

重庆庆隆高尔夫球场果岭土壤理化性状测试与分析

翁凌飞¹, 韩烈保¹, 常智慧^{1*}, 孔伟才²

(1. 北京林业大学草坪研究所, 北京 100083; 2. 重庆庆隆高尔夫球场, 重庆 400060)

摘要:对重庆庆隆高尔夫球场果岭土壤粒径、pH值、全氮、有效磷、有效钾、有效铁、有效硫和有机质含量等进行了测定分析,结果表明,球场果岭区域土壤中的有机质含量除个别果岭外,大都处于5~10 g/kg,含量偏低;氮磷钾含量比例不平衡;pH值均在7.8以上,为碱性土壤;微量元素含量偏低;土壤粒径分布总体偏细,影响果岭草坪的通气透水性。建议球场增加有机肥的投入,提高磷肥的施用量,适当调节土壤pH值以适合果岭草种的生长;另外,球场还应进行测土平衡施肥以保证果岭草坪草的健康生长。

关键词:高尔夫球场;果岭;土壤理化性质

中图分类号:S688.4;S155.4⁺7 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2010)04-0108-07

* 草坪是评判一个高尔夫球场综合品质的最重要因素,果岭草坪则是高尔夫球场草坪的灵魂。土壤是草坪草生长介质,为草坪草生长提供养分和水分,土壤的化学性质影响植物生长和养分吸收的有效性,同时影响草坪草的养护,生长和使用状况,不适当或者过量的土壤养分水平也会带来一系列的草坪草质量问题^[1,2],另外,土壤需要具备根系混合层必须的物理性状,如抗紧实性,适宜的渗透率等,而果岭土壤中的有机质成分对于保持养分有非常重要的作用^[2]。草坪草的生长状况反映了土壤的肥力状况,果岭草坪质量主要取决于坪床结构、草种选择和草坪养护管理水平等因素,其中坪床结构起着决定性作用,坪床建筑材料的选择对果岭草坪的坪用质量、使用寿命和后期养护管理费用的影响最大。因此,在管理和评价果岭草坪质量时,不仅要考虑草种、草坪外观质量及果岭球速等因素,还需要对果岭土壤的理化性状进行深入分析,根据草种生态特性进行土壤的改良以期获得较高的草坪质量。距今为止,国外已对球场果岭土壤理化性状的测试分析及土壤改良做了大量的研究,John和Davis^[2],Micah等^[3]对钾元素在石灰性和非石灰性土壤根系层中对果岭草的影响进行了大量研究,但研究结论并不一致,一些研究认为,钾肥的应用可以改善草坪质量,一些研究则报道了钾元素对于草坪草的不利影响^[2];还有研究认为,钾元素缺乏会抑制剪股颖属(*Agrostis*)草种根系的生长^[3]。Cale等^[4],Woods等^[5]主要对果岭草坪上石灰性土壤中钾元素的可利用性指数以及草坪草的表现进行了研究并发现,在较为广泛的土壤中及植物组织中钾元素含量的水平梯度上,都能获得较好的果岭草坪质量。土壤改良剂的应用也是国外研究的热点问题,在20世纪60—90年代,美国高尔夫球场果岭建造最普遍的方法是建造果岭时砂砾层的设计,果岭砂用于根系混合层的介质以降低土壤的紧实度,迅速排水以及在强度踩踏下保持通气透水的土壤孔隙度;一般情况下,果岭建造时会在果岭砂中混入泥炭等有机质保持养分,尽管泥炭是最普遍的改良剂,但它逐渐的分解会影响根系层的渗透率。最近几年,无机土壤改良剂作为泥炭的替代品正用于果岭土壤中^[4]。Cale等^[4]研究了无机土壤改良剂对草坪草建植、生长以及根系层物理性状的影响,并对用于商业销售的改良剂进行评价。相比国外的高尔夫球场,中国高尔夫球场的发展起步较晚,到目前也只有25年的发展历程,因此,对高尔夫球场果岭草坪土壤的研究并不深入,还需要更多更科学的研究,这也提出了进行球场果岭土壤研究的必要性。

1 材料与方法

1.1 球场概况

重庆地跨东经105°11′~110°11′、北纬28°10′~32°13′,特殊的地理位置使重庆的气候具有纬向和经向过渡

* 收稿日期:2009-09-17;改回日期:2009-12-09

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划(2006BAC18B04-1)和质检公益性行业科研专项(200810494,200810514)资助。

