

雷竹林地土壤养分限制因子研究

杨贺菲¹, 唐剑波², 胥闻博¹, 赵静², 龚丽娜²

(1. 长江水利委员会长江科学院水土保持研究所, 湖北武汉 430010; 2. 江西农业大学林学院, 江西南昌 330045)

摘要 [目的]研究雷竹林地土壤养分限制因子, 提出最佳施肥方案, 指导雷竹林平衡施肥。[方法]采用土壤养分测试、吸附试验和温网室生物盆栽试验相结合的诊断程序, 以高粱为指示作物, 对江西万年丰盛公司雷竹林土壤养分养分限制因子进行系统诊断。[结果]土壤对 P 和 Cu 具有较强的吸附固定能力, 而对 K、Zn 和 S 的吸附固定能力较弱; 盆栽试验中雷竹林土壤养分亏缺程度从大到小依次为 Ca、P、Zn、N、S、Cu; 雷竹林土壤中有有效 Fe、S 和 B 含量普遍丰富, 生物盆栽试验中 3 种供试土壤缺 Ca、P、Zn, 分别使高粱减产 65.4 个百分点、34.6 个百分点、18.8 个百分点。[结论]万年县雷竹林地土壤养分限制因子为 Ca、P、Zn, 亏缺程度从高到低依次为 Ca、P、Zn, 而 N、B、Cu、S 可能为潜在限制因子。

关键词 土壤养分; 限制因子; 雷竹

中图分类号 S714.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)12-195-03

Study on the Limiting Factors of Soil Nutrient in *Phyllostachys praecox* Plantation

YANG He-fei¹, TANG Jian-bo², XU Wen-bo¹ et al (1. Changjiang Water Resources Commission, Institute of Soil and Water Conservation, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan, Hubei 430010; 2. College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract [Objective] To research the limiting factors of soil nutrient in *Phyllostachys praecox* f. *Prevelnalis* plantation, to put forward the optimal fertilizer application scheme, and to guide the balanced fertilization of *P. praecox* plantation. [Method] Soil nutrient test, adsorption test and greenhouse/screenhouse technique biological pot experiment were all used together as the diagnostic program. With sorghum as the indicator crop, the limiting factors of soil nutrient in *P. praecox* plantation were systematically diagnosed. [Result] Soil had relatively strong fixed adsorption capacity to P and Cu, but relatively weak fixed adsorption capacity to K, Zn and S. In the pot experiment, the order of nutrient deficiency of *P. praecox* plantation was in the order of Ca > P > Zn > N > S > Cu. Effective Fe, S and B contents were generally abundant in the soil of *P. praecox* plantation. And in pot experiment, three kinds of tested soils were lack of Ca, P and Zn, so that the dry matter yields of sorghum reduced by 65.4 percentage points, 34.6 percentage points and 18.8 percentage points, respectively. [Conclusion] Ca, P and Zn are the limiting factors of soil nutrient in *P. praecox* plantation, their deficiency degrees are in the order of Ca > P > Zn. And N, B, Cu and S might be the potential limiting factors.

Key words Soil nutrient; Limiting factors; *Phyllostachys praecox* f. *Prevelnalis*

雷竹(*Phyllostachys praecox* f. *Prevelnalis*)是一种优良笋用竹种,竹杆散生,高6~10 m,节间长15~20 cm,新秆节下有一圈白粉环,这种现象在成熟竹林中较明显。雷竹性文雅,质脆弱,喜肥沃,怕积水,连年出笋,在生产上已有10余年的栽培历史,近年来通过科研人员的大量研究,雷竹高产栽培技术日益成熟。

根据土壤本身养分含量的丰缺程度与土壤对养分的吸附固定能力,来统筹考虑土壤中各种营养元素的均衡供应,从而推荐施肥,是高效施肥的重要途径之一。土壤养分状况系统研究法(ASI法)最初被用于水稻、小麦等粮食作物,随后在蔬菜、水果等方面进行了很多相关研究,这种方法在我国得到了大范围的应用,而在雷竹栽培中的应用鲜见。该研究应用Porth(1988)修正法——土壤养分状况的温网室调查方法^[1],对江西万年丰盛公司雷竹林土壤养分状况及其限制因子进行系统研究,旨在提出最佳施肥方案,指导雷竹林平衡施肥。

