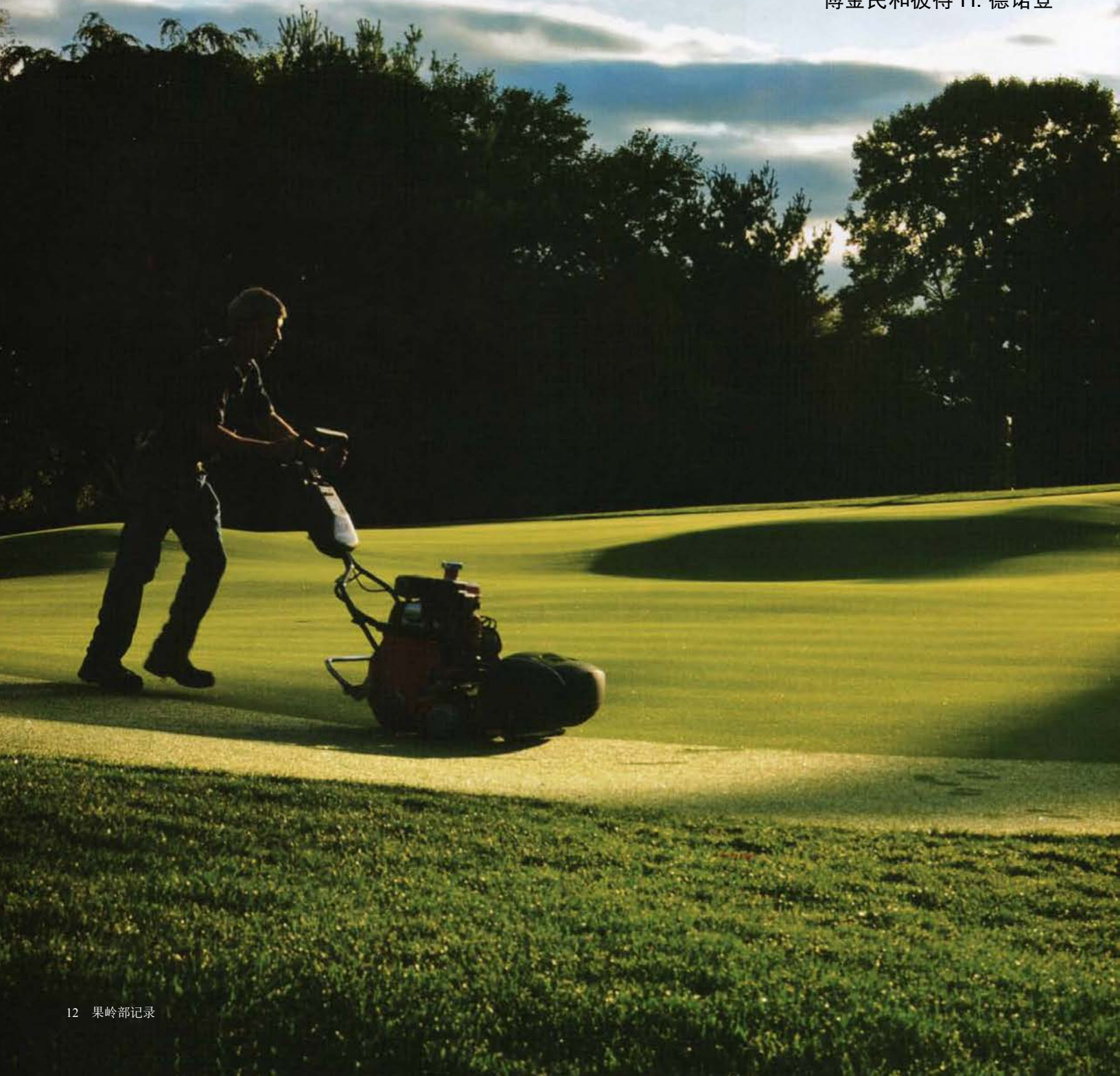


本特草练习果岭 夏季灌溉与打孔通风

马里兰大学对夏季本特草果岭管理进行了研究，
并提出了重要建议。

傅金民和彼得 H. 德诺登



目标

- 评估两种灌溉管理计划和三类打孔机制下，练习果岭本特草的生理过程和生根情况。
- 确定打孔通气和灌溉频率在夏季高温期间对本特草的生长及草根寿命的影响。
- 提供关于土壤温度和土壤含水量对碳水化合物代谢的影响及其与夏季本特草减少之间关系的信息。