作者简介:翁凌飞(1986-),女,四川阆中人,在读硕士。E-mail:zhuxiaozhao1984@163.com

* 通讯作者。E-mail:changzh@bjfu.edu.cn

性的特点。重庆庆隆球场位于重庆市区南部,球场设计为 18 洞球场,占地约 100 hm²,现已建成前 9 洞,果岭面积共 5 481 m²,各果岭面积较为均一,约 600 m² 左右。果岭草种为海滨雀稗 2000(*Paspalum vaginatum*)。海滨雀稗俗称“夏威夷草”,是一种生于海滨、性喜温暖、多年生、具匍匐茎和根状茎的匍匐性植物。庆隆高尔夫球场选用海滨雀稗 2000 作为果岭草种,除在夏季长势较好外,其他季节该草种在庆隆球场的生长始终较慢,果岭草坪质量较差,且在相同果岭的不同局部明显出现长势不一的现象。根据海滨雀稗 2000 的生物学特性及生态习性,该球场草坪管理人员除进行施肥、浇水、打孔、疏草等日常管理,还注意对草坪的生长状况进行观察与测试,进行调节改良,同时注意大量元素和微量元素的平衡施用,但作为果岭草,海滨雀稗的表现始终不太理想。

1.2 土样采集与处理

该实验于 2009 年 1—5 月在重庆庆隆高尔夫球场进行,实验选取庆隆球场 1~9 号球洞的果岭进行采样。取样时以每个果岭作为采集单元,每个采集单元均选择 10 个以上采集点并按 S 型路线进行采集,采样时避免果岭边等特殊部位及堆过肥料的地方,采样深度为 10~15 cm,采样后将每个果岭土样分别混合均匀,每个样品约重 500 g。为了保证样品测定的方便与准确,在采回土样后随即放置于报纸上,摊成薄薄的一层,置于室内通风阴干,风干场所力求干燥通风,并要防止酸蒸气、氨气和灰尘的污染。在阴干约 48 h 以后,将每个采集单元依果岭号分别装进塑料袋,并在纸条上记录下果岭号,重量,采样人、采样地点,一并装入塑料袋中^[6]。

1.3 测试方法

土壤样品的测试依据《土壤农化分析》^[7]和《土壤农业化学常规分析方法》^[8]进行,对果岭土壤粒径、pH 值、全氮、有效磷、有效钾、有效铁、有效硫和有机质含量等指标进行测定。pH 值采用酸度计法^[7]测定,全氮含量采用凯氏法^[7]测定,有效磷和有效钾含量分别采用钼锑抗比色法^[7]和火焰光度法^[7]测定,有效铁采用原子吸收分光光度法^[6]测定,有效硫采用硫酸钡比浊法^[6]测定,有机质含量采用高温外热重铬酸钾氧化—容量法^[8]测定,土壤粒径组成采用比重计法^[8]测定。

2 结果与分析

由于对高尔夫球场草坪质量要求高、草坪修剪较低、修剪频率高、践踏强度相对较大,在这样要求高水平养护的草坪区域里,如何通过改善果岭土壤理化性质来提高果岭草坪的质量是草坪研究者和管理者共同关注的问题,而果岭土壤的理化性质如 pH 值、土壤大量元素含量、有机质等是研究的重点和热点。同时,目前判断高尔夫球场土壤营养元素是否缺乏最常用、最科学的方法是文献[1,9]中提到的方法,其中,评价高尔夫球场土壤营养元素含量的丰缺指标具体见表 1。

表 1 草坪草土壤 N、P、K、Fe、S 元素及有机质的丰缺指标

Table 1 The rich and defection index of N、P、K、Fe、S and organic matter

mg/kg

土壤营养元素丰缺指标 The rich and defection index of the soil nutrients	很低 Lower	低 Low	中 Medium	高 High
土壤有机质含量 The concentration of soil organic matter	—	5~10	10~14	>15
土壤氮供应水平 The level of soil nitrogen	—	<60	60~80	>80
土壤磷供应水平 The level of soil phosphorus	0~12	13~26	27~54	>55
土壤钾供应水平 The level of soil potassium	0~25	26~50	51~116	>116
土壤铁供应水平 The level of soil iron	—	<2.5	2.6~5.0	>5.0
土壤硫供应水平 The level of soil sulfur	—	<10	10~15	>15

