$ , 最冷月均温 $12.5$ — $13.5^{\circ}\text{C}$ , 最热月均温 $27.5^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温 $-1.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $7000$ — $7500^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 $1200$ — $1500\text{ mm}$ , 雨季(4—9月)占年降雨量的80%左右, 年蒸发量 $1200$ — $1300\text{ mm}$ 。海拔 $160$ — $600\text{ m}$ 。主要土壤类型有红壤、砖红壤性红壤和紫色土等, 土层厚度 $>100\text{ cm}$ , 表土层 $>10\text{ cm}$ , 表层腐殖质 $1.7$ — $4.6\%$ , pH值 $4.0$ — $6.0$ , 原生植被为杉木人工林。

3. 广东试种区 增城县金坑林场位于北纬 $23^{\circ}20'$ , 东经 $113^{\circ}50'$ , 年平均气温 $21.9^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温 $0.5^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 $1500$ — $2000\text{ mm}$ ; 清远市位于北纬 $23^{\circ}43'$ , 东经 $113^{\circ}0'$ , 年平均气温 $21.7^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温 $-1.7^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 $2200\text{ mm}^{1)}$ 。

## 二、调查研究方法

调查以海南尖峰岭和广西大青山人工栽培区为主, 在云南和广东进行辅助性调查。调查林分为3—15年生, 以4—6年生最多。根据气候、土壤、植被、地形地势, 采用固定标地与临时标地、标地与样方相结合的调查方法。在尖峰岭调查25块标准地, 40个小样方, 9株解析木, 23个土壤剖面; 在大青山调查73块标准地, 48株解析木, 48个土壤剖面; 在云南西双版纳调查9块标准地, 9个土壤剖面; 在广东调查11块标准地, 11个土壤剖面。每木检尺共4875株。同时, 收集有关气象资料。通过计算机统计, 分析石梓生长与主要立地因子的关系。

## 三、调查结果与分析

### (一) 石梓幼林生长类型的划分

根据大量固定标地观测、样地调查和树干解析材料, 按幼林生长和立地条件差异, 将石梓幼林生长初步划为三个类型(表1)。

I 类型 林木生长旺盛, 林相整齐, 干形良好, 尖削度小, 高径比 $80$ — $90:1$ , 落叶晚或少落叶, 风害和冻害轻微。第4—5年, 年平均生长量树高 $>2\text{ m}$ , 胸径 $>2\text{ cm}$ , 材积 $>10\text{ m}^3/\text{ha}$ 。

II 类型 林木生长尚旺盛, 林相整齐, 缺株少, 干形较好, 高径比 $91$ — $110:1$ , 落叶较早, 风害和冻害较轻, 受害后在短期内能恢复正常。第4—5年, 年平均生长量树高 $1.5$ — $2.0\text{ m}$ , 胸径 $1.5$ — $2.0\text{ cm}$ , 材积 $6$ — $10\text{ m}^3/\text{ha}$ 。

III 类型 林木生势较差, 林相不整齐, 落叶早, 缺株多, 干形差, 尖削度大, 高径比 $<80$ 或 $>110:1$ 。风害严重或有冻害, 难于恢复正常。第4—5年, 年平均生长量树高 $<1.5\text{ m}$ ,