开始时间：2005

项目期限：三年

总资金：90000 美元

对于球场条件下沙基根系层生长的本特草，其灌溉和通气打孔管理对生根的影响，其相关研究一直以来都极少。马里兰大学进行的研究对这些重要管理工具了解有所加深。

普罗维登斯的本特草在 USGA 推荐的沙基根系层上种植。地块实行两种灌溉计划：表层频繁灌溉与深层不频繁灌溉。在无雨天每天对地块进行表层频繁灌溉，以保持上部 1.5 - 2.5 英寸土壤潮湿；深层不频繁灌溉则通常针对叶枯期，灌溉深度大于 9.5 英寸。

无论实行何种灌溉方式，夏季末期大部分根（55%）均位于上层土壤 2.4 英寸的区域。与表层频繁灌溉地区的本特草相比，深层非频繁灌溉区的本特草长出的根更多、更长，根直径（2007 年）更小，根的表面积更大。

其土壤温度与表层频繁灌溉地区相比，平均高出 1.4 华氏摄氏度。深层非频繁灌溉的本特草具有更低的冠层光合速率，但呼吸速率相当。冠层温度与表层频繁灌溉地区相比，平均高出 4.0 华氏摄氏度。



春季打孔时会对孔洞进行表面铺沙填充，但是夏季时打孔地块的空心部分是将沙子填充至土壤内，无需额外铺沙。



将透明有机玻璃室的草坪冠层与二氧化碳分析仪连接，就可以确定光合作用和全植物呼吸。



春夏两季的处理措施包括 4 月打孔以及夏季三次空心尖打孔。

数据显示，在草坪建好的第一个夏季，应避免打孔。

如果必须打孔，也仅能够打孔至茅草层的深度。



与表层频繁灌溉的本特草相比，深层非频繁灌溉的本特草的根数更多、长度更长、表面积更大、但是根的直径较小。



将生根管插入每一个地块，检测不同灌溉和打孔方式下草的生根情况。



从2006年及2007年大部分时间来看，深层非频繁灌溉的本特草颜色更浅，草质相对较差，叶绿素含量较低。然而，到了夏末，深层非频繁灌溉的本特草则会变得颜色更深，草质更好，叶绿素含量更高。与表层频繁灌溉地区相比，深层非频繁灌溉的本特草其厚茅草层较少，含有的有机物质会更少。

从2006年的数据来看，深层非频繁灌溉地块的本特草叶子具有较高的水溶性碳水化合物和非结构性碳水化合物总含量，但2006/2007两年均含有更高水平的贮藏碳水化合物。这两年的数据中，与表层频繁灌溉地块相比，深层非频繁灌溉的本特草地中贮藏碳水化合物和非结构性碳水化合物含量更高。深层非频繁灌溉的本特草，其根中积累的非结构性碳水化合物含量比叶子中的含量要多。2006/2007两年，表层频繁灌溉地块的用水量差不多是深层非频繁灌溉地块的两倍。

在打孔通气方面对三种方式进行了调研：仅春季打孔、春季加三次夏季打孔以及不打孔检查。春季核心曝气时会对孔洞进行表面铺沙填充，但是夏季时曝气地块的空心部分是将沙子填充至土壤内，无需再额外铺沙。该研究于2005年在南岸的一个成熟球场进行，但同年普罗维登斯另一个新址建成，因此2006年和2007年对该地的生根进行了评估。