2.1 土壤粒径组成分析

根据 USGA 推荐的果岭根际层土壤粒径分布范围,与测试结果进行比较(表 2 和 3),庆隆球场果岭沙 1.0 mm 以上的沙含量较低,均小于推荐值 10%,而中粗沙(0.5~1.0 mm)和中沙(0.25~1.0 mm)的含量大多在 85%左右,其中 7,8 号果岭土壤中粗沙含量明显高于其他果岭,分别为 6.40%和 8.04%;二者总和大于推荐的 60%以上,因此符合要求。另外,通过测试发现,该球场果岭沙的细沙组成(0.15~0.25 mm)较低,仅占总量的

1%~3%,6号果岭细沙仅为0.32%,远远低于推荐的临界值;而测试的极细沙、粉粒、粘粒总和均超过总量的10%。由此可见,庆隆球场果岭沙中细沙偏少,极细沙和粉粒、粘粒偏多,因此总体上偏细。经调查发现,该球场常因果岭表面积水,排水不畅而影响草坪草的生长,这不仅与当地潮湿阴雨等天气有关,同时与果岭砂粒径偏细而影响透水性也有着一定的关系。

表2 庆隆球场果岭沙粒径检测结果

Table 2 Test results of green sand particle distribution of Qinglong golf course

%

检验编号 Test No.	果岭号 Green No.	粒径 Particle diameter						
		≥1.0 mm	0.5~1.0 mm	0.25~0.5 mm	0.15~0.25 mm	0.05~0.15 mm	0.002~0.05 mm	≤0.002 mm
09053-1	1	0.56	1.60	85.31	1.00	2.65	4.00	4.88
09053-2	2	0.60	2.28	87.43	0.60	0.21	5.00	3.88
09053-3	3	1.04	2.64	86.77	0.90	0.77	4.00	3.88
09053-4	4	1.36	3.44	85.33	0.18	0.21	5.60	3.88
09053-5	5	0.80	2.40	79.67	3.12	4.13	6.00	3.88
09053-6	6	1.60	2.88	85.00	0.32	0.32	5.00	4.88
09053-7	7	2.66	6.40	75.24	2.99	2.83	6.00	3.88
09053-8	8	2.22	8.04	78.57	1.18	1.11	5.00	3.88
09053-9	9	1.34	3.52	82.25	2.01	0.96	6.00	3.88

表3 USGA推荐的果岭根际层混合物的粒径分布要求

Table 3 Recommendation of USGA about particle distribution of the green root mixture^[1]

土壤分类 Soil separate	粒径大小 Particle diameter (mm)	推荐量(以重量计) Suggested particle distribution (By weight)
小砾石 Fine gravel	2.0~3.4	不能超过总量的10%,其中小砾石的最大量不能超过3%,最好没有 Not more than 10% of the total particle in this range, including a maximum of 3% fine gravel, preferably none
粗沙 Very-coarse sand	1.0~2.0	
中粗沙 Coarse sand	0.5~1.0	至少要达到总量的60%以上 Minimum of 60% of the particles must fall in this range
中沙 Medium sand	0.25~1.0	
细沙 Fine sand	0.15~0.25	不能超过总量的20% Not more than 20% of the particles may fall within this range
极细沙 Very-fine sand	0.05~0.15	不能超过总量的5% Not more than 5%
粉粒 Silt	0.002~0.05	不能超过总量的5% Not more than 5%
粘粒 Clay	<0.002	不能超过总量的3% Not more than 3%

2.2 土壤有机质含量

有机质是土壤的重要组成部分,他的含量在不同土壤中差异较大,高有机质的土壤十分适合草坪草的生长,具有丰富的营养成分,同时可以改善土壤结构,并且使草坪在日常的养护管理中很少出现问题;有机质在土壤含量虽小,但对土壤肥力的影响却很大,在土壤物理性质上对土壤水、肥、气、热等各种肥力因素起着重要的调节作用,对土壤结构、耕性有着重要的影响。随着时间的推移,果岭区域有机质的积累会降低根系混合层的孔隙密度,降低渗透率和迁移流失率,提高保水率,有利于土壤养分的保持^[10]。