1) 何国彦, 1985, 石梓引种栽培试验研究, 广州林业科技, (1), 13—15。

表 1

石梓幼林生长与立地条件

类型	林 木 生 长		立 地 条 件 特 征	
I 类	年平均生长量	树 高 (m)	>2.0	多在中低山外围山坳、山坡及山脚相夹的沟谷两沿中下坡, 坡度 5—25°, 背风湿润, 阳光充足, 土层厚度 >100 cm, 林下植物有蕨类、飞机草、蔓生秀竹等, 土层疏松, 排水良好, 粒状结构, 多为轻粘—轻壤土, 石砾含量少, 且大多数分布在 50—90 cm 的深土层。有机质含量 2.1—4.6%, 全氮含量 0.12—0.21%, 有效磷 >0.5 mg/100 g 土, 有效钾 16—35 mg/100 g 土, 立地条件好。
		胸 径 (cm)	>2.0	
		材 积 (m <sup>3</sup> /ha)	>10	
II 类	年平均生长量	树 高 (m)	1.5—2.0	多在开阔台地、平地、山坡山脊的中下部, 半湿润, 少风害, 阳坡或半阳坡, 土层厚度 >100 cm, 表层含较多石砾。林下植物多为灌木和蕨类, 排水良好, 多为轻粘—重壤土。有机质含量 2.0—3.8%, 全氮含量 0.09—0.16%, 有效磷 0.25—0.5 mg/100 g 土, 有效钾 10.3—33.5 mg/100 g 土, 立地条件中等。
		胸 径 (cm)	1.5—2.0	
		材 积 (m <sup>3</sup> /ha)	6—10	
III 类	年平均生长量	树 高 (m)	<1.5	多为季节性积水平地, 底层板结滞水的缓坡、上坡、阴坡, 地势开阔风大, 干热或由于坡陡阳光不足, 有霜冻, 虫害、风害较严重, 土层深厚不一, 石砾多, 土壤质地重壤—中粘土, 林下主要植物有白茅、芒萁和有刺矮生灌丛。有机质含量 0.9—2.5%, 全氮含量 0.06—0.12%, 有效磷 <0.25 mg/100 g 土, 有效钾 8.9—19.87 mg/100 g 土, 立地条件差。
		胸 径 (cm)	<1.5	
		材 积 (m <sup>3</sup> /ha)	2—6	

胸径 < 1.5 cm, 材积 < 6 m<sup>3</sup>/ha。

调查结果表明, 石梓三个类型的幼林生长差异很明显。主要栽培区的广西大青山, I 类林分占 25.8%, II 类林分占 51.7%, III 类林分占 22.5%; 海南尖峰岭, I 类林分占 22.2%, II 类林分占 55.6%, III 类林分占 22.2%。

### (二) 石梓生长与地理气候

石梓主要引种、栽培区位于北纬 18°42′—23°43′, 东经 101°46′—113°50′, 海拔 60—600 m。然而, 不同地理气候类型影响着石梓的生长发育。

调查研究结果说明, 大部分石梓幼林生长达到 II 类以上标准。但广东增城、清远的成片幼林极少达到 I 类标准。广西大青山偶有冻害, 并影响其生长。海南岛尖峰岭大面积造林的 8 年生石梓幼林, 平均树高 13.1 m, 平均胸径 15.4 cm, 平均单株材积 0.136 m<sup>3</sup>, 每公顷材积年平均生长量为 20.4 m<sup>3</sup>, 而广西大青山 8 年生幼林平均树高 15.3 m, 平均胸径 13.1 cm, 平均单株材积 0.115 m<sup>3</sup>, 每公顷材积平均生长量 17.8 m<sup>3</sup>。说明同一气候区的不同海拔 (60—600 m) 对石梓生长影响较小, 不同气候区林木单位面积产量差异较明显。根据低温对林木生长的影响, 认为北纬 23.5° 以南是发展石梓的适生地区。

### (三) 石梓幼林生长与立地环境

1. 幼林生长与地形 不同的地形是通过形成不同的小气候来影响石梓幼林生长的。

调查结果表明, 广西大青山英阳 3 号标地靠近沟谷, 土层深厚, 水湿条件好, 但因后山体大, 坡陡, 日照时间短, 直射光少, 林木生长差于地形开阔、阳光充足的 2 号标地, 林分平均树高、胸径分别为 2 号标地的 76.9% 和 74.4%。那怀 22、23 号标地的情况也是如此; 海南尖峰岭 79-2 号和 79-1 号标地, 均处于中山外围丘陵的山脚两侧, 前者地形开阔, 坡

面大, 易受台风侵袭, 林木生长落后于有较高山脊挡风、台风影响小的79-1号标地, 林分平均树高和胸径分别为79-2号标地的79.2%和77.6%。

2. 幼林生长与坡向 不同坡向通过日照时间和光照强度来影响林木的生长。36块标地调查结果说明, 阳坡的石梓幼林生长最好, 林木生长均匀, 变异系数 $<16\%$ , 半阳坡和半阴坡生长次之, 阴坡生长最差, 5年生林分平均树高和胸径分别为阳坡的78%和75.5%, 林木生长不均匀, 变异系数20—26.5%。方差分析结果表明, 不同坡向的林分, 不论树高或胸径的生长, 差异均达极显著水平。进一步说明了石梓为强阳性树种。