1 材料与方

1.1 试验点概况 试验在江西省上饶市万年丰盛公司雷竹林地进行,该地位于江西省东北部,属信江流域,雨量充沛,

日照充足,气候温和,四季分明,全年平均气温为15.3~17.7℃,年均降水量为1552.1 mm,无霜期为274 d。

1.2 土壤样品采集与常规分析 供试土壤采自丰盛公司雷竹林地。通过多点随机取样法采集耕层土样,混合约70 kg,室内风干后过2 mm筛,通过多点取样法得1 kg干样本,将此样本送至北京中加合作实验室按ASI法进行常规分析^[2-3],分析项目包括pH、有机质(OM)、活性酸(AA)、NH₄-N、Ca和Mg、速效P、K、Fe、Cu、Mn、Zn、S和B,其余样品作吸附试验及盆栽试验用。

1.3 吸附试验 土壤对养分的吸附固定能力直接影响着土壤养分肥效的发挥。吸附试验是在一系列定量的土壤样品中加入各元素含量不同的溶液,自然风干后,在短时间内模拟田间条件下各元素与土壤组分从水分饱和到风干过程中的各种反应,用浸提液浸提土壤,测定元素中的可浸提量,然后以各元素的加入量对风干后的可浸提量做吸附曲线图,用来评价土壤的吸附固定能力,并确定适宜的施肥量。该研究根据ASI法确定的各营养元素亏缺临界值,规定凡测定值低于3倍亏缺临界值的元素均进行土壤吸附试验。对土样进行了速效P、K、S、B、Cu、Mn、Zn等的吸附研究,并做出吸附曲线^[4]。

根据土壤有效养分含量的测定结果,在一系列定量的土壤样品中加入各营养元素溶液并充分混合(表1),于无尘室内静置3~6 d,模拟田间条件下各元素与土壤组分从饱和到风干过程的反应,自然风干后采用ASI法测定土壤中K、P、

基金项目 国家科技支撑计划项目(2012BAC11B00);国际植物营养研究所(IPNI)项目(Jiangxi-29)。

作者简介 杨贺菲(1988-),女,湖北武汉人,助理工程师,在读博士,研究方向:水土保持。

收稿日期 2016-03-14

S、B、Cu、Mn 和 Zn 等元素的有效含量,做出各元素的吸附曲线来评价土壤对其的吸附固定能力。

表1 土壤吸附液中元素浓度
Table 1 Element concentration of soil adsorption solution

编号 Code	K	P	S	B	Cu	Mn	Zn
1	0	0	0	0	0	0	0
2	25.42	20	10	0.25	1	5	2.5
3	50.83	40	20	0.50	2	10	5.0
4	101.66	80	40	1.00	4	20	10.0
5	203.32	160	80	2.00	8	40	20.0
6	406.64	320	160	4.00	16	80	40.0

1.4 盆栽试验 结合土壤常规分析和吸附试验结果,可确定最佳处理(OPT),其基本原则是保证各营养元素的均衡供应。若土壤中某化学元素含量高于3倍亏缺临界值,在OPT中不再施加;当低于3倍亏缺临界值时,结合相应吸附曲线使其在OPT中的量达到3倍亏缺临界值。从OPT配方中除去或加入某一元素,构成元素的丰缺处理。盆栽土壤处理方法如下: -N、-P、+K、-S、+B、-Cu、+Fe、-Mn、-Mo、-Zn、-Ca、-Mg、CK(“+”与“-”分别为施与不施,CK为不施加任何元素,其他同OPT)。所需溶液及化合物如下:N 2.00 mL、P 1.00 mL、K 0 mL、S 2.00 mL、B 0 mL、Cu 3.80 mL、Fe 0 mL、Mn 0.80 mL、Mo 2.00 mL、Zn 1.05 mL、CaCO₃ 0.35 g、MgCO₃ 0.10 g。先将各待加入的养分元素配成溶液,一次性加入600 mL风干土中,室内放置阴干后充分拌匀;用400 mL