根据2005年南岸成熟球场的的数据，夏季打孔与春季打孔相比，总根数和总长度有所增加。2006年，夏季打孔使得普罗维登斯这一非成熟场地的生根数量减少。2007年，在春夏两季打孔的情况下，总根数和总长度整体比普罗维登斯更加成熟草坪仅

我们采访了彼得·德诺登博士，了解灌溉和打孔方式对本特草练习果岭维护的影响相关的研究。

问题：您的研究结果是否表明表层频繁灌溉方式会使果岭产生更多有机物质（即较厚的茅草层）？

回答：研究清晰地表明表层频繁灌溉会增加茅草层有机物质的产生。这归因于夏季时分，深层非频繁灌溉的土壤会稍微干燥一些，而植物在土壤水分充足的情况下会生成更多组织，在干燥土壤中生成的组织则较少。

问题：管理者需要了解文化实践会以何种方式影响草坪的碳水化合物含量。灌溉方式对影响草坪碳水化合物含量有多重要？对草坪的整体健康和破坏后的恢复能力有影响吗？

回答：打孔和深层非频繁灌溉都会提高植物的碳水化合物水平。打孔改善了土壤的通气状况和营养物质的可利用性，而深层非频繁灌溉则限制了草坪的生长，从而降低了碳水化合物的使用率。打孔带来的后果是打孔后两周草坪质量降低，本特草的绿色等级降低，可能会导致草坪枯萎。

问题：在总体用水量方面（比如每个季节），表层频繁灌溉与深层非频繁灌溉有何区别？这些是否会对潜在的浸出情况、营养效率和用于疾病控制的杀菌剂活性产生影响？

回答：我们量化了表层频繁灌溉和深层非频繁灌溉地块的用水量，表层频繁灌溉地块的用水量是深层的两倍。表层频繁灌溉地块多用的水量预计会使浸出增加，并使得微生物对营养物的竞争加强，也可能会促进部分农药的降解。此外，表层频繁灌溉预计会造成苔藓、藻类和一年生蓝草的竞争能力增强，一些疾病（如腐霉病和褐斑病）发生情况增多。而且击球时，虽然湿润的果岭有利于达到更好的球杆倾斜度，但同时也更易受到球的损害。

问题：部分球场管理者认为与深层非频繁灌溉相比，表层频繁灌溉会形成更好的击球表面，对此您有什么想要说的？

回答：毫无疑问，表层频繁灌溉会使球场表面更加美观。从可玩性角度来看，表层频繁灌溉也有助于让更多挥杆球留在果岭上，并形成较慢的果岭球速，从而降低分数，让高尔夫球手心情更加愉悦。然而，从农艺角度来看，深层非频繁灌溉的草坪预计会提高草坪的耐受性，减少虫害问题，但这样使果岭球速更快。

问题：您的研究表明，春季打孔地块和春夏两季打孔地块与不打孔地块相比，会生长出更厚的茅草层。这不是与普遍认为的打孔会加速茅草枯萎相冲突吗？

回答：打孔取决于好几个原因，包括改善通风和水的渗透情况，促进生根和根的寿命，也有可能是为了减少茅草。事实上，大多数研究表明，单独打孔对减少茅草影响极小甚至没有影响。目前，研究评估了在没有常规铺沙（尽管春季孔洞会进行铺沙填充，夏季打孔后会使用沙子填充）以填补孔洞情况下，春夏两季的打孔情况。数据清楚地表明单独打孔对有机物形成没有影响。这些发现与墨菲博士和麦卡蒂博士及其密歇根州和南卡罗来纳州的同事所进行的打孔研究相似。麦卡蒂博士及其同事进行的研究也表明，

如想赶在茅草长成之前先发制人，就必须采用积极的打孔计划，并结合疏草和频繁铺沙措施。

问题：您研究中有一个结论是，草坪在建成后的第一个夏天应避免打孔。是这样？

回答：首先，研究表明，对场地建成后的夏季打孔不仅不会抑制茅草生长，与仅春季打孔和不打孔相比，还会减少根的数量和长度。同时，与第二年草坪更加成熟时相比，建成后第一个夏季打孔地块的质量评级要低得多。简而言之，打孔对未成熟的果岭是有害的，之后也没有任何方法可以对第一个夏季产生的影响予以弥补。