3. 幼林生长与坡位 不同的坡位, 由于水肥的再分配, 对石梓幼林生长影响极显著。在同一坡向、不同坡位的幼林生长情况如表2。

表2 石梓生长与坡位

坡位	样地平均树高(m)			平均	样地平均胸径(cm)			平均
				(m)				(cm)
上坡	6.60	6.80	7.28	6.89	6.06	6.7	6.88	6.55
中坡	7.65	8.35	10.49	8.80	9.01	9.6	9.91	9.54
下坡	11.70	8.75	11.53	10.66	10.29	9.9	11.9	10.56

表2说明, 不同坡位的林分, 树高和胸径生长是: 下坡 $>$ 中坡 $>$ 上坡。下坡林分的树高和胸径比中坡林分大21%和11%, 比上坡大54.7%和61.2%。方差分析表明, 不同坡位林分树高和胸径生长差异达显著或极显著水平。说明山地的上坡不宜种植石梓。

#### (四) 石梓幼林生长与土壤条件

1. 幼林生长与土壤水分 土壤水分是决定肥力的重要因子, 土壤水分过多, 产生滞水, 从而引起土壤空气中氧气不足, 影响根系生长, 造成烂根, 同时降低了土壤中微生物的活动能力。土壤水分太少, 虽氧气充足, 但提高了灰分元素浓度, 不利于根系的吸收。当土壤毛管含水量接近耗尽, 土壤水分满足不了维持植物细胞的膨胀时, 植物处于萎蔫状态, 甚至死亡。为探讨石梓幼林生长与土壤水分的关系, 现将海南尖峰岭石梓人工林的土壤调查情况列于表3。

表3 尖峰岭土壤水分与石梓生长

标地号	林龄 (a)	土壤含水率 (%)	表土层 (cm)	腐殖质 (%)	全氮 (%)	速效磷 (mg/100克土)	速效钾 (mg/100克土)	pH值	$\bar{H}$ (m)	$\bar{D}$ (cm)
尖峰岭11	10	11.22	11	4.14	0.197	0.259	15.38	6.6	13.8	17.2
尖峰岭12	10	8.89	12	3.81	0.167	0.229	16.19	6.4	11.9	14.2
尖峰岭15	7	9.19	12	2.11	0.132	0.110	20.88	6.8	12.4	16.6
尖峰岭16	7	6.05	13	2.56	0.134	0.041	15.5	6.6	9.9	12.9

从表3可见, 10年生和7年生两龄组内的土壤养分含量相近, 但由于各标地土壤含水率不同, 林木生长差异大。如尖峰岭11号标地的含水率比12号标地高2.33%, 平均树高和胸径分别大25.3%和28.7%。为进一步了解它们的相关关系, 我们进行了相关计算, 并绘制了相关图(图1)。结果表明, 石梓幼林树高和胸径生长与土壤含水率成幂函数正相关, 相关系数

$R_{(H)} = 0.95$ ,  $R_{(D)} = 0.91$  ( $r_{0.05} = 0.70$ ,  $r_{0.01} = 0.92$ ), 分别达极显著和显著水平。图1表明, 石梓幼林生长适宜的土壤含水率为6—15%。

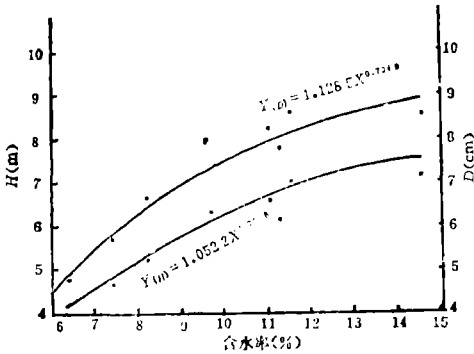


图1 尖峰岭石梓生长与水分相关关系

2. 幼林生长与土壤质地 不同的土壤质地在一定程度上反映了土壤肥力的差异, 影响林木生长<sup>[3]</sup>。根据调查计算结果, 石梓幼林的树高、胸径年平均生长量均为中壤土 > 轻壤土 > 中粘土(表4), 但差异不显著。说明中壤土和中粘土均适于石梓生长。