该球场上,1,2,3和8号果岭中的有机质含量低于10 g/kg,处于低水平状态(图1),7号则处于高水平状态,其余则都处于中等水平,土壤有机质是土壤中各种营养特别是氮、磷的重要来源,一般来说,土壤有机质含量的多少,是土壤肥力高低的一个重要指标,因此增加有机质含量,改良土壤是提高土壤肥力、促进草坪草生长的有效措施。

2.3 土壤 pH 值

庆隆球场果岭草种为海滨雀稗 2000,这是一种多年生暖季型草坪草,具有很强的耐盐碱能力,对土壤酸碱度的要求幅度范围较宽。Duncan 和 Carrow^[11]发现,海滨雀稗适宜的土壤 pH 值是 3.5~10.2,酸性土壤的复杂性在湿润的热带和亚热带地区是主要的土壤胁迫问题,因此雀稗对酸性土壤的适应性具有广泛的多样性,而在含钠的土壤条件下观察雀稗的生长($\text{pH}>8.5$),在极度受盐碱影响的环境,雀稗也有出色的草坪质量,但如果盐含量累积到高于海水盐量,最耐盐碱的雀稗草也会加剧退化。

庆隆球场果岭的土壤 pH 值介于 7.87~8.53(图 2),其中 1,2 号果岭土壤达到了 8.4 以上,这对于耐盐碱的海滨雀稗来说是可以生长的,但大多数草坪草种喜酸性和微酸性环境,一般理想范围是 pH 值 5.5~7.0^[9,12],因此,应适当调节土壤的 pH 值以创造更有利的生长条件。

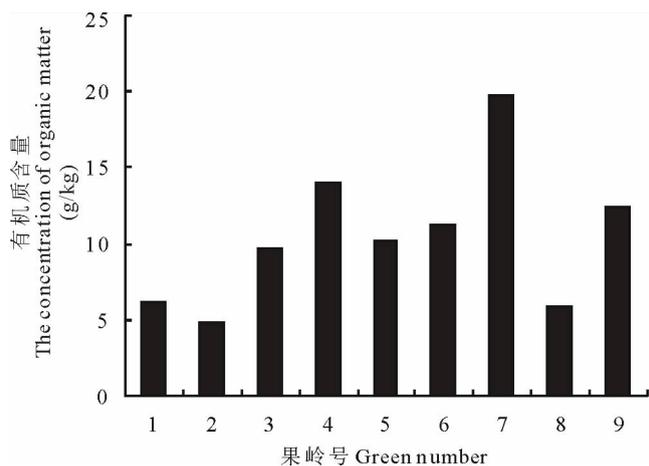


图 1 果岭土壤的有机质含量

Fig. 1 Organic matter concentration of green soil

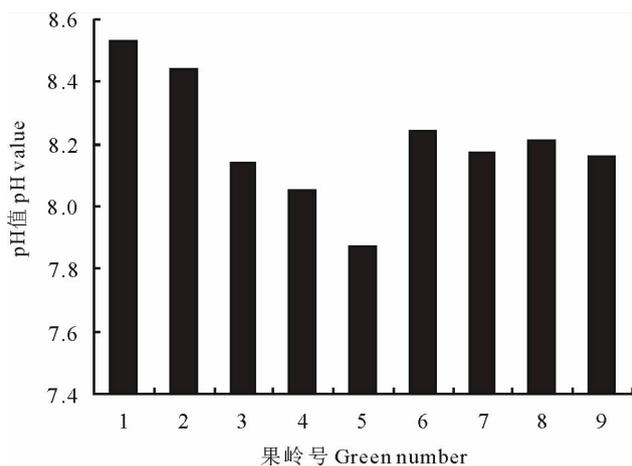


图 2 土壤 pH 值

Fig. 2 pH of soil

2.4 土壤全氮含量

氮素对草坪草有着重要的影响,如叶色、地上部的生长、根茎植物的分蘖率、根的生长、根茎和匍匐茎的生长、抗高温性、耐旱性、耐寒性、耐磨性、枯草层积累等,在适宜量的氮素水平下,氮素的增加可以促进地下部的生长和地上部的分蘖,可以促进根、根茎和匍匐茎的生长,但氮素过量时,会引起草坪草地上部分疯长,叶片柔弱,形成大量枯草层,从而造成草坪排水不畅,通气性差,草坪草根系生长受到抑制^[13,14]。