底部穿孔的塑料杯装土,每杯装200 mL,每一处理设3次重复。通过过滤嘴的毛细作用供应水分,-N和CK处理用去离子水,其他处理用0.3 g/L NH₄NO₃溶液作灌溉液。

以高粱作指示作物,种子经过24 h催芽后播入1 cm土壤深处,每杯播8粒,出苗后2 d间苗,定苗5株。当植株停止最快生长时收获地上部分烘干称重,以OPT处理的相对产量为100%,计算各处理的相对产量。采用方差分析和多重比较分析各处理与OPT处理的产量差异^[4-5]。

2 结果与分析

2.1 供试土壤的基本养分状况 根据ASI确定的各营养元素亏缺临界值,凡测定值低于该临界值的3倍均可作为缺素对象加以研究。由表2可知,供试土壤的K、Fe和B含量较丰富,其他养分含量均明显低于3倍亏缺临界值。

表2 雷竹林土壤的常规分析结果

Table 2 Routine analysis results of soils in *P. praecox* plantation

数据类型 Date type	pH	OM %	AA cmol/L	NH ₄ -N μg/mL	P μg/mL	K μg/mL	Ca μg/mL	Mg μg/mL
测定值 Testing value	3.96	1.39	1.30	44.1	19.5	173.5	114.5	34.6
临界亏缺值 Critical deficit value					12.0	78.2	400.8	121.5

数据类型 Date type	S μg/mL	Fe μg/mL	Cu μg/mL	Mn μg/mL	Zn μg/mL	B μg/mL	Ca/Mg	Mg/K
测定值 Testing value	25.8	235.3	0.6	3.2	2.4	2.18	3.3	0.2
临界亏缺值 Critical deficit value	12.0	12.0	1.0	5.0	2.0	0.20		

2.2 吸附试验结果 由图1~7可知,万年县雷竹林土壤对P和Cu具有较强吸附固定能力,对P、Cu的吸附均表现在加入量大(分别大于40、4 μg/L)时;而对K、B和S的吸附固定能力较弱,对Mn的吸附固定能力在加入量超过80 μg/L

时才会表现出来。结合吸附特征曲线和化学分析值可知,P、Ca、Cu、Zn是雷竹林土壤的限制因子。除了B提取量(大于0.6 μg/L)外,其他元素的提取量均小于3倍亏缺临界值。