试想一下。打孔的一个非常重要的原因是为了减轻土壤压实、改善通风以及水流入和流经根区的情况。对于符合 USGA 粒度规格的新建沙基果岭来说，第一年不应该出现排水和通风不畅的问题。因此，第一个夏季不存在迫切的打孔需求。由于生长中的草坪需要投入非常多的氮肥，因此茅草生长会成为一个问题。如果氮追施过多，那么总监可以考虑进行侵入性较小的打孔和轻度铺沙。也就是说，打孔尖齿应切割成等于茅草层的深度。在场地建成后第一个夏季对不成熟果岭进行更深度打孔，与之相比，深度较浅且侵入性较小的打孔预计会对新生根系及叶片和叶鞘产生较小影响，草坪恢复速度也应该会更快。因此，对于未来的研究项目，我们的一个建议是：评估较短长度和不同直径的打孔尖齿对建成后第一年果岭上茅草堆积的影响。由于单独打孔不会影响有机物的形成，未来的研究还应当将铺沙计划包括在内。有一点：铺沙会稀释有机物质，改善土壤表层古今植物根茎的生长环境。

问题：当您做打孔尖齿直径研究时，研究结果如何，您的建议是什么？

回答：我们在春季打孔时使用了比夏季更大的打孔尖齿直径，但是我们没有特别去评估不同的尖齿直径或类型。数据显示，与夏季相比，春季植物碳水化合物含量更高，更适合草坪恢复。因此，春季使用较大直径的打孔尖齿所造成的更大破坏，被一年中这个时候更高的碳水化合物水平（用于恢复）平衡掉了。夏季，植物的生长速度并不像春季或秋季那样快，而且七月和八月本特草碳水化合物含量也处于最低水平。因此，与使用较小直径的打孔尖齿相比，使用较大直径打孔尖齿造成的破坏更大，夏季时植物更难从中恢复。

问题：通常情况下，草坪研究项目会花费两至三年时间，并且是在新建成的场地上进行。如果研究是在已超过十年历史的练习果岭草坪上进行，您认为研究结果会有所不同吗？

回答：我认为本项研究最重要的发现之一就是确定生长根所在的区域，以及从草坪建成到成熟夏天根的数量。与第二年相比，建成第一年的根系更大。例如，在建成后第一年的9月和第二年的9月份之间，2007年的数据显示，表层频繁灌溉地块与深层非频繁灌溉地块的根系比2006年分别减少了68%和32%。我认为尽管很多总监也有类似发现，但在先前的文献中并未将其进行数字化或对其进行报道。这项研究清楚地表

（继续下一页）

(继续上一页)

明, 打孔和深层非频繁灌溉会促进根的生长, 其中根系层最高处 6 厘米的地方实际差异最大。

无论如何, 即使根的数量和长度以及整体的表面积只是略有增加, 这也将成为环境受到压力时的一种优势, 增加的根预计也会消除更多的水分和营养物质。然而, 不管灌溉方式如何、打孔与否, 大多数根都位于排水良好且通气的根系层上层 6.0 厘米的区域。根需要氧气来存活, 因此排干不畅的根系层是应对夏季麻烦的好办法。在年限较久的果岭中, 土壤会变得更紧实、堵塞, 这会导致排水变慢, 土壤通气较少。这对于年限较久的果岭来说简直是阿基琉斯之踵(致命的弱点), 因为这些条件可能会导致根系更小, 以及根的功能变差。因此, 夏季打孔和深层非频繁灌溉预计会更加适用于年限较久果岭的根系, 因为深层非频繁灌溉会使土壤的整体湿度更小。

问题: 尽管夏天本特草管理是一项很好的研究, 但是如果您有机会重新设计这个实验, 您会做哪些改变? 有哪些问题需要进一步研究?