Duncan 和 Carrow^[11]认为,海滨雀稗对氮肥的需求量明显低于狗牙根属(*Cynodon*),海滨雀稗具有有效吸收利用 NO_3^- 和氮肥的组织,因此少量的氮肥量对于相应植株的反应是必须的。土壤中全氮含量大于 80 mg/kg 时已处于高水平状态。庆隆球场果岭土壤中含有的氮元素已经远远高于 80 mg/kg(表 4),处于很高的水平,建议在日常管理中可适当减少氮肥的施用,增加其他含量不足的肥料元素,以平衡草坪草的生长要求;Carrow 等^[9]研究发现,雀稗类(*P. notatum*)肥料施用与冷季型草坪草相似,春秋季节较高的施用量及夏季较低的施用量。果岭上适当的氮肥年施用量是 1.47~2.94 kg/100 m²,在较潮湿的热带地区草坪草的生长季节,果岭上适当的氮肥年施用量是 2.45~3.92 kg/100 m²,成坪后氮肥年使用量如果超过 1.96 kg/100 m²可能会造成徒长,产生枯草层等问题。

2.5 土壤有效磷含量

草坪草吸收磷的量低于氮和钾,不同的草坪草对磷的吸收差异较大;在草坪草生长过程中,有效磷供应充足会促进草坪草根系和根茎的生长,使草坪草生长迅速,分蘖增多,提高草坪的抗寒、抗旱和抗践踏能力^[13,15]。

在以海滨雀稗建坪的草坪上,在建坪和生长期,中等到高水平的磷含量有利于促进根系的生长,在生长期以后,海滨雀稗对磷元素的需要与狗牙根类似,在营养元素流失的碱性土壤上,应增加平时施用量的 20%~50%以

满足生长需要^[11]。

根据相关的有效磷指标(表 4),庆隆球场果岭土壤有效磷含量偏低,1,2,3,5 和 7 号果岭有效磷含量处于很低水平,其他果岭则处于低水平状态;土壤中有有效磷含量无法满足草坪草的正常生长,因此在草坪养护时,应适量施用磷肥,以保证草坪草对磷素的需求^[16]。

2.6 土壤有效钾含量

钾元素是植物体内含量最高的金属元素,集中于生长最活跃部位。钾在一定程度上影响草坪的生长速度,特别是对草坪的抗性如耐干旱、耐高温、抗冻性和耐盐性等影响显著^[17]。水的流动会加快钾元素的迁移和淋洗,pH 值不会影响钾元素的吸收,而较高的钙或镁含量则会抑制钾元素的吸收^[4]。Carrow 等^[9]发现,较高的钾素含量有利于提高雀稗类草的耐践踏性和耐盐碱性,同样也是抗机械破坏的重要元素;在一些需要缓解毒性 Na 问题而在土壤、灌溉水以及化学改良剂中额外增加 Ca、Mg、Na 的区域,钾通常用于草坪草的生长,而每一个元素都会通过渗透或者抑制吸收来增加钾的流失量。由于该球场的土壤为碱性土,球场区域所有草种均选用海滨雀稗,因此,土壤的盐碱性问题会抑制植株对钾素的吸收,或由于土壤沙的过滤作用而流失,因此,钾素应是氮素使用量的 1.5~2.0 倍(如 N : K₂O 为 1 : 1.5~1 : 2.0,或者 N : K 为 1 : 1.25~1 : 1.66),同时钾素含量在全年都应该保持较高水平,而在夏季时 N : K₂O 应为 1 : 2.0,其他季节 N : K₂O 应为 1 : 1.5,以保证草坪草对 2 种元素的需要^[11]。经测试发现,该球场果岭土壤的供钾能力处于高水平,最低为 126 mg/kg(表 4),最高达到 176 mg/kg,均高于指标中的高水平临界值 116 mg/kg,因此在草坪管理时可少施或不施,以降低成本,同时调节氮肥与钾肥施用的比例,以节省成本。

2.7 土壤有效铁含量

铁元素属于草坪微量元素的一种,铁对植物的光合作用具有十分重要的作用,在叶绿素的生物合成过程中,植物需要大量的铁元素;植物缺铁时,常出现缺绿症,而且首先表现在幼叶上,下部老叶仍能保持绿色,后期整个叶片由淡黄变白,老叶也出现缺绿症^[18]。

通过测试发现,该球场果岭土壤中的有效铁含量均介于 3~4 mg/kg(表 4),与草坪土壤有效铁供应的丰缺指标相比,其含量处于中等水平。因此,可适当增加含铁元素肥料的施用,以保证果岭草的正常生长。