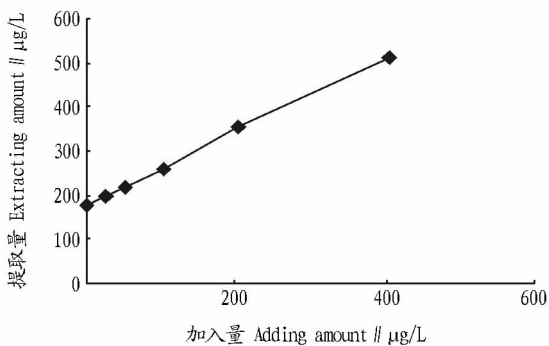


图1 K的吸附曲线

Fig.1 Adsorption curve of K

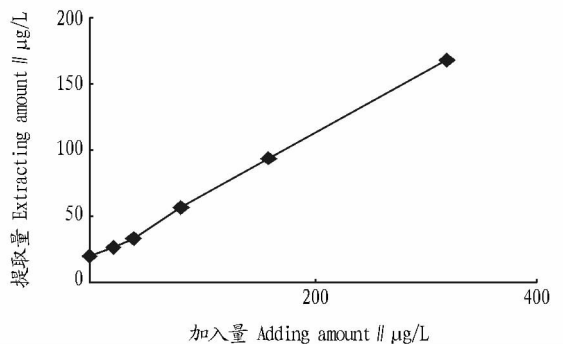


图2 P的吸附曲线

Fig.2 Adsorption curve of P

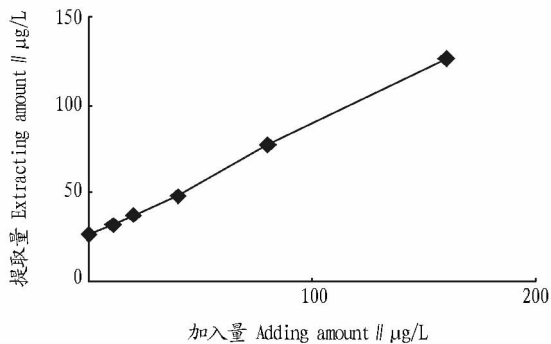


图3 S 的吸附曲线

Fig.3 Adsorption curve of S

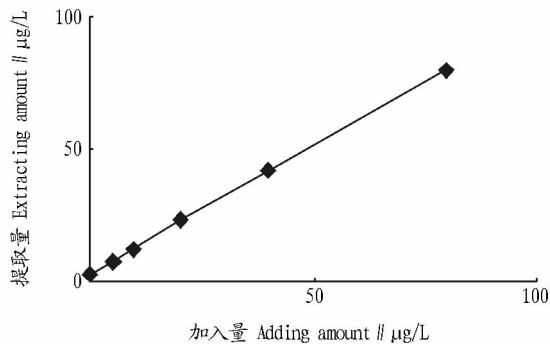


图6 B 的吸附曲线

Fig.6 Adsorption curve of B

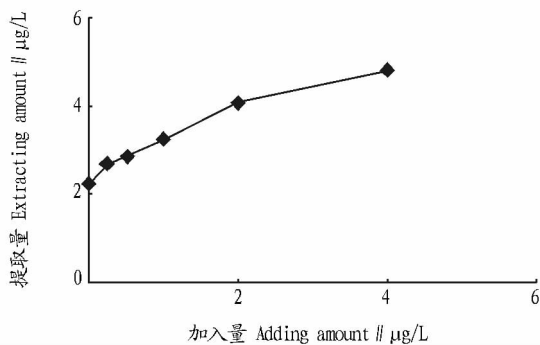


图4 Mn 的吸附曲线

Fig.4 Adsorption curve of Mn

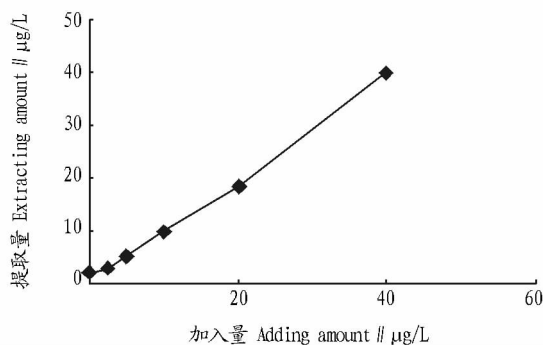


图7 Zn 的吸附曲线

Fig.7 Adsorption curve of Zn

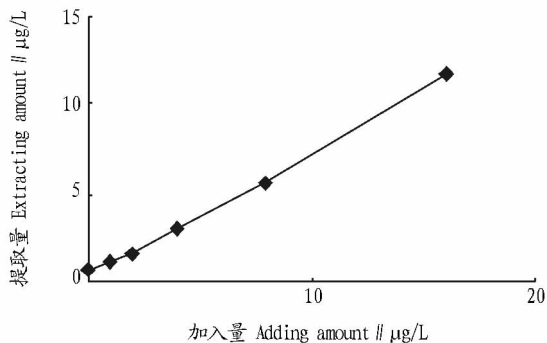


图5 Cu 的吸附曲线

Fig.5 Adsorption curve of Cu

2.3 盆栽试验结果 由于土壤—作物之间关系的复杂性,土壤的常规分析和吸附试验只用于定性判别养分限制因子存在的可能性,而其亏缺程度及顺序则需要盆栽试验验证。对土样的盆栽结果进行方差分析表明,各土壤处理间差异显著(表3);多重比较表明,土壤严重缺Ca、P,相对产量依次为34.6%、65.4%,Ca缺乏程度大于P;明显缺Zn,相对产量为81.2%,Zn是万年县土壤中的限制因子;土壤增施B、Fe对高粱生产影响不大。

盆栽试验结果表明,该土壤不同处理间高粱生长量差异极显著,其养分限制因子为Ca、P、Zn,亏缺程度从大到小依次为Ca、P、Zn;与最佳处理相比,土壤中不施加这些元素处