3. 幼林生长与土壤 pH 值 土壤 pH 值表示土壤溶液中  $H^+$  的活度, 当 pH 值 < 4 或 > 9 时,  $H^+$  和  $OH^-$  对植物直接产生毒害, 然而, 每种植物对 pH 值又都有其不同的适应性。根据大量的调查结果, 认为石梓对 pH 值的适应范围为 4.5—6.9。在这个范围内, 其它条件相似的情况下, 尖峰岭的石梓幼林树高和胸径与土壤 pH 值均达显著的直线正相关, 相关系数  $R_{(H)} = 0.85$  ( $r_{0.01} = 0.87$ ,  $r_{0.05} = 0.75$ ),  $R_{(D)} = 0.81$ ; 大青山石梓幼林的树高和胸径生长与 pH 值的关系, 则成极显著的指数函数正相关, 相关系数  $R_{(H)} = 0.7$  ( $r_{0.05} = 0.47$ ,  $r_{0.01} = 0.59$ ),  $R_{(D)} = 0.76$ 。从而说明, 在一定范围内, 树高和胸径生长量随土壤 pH 值的增大而增加。

表4 石梓幼林生长与土壤质地

样地	坡向	坡度	土层厚度 (cm)	物理性砂粒 (%)	物理性粘粒 (%)	土壤质地	林龄 (a)	年平均生长	
								H (m)	D (cm)
大青山23	东	20°	0—12	69.14	30.86	中壤土	6	1.95	1.58
			12—23	65.69	34.31	中壤土			
			23—50	63.27	36.73	中壤土			
大青山22	东	20°	0—10	45.77	54.23	重壤土	6	1.62	1.44
			10—17	50.18	49.82	重壤土			
			17—50	30.05	69.95	轻粘土			
大青山06	东北	30°	0—14	24.33	75.67	中粘土	5	1.45	1.37
			14—27	16.74	83.26	中粘土			
			27—60	15.31	84.69	中粘土			

4. 幼林生长与土壤养分(N、P、K) 土壤中的养分, 特别是速效养分, 直接影响着林木的生长。不同的树种对养分的种类和数量要求均有差异。为了解石梓幼林生长与土壤养分的关系, 对大量的人工林进行了调查分析, 并作了相关计算(表5)。

表5可知, 石梓幼林树高和胸径生长与土壤中的 N、P 元素的含量均呈显著和极显著的幂函数、指数函数或 S 型曲线的正相关关系, 而与土壤中 K 元素的含量相关性较差。从逐步回归结果来看, 石梓幼林生长与海南岛尖峰岭土壤水分、有效磷和广西大青山有效磷、pH 值关系更密切, 这是选择立地土壤的主要因子。

表 5 石梓幼林生长与土壤中 N、P、K 含量相关分析

地 点	项 目		相关系数 <i>r</i>	临 界 值		回 归 方 程
	<i>y</i>	<i>x</i>		<i>r</i> <sub>0.05</sub>	<i>r</i> <sub>0.01</sub>	
海 南 尖 峰 岭	树 高	全 氮	0.67*	0.60	0.73	$y = \frac{1}{-0.6529 + 0.8719 e^{-x}}$
		速 效 磷	0.84**	0.60	0.73	$y = 3.6094 e^{17.5622x}$
	胸 径	全 氮	0.68*	0.60	0.73	$y = \frac{1}{-0.2012 + 0.3926 e^{-x}}$
		速 效 磷	0.84**	0.60	0.73	$y = 3.123 e^{27.5622x}$
广 西 大 青 山	树 高	全 氮	0.69**	0.55	0.68	$y = 0.428x^{1.0427}$
		速 效 磷	0.57*	0.47	0.59	$y = \frac{1}{0.1583 - 0.0569 e^{-x}}$
		速 效 钾	0.31	0.46	0.58	$y = \frac{1}{0.1225 - 0.224 e^{-x}}$
	胸 径	全 氮	0.38	0.55	0.68	$y = 21.25 - 3.90x$
		速 效 磷	0.78**	0.55	0.68	$y = \frac{1}{0.099 + 0.3628 e^{-x}}$
		速 效 钾	0.25	0.46	0.58	$y = \frac{1}{0.1251 - 0.045 e^{-x}}$