2.8 土壤有效硫含量

硫元素属于草坪营养元素中的中量元素,在强降水、强淋洗和强灌溉条件下,以及在易淋溶的砂性土壤上都会引起缺硫现象。由于硫元素能降低土壤 pH 值,因此在酸性土壤上缺硫问题常常被忽视^[12]。缺硫易使草坪感染镰刀菌枯萎病和全蚀病,缺硫症状与缺氮类似,但二者首先发生症状的部位不同。草坪草吸收过量的硫时不易受毒害,但过量喷施硫肥可造成叶片灼伤。

土壤中有有效硫含量 < 10 mg/kg 时视为缺乏状态,因此,除 1 号果岭外,其他果岭的硫元素均处于缺乏状态(表 4);因此,在养护时应增加硫元素的施用;硫酸钙能提供适当的硫元素,将硫酸铵与石灰混施后也能形成硫酸钙,若以液体形式施用则可以少量多次进行,在高氮的土壤上施用能提高对硫元素的需求^[12]。

表 4 果岭土壤中 N、P、K、Fe、S 元素的含量值
Table 4 Contents of N、P、K、Fe、S in the green soil

项目 Item	果岭号 No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
全氮 Nitrogen (%)	0.023	0.022	0.027	0.032	0.029	0.031	0.035	0.023	0.037
有效磷 Available phosphorus (mg/kg)	8.43	11.80	11.40	13.90	11.20	19.10	9.30	20.20	14.70
有效钾 Available potassium (mg/kg)	152	128	136	127	126	156	176	138	152
有效铁 Available iron (mg/kg)	3.24	3.44	3.55	3.55	4.30	4.00	4.06	3.22	4.44
有效硫 Available sulfur (mg/kg)	33.0	4.47	4.60	6.17	5.52	5.91	5.39	4.34	5.41

3 讨论

3.1 pH 值的调节问题

草坪草种喜酸性和微酸性环境,一般理想范围是 pH 值介于 5.5~7.0,尽管该球场所种植的海滨雀稗是一种耐盐碱的草种,但 Duncan 和 Carrow^[11]研究表明,在含钠的土壤条件下观察雀稗的生长(pH>8.5),在极度受盐碱影响的环境,雀稗在盐碱地上有比较出色的草坪质量,如果盐分没有蔓延到根层区,雀稗能够存活,但质量和表现会退化。碱性土壤中由于钙化合物占多数,钙与磷反应生成各种难溶性磷酸钙,使土壤常出现缺磷、缺锌、缺铁、锰等症状,而海滨雀稗对微量元素的要求较高;适当调节草坪土壤的 pH 值,有利于草坪草对营养元素的有效吸收,为此,可适当施用硫酸铵和硫酸亚铁等肥料以酸化土壤;另外,在碱性土壤上微量元素的施用是很有必要的,可使用叶面施肥的方式来予以补充;同时,进行草坪辅助管理如打孔通气等措施能打破地表的钙积层以帮助水分运动,利于养分吸收。

3.2 果岭沙粒组成存在一定的不合理性

果岭土壤的粒径会影响养分流失,较粗的土壤粒径会增加养分的迁移和淋洗^[4]。通过果岭沙粒组成测试,并将结果与 USGA 推荐的果岭根际层混合物的粒径分布相比较发现,重庆庆隆球场的果岭沙粒组成及分布存在一定的不合理性,结合球场草坪现状调查发现,庆隆球场草坪地表水不易渗透,当地气候潮湿,降水量较大,使得球场地表时常积水,根系混合层已出现淤泥累积的现象,严重影响球场的排水功能;由此看出,庆隆球场整体果岭沙粒分布偏细,这是导致球场排水不畅的主要原因之一,对果岭的通气透水性有较大的影响。

Beard^[1]认为,较好的土壤成分是表层土是沙,含壤土的沙,或者沙性壤土结构,应避免含有超过 20% 的淤泥或者多于 10% 的黏土;果岭土壤中沙的粒径分布、形状、硬度以及颜色、pH 值等都具有多样性;这些沙的成分用于建植耐践踏的果岭时,应表现出根系混合层的高比例,这就要求至少有 60% 的中到粗等质地的沙,粒径在 0.25~1.0 mm 的水洗沙是更好的选择;至少 50% 的 0.25~0.50 mm 的沙能保持更好的湿度,达到 75% 更好^[10]。