回答: 每个研究项目都会产生新的问题, 都需要进一步探索未知领域。如果一位科学家有足够的时间、资金, 同时又富有经验, 足够勤奋和有耐心, 我们可以做很多工作来改善研究。

有一件事必须牢记, 我们用来量化生根参数的微生物成像技术是一项劳动密集型的、非常耗时且乏味的工作。例如, 每个图像的根部(本研究涉及的图像超过 14000 张)必须能够进行追踪, 但没有两个人能够把这个工作做成一模一样。因此, 为保证准确性, 只能派一个人进行此项工作, 需要花费好几个月的时间。因此, 希望能开发出一种劳动密集程度较低的方法, 使科学家能够监测实地的根部存活情况。与在沙基果岭和不同年限的果岭进行研究相比, 在自然果岭进行研究是一件很有趣的事情。研究人员的想像力往往会跑到天际, 但现实却基于实际能做到的情况。但是, 考虑不同的生长环境(如阴影区域)也是很有趣的。由于任何自然果岭的自然特点和水力情况在不同的高尔夫球场中会有极大的区别, 所以这些发现可能更难以解释。因此, 对沙基根系曾的生根做分析要十分谨慎, 因为它们是练习果岭施工的首选方法, 砂粒尺寸可以合理地标准化。人们也可以说区域、物种、品种、以及其他许多土壤和环境因素问题也应该进行研究, 这也是对的。最基本的还是要一群志同道合者, 将自己的职业生涯花在这样的一个项目上, 那么更多问题则会涌现出来。

杰夫·纳斯博士, 果岭部研究中心经理。

春季打孔或不打孔的本特草的数值要大。

数据显示, 在草坪建成的第一个夏季, 应避免打孔。如果必须打孔, 打孔深度只能到茅草层。2005 年(成熟的南岸), 2006 年(不成熟的普罗维登斯)和 2007 年(成熟的普罗维登斯)夏季末三种打孔维护中, 0 - 2.4 英寸土壤中根系总数的百分比分别为 61%~74%, 58%~59%, 62%~77%

春季和春夏两季打孔地块生长的茅草层要厚于不打孔的本特草地块。所有这三种方式中, 茅草层的有机质含量(烧失量法)均有所增加, 但这三种方式的含量保持相同。然而, 打孔地块中的有机物质浓度(重量有机物: 所打孔洞的干重)较低。有机物浓度小于 110 克每千克, 则表示草皮性能较好。

春季打孔和春夏两季打孔会降低草坪质量, 时间大约持续两个星期, 但通常打孔地块的本特草要比非打孔地块本特草的颜色等级更高。夏末时分, 打孔地块的草坪质量更好。2006 年和 2007 年这两年内, 春季打孔和春夏两季打孔地块本特草的叶绿素 a 和叶绿素 a+b 含量均较高。

要点总结

- 与表层频繁灌溉相比, 深层非频繁灌溉地块本特草的根数更多、长度更长、表面积更大, 同时地块土壤温度更低, 茅草更少, 水溶性更高, 总的非结构性碳水化合物含量更多。
- 数据显示, 在草坪建好的第一个夏季, 应避免打孔。
- 春季打孔和春夏两季打孔地块会导致草坪质量降低, 持续时间大约为两周。但是通常来说, 夏末

时分, 打孔比非打孔地块本特草颜色的等级更高, 叶绿素 a 和叶绿素 a+b 含量更高。

相关信息

<http://usgatero.msu.edu/vOS/n06.pdf>

<http://usgatero.msu.edu/v07/n22.pdf>

<http://turf.lib.msu.edu/ressum/2008/10.pdf>

<http://turf.lib.msu.edu/~u/ressum/2007/13.pdf>

<http://turf.lib.msu.edu/ressum/2006/17.pdf>

傅金民博士, 中国湖北武汉市中国科学院武汉植物园园艺教授, 彼得 H. 德诺登博士, 马里兰州大学公园市马里兰大学植物科学与景观建筑系副教授。