表3 盆栽试验结果

Table 3 Results of pot experiment

处理 Treatment	单株干重 Dry weight per plant//g	差异显著性 Significance of difference		相对产量 Relative yield//%	养分状况评价 Evaluation of nutrient status
		0.05	0.01		
OPT	0.149 8	ab	AB	100	-
-Ca	0.051 9	d	D	34.6	土壤严重缺Ca,不施减产
-Mg	0.157 8	ab	AB	105.3	盆栽可不施Mg
-N	0.142 6	abc	AB	95.2	缺N但不明显
-P	0.098 0	cd	BCD	65.4	土壤缺P,不施明显减产
+K	0.179 7	a	A	119.9	加K可增产
-S	0.145 5	ab	AB	97.2	盆栽可不施S
+B	0.142 2	abc	AB	94.9	土壤不缺B
-Cu	0.145 8	ab	AB	97.3	盆栽可不施Cu
+Fe	0.141 4	abc	AB	94.4	土壤不缺Fe
-Mn	0.157 3	ab	AB	105.0	盆栽可不施Mn
-Mo	0.163 0	ab	A	108.8	盆栽可不施Mo
-Zn	0.121 6	bc	ABC	81.2	土壤缺Zn,不施减产
CK	0.061 8	d	CD	41.3	不施任何元素,严重减产

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters indicated extremely significant differences ($P < 0.01$).

(下转第199页)

的形态为主。

以树干胸径大小代替年龄结构,对当地的刺叶栎进行简单地分析。由表 1 可知,胸径 < 2.5 cm,高度 < 33 cm 的 I 级幼苗占总数的 12%;胸径 < 2.5 cm,高度在 33 ~ 100 cm 的 II 级幼苗占总数的 17%;胸径 < 2.5 cm,高度 > 100 cm 的 III 级幼树占总数的 28%;IV 级幼树胸径在 2.5 ~ 7.5 cm,占总数的 27%;V 级树胸径在 7.5 ~ 22.5 cm,占总数的 12%;VI 级大树胸径 > 22.5 cm,占总数的 4%。可见刺叶栎的 I 级、II 级幼苗及幼树的数量偏少,种群结构呈衰退型,这种状况是刺叶栎多生长在较严酷的生境下种子不易出苗、群体更新差年龄结构较简单及刺叶栎萌生性强的综合反映。

表 1 刺叶栎种群大小结构

Table 1 *Quercus spinosa* population size

分级 Grading	胸径 DBH//cm	树高 Tree height cm	株数 Plants	比例 Proportion %
I	<2.5	<33	24	12
II	<2.5	33 ~ 100	34	17
III	<2.5	>100	56	28
IV	2.5 ~ 7.5	>100	54	27
V	7.5 ~ 22.5	>100	24	12
VI	>22.5	>100	8	4
合计 Total			200	100

5 结论

(1) 刺叶栎生长缓慢,生境恶劣影响其更新。刺叶栎生长缓慢且材质坚硬,当地群众常将其作为薪柴采伐或作为烧炭的上等材料,因而使其遭到过度采伐和严重破坏,致使本来分布狭窄、数量有限的资源处于局部濒危状态。从刺叶栎的种群结构来看,I 级幼苗少于 II 级幼苗,II 级幼苗少于 III 级幼树,表明刺叶栎种群的更新不好,这可能是因为刺叶栎所处的群落郁闭度较高,光线不足,影响结实,也有可能是因为刺叶栎分布区域大多土层瘠薄、坡度较大、岩石裸露,生境条件恶劣影响了坚果的出苗,导致其更新不好。

(2) 人工促进刺叶栎更新。种群的年龄结构是种群内不同年龄的个体数量的分布情况,它不仅反映了种群数量动态及其发展趋势,而且在很大程度上反映了种群与环境之间的相互关系以及它们在种群中的作用和地位。由刺叶栎大小结构代替年龄结构可以看出,刺叶栎幼苗储备不足,幼苗仅占 12%,这导致种群不能迅速增长。而处于中等级的个体较多,种群可以在一定时间内保持相对稳定,虽然刺叶栎的种群结构暂时属于稳定型,但从长期来看,若不采取有效的保护措施,其种群必将走向衰退,甚至趋于灭亡。刺叶栎虽然有萌蘖能力,但其所处群落郁闭度较大,大多处于 0.6 ~ 0.8,群落中的优势种主要为马尾松、油松、白栎等高大乔木,林下还有箭竹、荆条等,严重影响了群落的透光性及刺叶栎种子的萌发和幼苗的生长。因此在保护工作中应采取疏伐以增加光照,人工辅助出苗,譬如破除坚果外壳等措施以增加刺叶栎幼苗,保护刺叶栎种群稳定发展。