鉴于球场的长远发展以及便于管理,建议对球场覆沙层进行部分改造,考虑成本问题,可对草坪覆沙层进行改造。

3.3 氮、磷、钾 3 种必须元素施用比例失调

氮元素含量过高,磷元素不足,钾元素处于中等水平,氮、磷、钾 3 种元素的施用比例不均衡,这将严重影响草坪草的正常生长。

Carrow 和 Duncan^[11]的研究发现,在南非地区,雀稗草类氮、磷、钾的施用最理想的比例为 3:1:5。

因此,合理施用 N、P、K 3 种元素,减少氮肥的施用,增加磷、钾肥,针对土壤特点及草种的特性来制定合理的施肥计划,这将有利益于草坪草对 3 种元素的有效吸收。

参考文献:

- [1] Beard J B. Turf Management for Golf Courses[M]. USA: Ann Arbor Press, 1999.
- [2] John W B, Davis F F. Experiments with fertilizers on bent turf[J]. USGA Turfgrass and Environmental Research Online, 2001, 12: 192-213.
- [3] Micah S W, Quirine M K, Frank S R, *et al.* Potassium availability indices and turfgrass performance in a calcareous sand putting green[J]. Crop Science, 2006, 46: 381-389.
- [4] Cale A B, Daniel C B, Cassel D K, *et al.* Creeping bentgrass response to inorganic soil amendments and mechanically induced subsurface drainage and aeration[J]. Crop Science, 2001, 41: 797-805.
- [5] Woods M S, Ketterings Q M, Rossi F S. Effectiveness of standard soil tests for assessing potassium availability in sand root-zones[J]. Soil Science, 2005, 170(2): 110-119.
- [6] 南京农学院. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [8] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 80-84, 99-102, 115-116, 127-129.
- [9] Carrow R N, Waddington D V, Rieke P E. Turfgrass Soil Fertility and Chemical Problems[M]. USGA: Ann Arbor, 2001.

- [10] Turgeon A J. Turfgrass Management[M]. USA: Charles Stewart, 1999: 127-152.
- [11] Duncan R R, Carrow R N. Seashore Paspalum[M]. New York: Wiley, 1999: 61-81, 98-102, 111-120.
- [12] Robert D, Emmons. Turfgrass Science and Management[M]. New York: Tim O'Leary, 1995: 86-98.
- [13] 颜景芝. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [14] 萧洪东, 王惠珍, 苏易藩, 等. 高尔夫球场土壤理化分析与施肥建议[J]. 土壤肥料, 2005, 3: 20-22.
- [15] 姜军平, 李敏, 张福锁, 等. 高尔夫球场土壤养分测试与诊断[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 497-500.
- [16] Raymer P L, Braman S K, Burpee L L, *et al.* Seashore paspalum: Breeding a turfgrass for the future[J]. USGA Turfgrass and Environmental Research Online, 2008, (1): 22-26.
- [17] McClellan T A, Robert C, Shearman R E. Nutrient and chemical characterization of aging golf course putting greens: Establishment and rootzone mixture treatment effects[J]. Crop Science, 2007, 47: 193-199.
- [18] Trenholm L E, Carrow R N, Duncan R R. Mechanisms of wear tolerance in seashore paspalum and bermudagrass[J]. Crop Science, 2000, 40: 1350-1357.

Physical and chemical properties of the soil in Chongqing Qinglong golf course greens

WENG Ling-fei¹, HAN Lie-bao¹, CHANG Zhi-hui¹, KONG Wei-cai²

(1. Turf Research Institute of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Chongqing Qinglong Golf Course, Chongqing 400060, China)

Abstract: Soil particle distribution, pH, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, available iron, available sulfur and organic matter of the putting greens at the Qinglong golf course were analysed. In the golf course soil beside individual greens, the organic matter concentration was about 5—10 g/kg, the proportion of nitrogen, phosphorus and potassium was not in balance, and the pH of the greens soil were all alkaline (pH>7.8). Moreover, the microelement concentrations were low, the distribution of soil particles was fine, which affected aeration and drainage. The article suggests that the managers should increase organic fertility and phosphorus fertility, and regulate soil pH in order to benefit grass growth. In addition, soil testing is needed for rational application of fertilizer to ensure the turf is healthy.

Key words: golf courses; green; physical and chemical characterization of the soil