### (五) 石梓幼林生长与植被类型

不同的植被类型反映了不同的立地环境，不同的立地环境质量对林木生长影响较大，如尖峰岭的飞机草群丛的石梓幼林材积生长量是有刺灌丛、低洼草地的3.9倍和26.8倍(表6)。

表 6 石梓幼林生长与植被类型

植 被 类 型	主 要 植 物	林 分 生 长 量			林 分 年 龄 (a)
		$\bar{H}$	$\bar{D}$	m <sup>3</sup> /ha	
飞机草群丛	飞机草、火索麻、三叶豆、苕草	7.64	8.62	38.59	4.5
稀疏次生林	半枫荷、黑格、龙眼、粗康柴	6.62	8.21	37.05	4.5
有刺灌丛	圆叶刺桑、猫仔木、闭花木、海金沙	4.11	4.79	9.78	4.5
低洼草地	白茅、钻头草、画眉草、莎草	2.51	2.16	1.44	4.5
蔓生莠竹—乌毛蕨草丛	蔓生莠竹、乌毛蕨、野芭蕉	11.20	11.89	93.17	5.0
五节芒—铁芒箕草丛	铁芒箕、白茅、五节芒、中平、毛背桐	5.50	5.00	11.70	5.0

## 四、结 语

1. 调查研究结果表明，石梓在北纬23.5°以南生长基本正常，有些地方偶有寒害，但幼林容易恢复，对林木生长和林木质量影响不大。因此，在这些地区发展石梓是适宜的。

2. 石梓造林应选择 I—II 类林分的立地条件：①地形较开阔、阳光充足，风小，海拔 600 m 以下的山地中下坡排水良好的立地环境。②石梓对土壤类型和成土母质要求不太严格，

但在疏松、水肥条件较好, 土层厚度 $>80$  cm, 表土层 $>10$  cm, 有机质 $>2\%$ , 全N $>0.1\%$ , 速效P $>0.25$  mg/100 g土, pH值4.5—6.9, 旱季含水率为6—15%的壤土上幼林生长较好。③造林地植被类型: 尖峰岭以飞机草群丛、次生林、无刺灌丛为好; 大青山以蔓生莠竹为主的草丛、次生阔叶乔灌木、生长良好的杉木林为好。

3. 石梓幼林管理, 应根据林木生长、林地植被和土壤养分的变化, 对幼林进行除草松土, 并施用N、P混合肥和多施磷肥。

### 参 考 文 献

- [1] 牛津大学联邦林业研究所林业系热带营林组(冯子坚摘译), 1979, 石梓, 热带林业科技, (2、3)。  
 [2] 热林所柚木调查组, 1977, 柚木生长与立地条件, 热带林业科技, (1、2), 4—12。  
 [3] 柴锡周, 1985, 土壤条件与杉木生长关系的调查研究, 浙江林学院学报, 2(1):77—80。

## THE INVESTIGATION AND ANALYSIS ON SITE CONDITION AND GROWTH OF *GMELINA ARBOREA*

Tan Tianyong

(The Research Institute of Tropical Forestry CAF)

Huang Jinguang

(Da-Qing Shan Experiment Bureau CAF)

**Abstract** The result of investigation and analysis showed that, the tropical and the south-subtropical below  $23.5^{\circ}\text{N}$  in China, the annual mean temperature is  $20.5\text{--}24.5^{\circ}\text{C}$  the extreme minimum temperature  $> -1.5^{\circ}\text{C}$ , the mean annual rainfall 1200—2200 mm, is the most suitable region for growth of *Gmelina arborea*. It demands the habitat with topography wide, sunshine abundance, gentle breeze (the ten days average wind speed  $< 2$  m/second), loose soil structure, humus content  $> 2\%$ , total nitrogen  $> 0.1\%$ , available phosphate  $> 0.25$  mg/100 g soil, pH 4.5—6.9, moisture content 10—24% of the surface layer soil. The growth effect of young plantation is significantly different in different kinds of vegetation types and slop position. The results of correlation analysis showed, in a certain range, that the growth of *Gmelina arborea* has respectively extremely significant positive correlation of linearity, power function, exponential function and S curve with pH value, moisture content, nutrient(N,P), but the available phosphate is a more important factor for the tree growth than the others.

**Key words** *Gmelina arborea*; site factor