(3) 应加强刺叶栎异地引种交流和人工繁育。刺叶栎在当地分布数量少,有可能造成种群近亲交配率提高,降低刺叶栎的繁殖力,使种群进一步衰弱,因此有效增加当地刺叶栎种群与其他分布区的种群间的个体和基因交流,可以达到长期保护刺叶栎的目的。另外,对刺叶栎进行引种迁地保护和人工繁殖可增加有效种群的数量。引种应选择向阳、坡度较大、裸岩多、土壤较为瘠薄的上坡和山脊。

(4) 刺叶栎在城市园林绿化中的应用需注意的问题。若采用刺叶栎进行城市园林绿化,绝对不能以破坏天然刺叶栎资源为代价,须进行深入研究和引种试验,探明刺叶栎适应能力,筛选出可在城市环境中良好生长的种类。可提高刺叶栎的人工繁殖技术以扩大园林绿化苗木的来源。

参考文献

- [1] 安定国. 铁橡树、铁檀、铁袍子、铁麻子树[M]//安定国. 甘肃省小陇山高等植物志. 兰州:甘肃民族出版社,2002.
- [2] 成俊卿,杨家驹,刘鹏. 榿栎[M]//成俊卿,杨家驹,刘鹏. 中国木材志. 北京:中国林业出版社,1992.
- [3] 成俊卿,杨家驹,刘鹏. 枹树[M]//成俊卿,杨家驹,刘鹏. 中国木材志. 北京:中国林业出版社,1992.

(上接第 197 页)

理高粱分别减产 65.4 个百分点、34.6 个百分点、18.8 个百分点;土壤中含较多的 Mg、Mn、Mo,不施会增产,但不明显。不难看出,土样盆栽试验结果和吸附试验结果基本上是一致的。

3 结论与讨论

在雷竹集约经营过程中,必须要紧密结合其生物学特性及需肥机理,人为控制土壤中各营养元素含量,调节雷竹对土壤养分的吸收,从而促进雷竹的生长^[6]。万年县雷竹林地土壤吸附试验及盆栽试验结果表明,土壤 P、Ca、Cu 有效含量极低,均在临界值以下,处于亏缺状态,Mg、Mn、Mo、Fe 含量丰富;土壤不施 Zn、P、N、Ca、Cu 均会影响高粱干物质产量,其中缺 Ca、P、Zn 影响显著,分别减产 65.4 个百分点、34.6 个百分点、18.8 个百分点,增施 Fe 和 B 对高粱生长有不良影响。万年县雷竹林地土壤养分限制因子为 Ca、P、Zn,亏缺程

度从高到低依次为 Ca、P、Zn,而 N、B、Cu、S 可能为潜在限制因子。在施肥时应增施 P、N、Ca、Mg 大中量元素肥料以及 Zn、Cu 等微量元素肥料。否则,这些养分的亏缺或失衡将严重影响雷竹林高产稳产和可持续性经营,造成土壤肥力严重衰退。

参考文献

- [1] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1992.
- [2] 陆景陵. 植物营养学:上册[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 姜培坤,俞益武,金爱武,等. 丰产雷竹林地土壤养分分析[J]. 竹子研究汇刊,2000,19(4):200-205.
- [4] 金继运. 土壤养分状况系统研究法在土壤肥力研究及测土施肥中的应用[J]. 植物营养与肥料学报,1996(1):8-15.
- [5] 郭晓敏,牛德奎,张文元,等. 毛竹林平衡施肥与营养管理[M]. 北京:科学出版社,2013.
- [6] 蓝晓光,徐治灿. 竹笋产量地下分布规律的研究[J]. 竹子研究汇刊,1993,12(3):29-35.