

高尔夫球场化肥农药迁移规律研究

林秀榕, 唐文浩*, 季玉祥, 周荣清 (海南大学环境与植物保护学院, 海南儋州 571737)

摘要 采用模拟试验和现场监测的方法, 研究了百菌清、氯氰菊酯、肥料在高尔夫球场草坪中随水迁移规律及在土壤和植物中的残留变化。结果表明: 在低、中、高 3 种浓度施用情况下, 氯氰菊酯和百菌清在土壤和淋溶液中的迁移含量均在检出限以下, 施药 7 d 后 3 种浓度在草坪植物中的残留量分别为 23.8、505.0 和 771.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; 施肥 22 d 后磷素在水中的迁移总量仅为施肥量的 0.45%; 三氮随水迁移的总量为施氮量的 75.2%, 其中迁移液中最高浓度可达《GB3838-2002 国家地表水水质标准》V 水质标准的 1 500 倍, 表明三氮是高尔夫球场草坪地表水和地下水潜在的污染源之一。现场监测结果表明, 球场上下游人工湖水氮素含量相差 0.022 2 mg/L, 对外界影响不大; 施药 3 d 后球场地表水、淋溶液和土壤中农药均未检出, 在果领植物样中的残留量最高达 1 349 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

关键词 氯氰菊酯; 百菌清; 肥料; 高尔夫球场; 迁移规律

中图分类号 X592 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)21-10118-03

Study on the Transfer Laws of Pesticide and Fertilizers on Golf Course

LIN Xiu-rong et al (Environment and Plant Protect College, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract Using simulation experiment and spot monitoring method, the transfer laws of chlorothalonil, cypermethrin and fertilizers on the golf course lawn with water and their residue changes in soil and plants were studied. At high, medium and low concentration, the transfer contents of chlorothalonil and cypermethrin in soil and leaching liquor were below the detection limits. Their residual quantity in lawn plants after medication 7 d were 23.8, 505.0 and 771.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectively. The total transfer mass of P in water after fertilization 22 d was only 0.45% of fertilization amount. Total transfer mass of three kind nitrogen (NH_4^+ , NO_2^- and NO_3^-) with water was 75.2% of fertilization amount. The maximum concentration in water could reach 1 500 times of V-grade water quality standard in GB3838-2002 Water Quality Standards for Surface Water Quality, indicating that three kinds of nitrogen were potential pollution sources of surface water and ground water on the golf course lawn. The spot monitoring results showed that the nitrogen content of upstream and downstream lake on the golf course had the difference of 0.022 2 mg/L and no great influence on outside. After medication 3 d, pesticide was not detected in surface water, leaching liquor and soil of golf course and the maximum residual quantity in green plant samples reached 1 349 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Key words Cypermethrin; Chlorothalonil; Fertilizer; Golf course; Transfer law

高尔夫球运动是在以阳光、草坪、湖泊为主调的场地上开展的一项集运动、休闲、健身、娱乐和社交等为一体的体育活动。绿油油的草坪是高尔夫景观核心, 为保持良好的草坪质量, 在管理养护过程中要进行施用化肥、农药等作业, 而高尔夫草坪建植在透水性良好的砂质土壤上, 施用大量的化肥、农药是否对水土环境造成影响成为人们关注的焦点^[1]。

海南气候温暖湿润, 草坪病虫害发生相当普遍^[2], 为害海南草坪草的大多为真菌类病害, 其危害十分严重, 是高尔夫球场草坪严重退化的一个重要原因^[3]。百菌清和氯氰菊酯分别为高效杀菌剂和杀虫剂, 是海南省高尔夫球场常用的 2 种农药。国内外有关高尔夫球场肥料施用氮磷元素流失及其影响的报道较多^[7-10]。一些学者^[4-6]曾对多菌灵、毒死蜱等多种农药在高尔夫球场草坪根系层、土壤、水中残留情况的研究, 但未曾见有关氯氰菊酯和百菌清在高尔夫草坪随水迁移的研究报道。笔者采用模拟高尔夫球场草坪结构的试验研究, 结合高尔夫球场现场监测方法, 研究百菌清、氯氰菊酯及氮磷元素随水迁移规律, 分析海南高尔夫球场施用这 2 种农药和肥料对外界环境的潜在影响。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料 草坪草为海滨雀稗, 由高尔夫草坪供应基地提供。10% 的氯氰菊酯悬浮油剂 (兴棉宝); 75% 的百菌清可湿性粉剂; 14:5:10 的果领专用复合肥。

1.2 试验方法

1.2.1 试验模型建造。 在学校的教学实验基地建造 1 个 1 m

$\times 1$ m、深 50 cm 的果领模型, 四周和底部由双层塑料薄膜与外界隔离, 由下往上依次是 2~3 cm 粒径碎石 10~15 cm, 粗砂 5 cm, 8:2 泥沙混合层 30 cm, 泥为砖红壤, 沙为细砂。底部平面自右向左倾斜千分之五, 在底部左边缘上于碎石底部埋进深 1 m、内径 2 cm 的 PVC 管, PVC 管钻孔, 且 PVC 管外包有过滤纱网, 出水口接有 500 ml 的棕色集水瓶, 使淋溶液自动流入棕色瓶内。果领模型草坪建造于 2008 年 9 月 12 日完成, 9 月 12~20 日草坪长根阶段, 试验于 9 月 26 日开始。

1.2.2 试验设计。 肥料的施用按照球场复合肥正常施用量 25 g/m^2 , 农药按照球场的正常施药浓度的最小浓度、中等浓度和最大浓度进行施用, 即氯氰菊酯 0.1、0.2 和 0.3 g/m^2 , 百菌清 0.175、0.350 和 0.800 g/m^2 。施肥料时间为 9 月 26 日, 2 种农药同时施用, 最小、中等和最大浓度施用时间分别为 10 月 5 日、10 月 13 日和 10 月 21 日。

1.2.3 模拟试验样品采集。 水样采集: 雨天草坪表面由塑料布遮盖, 其余时间敞开, 按照草坪正常管理模式, 每天早晨 8:00 开始在 0.5 h 内缓慢浇灌水 8~10 L, 至中午收集完水样, 当天下午分析, 依据天气情况和干湿程度, 日均收集 2~3 L 水量不等。收集时间为 9 月 27 日至 10 月 24 日, 连续观测 27 d。

土壤和植物样采集: 由直径 4 cm、深 20 cm 的土钻, 分 0~15 和 15~30 cm 两层采集土壤样, 隔天采 1 次样。植物样由剪刀随机剪取地表以上的草叶和枯草, 共计土壤样 17 个, 植物样 5 个。

1.2.4 布点及采样。 在 A、B、C 3 个球场随机选取 3 个球洞, 依据高尔夫球场的果领、发球台、球道、沙坑 4 个功能区地下集水管道的布设, 在集水井的出口处挂上收集水样的小桶, 出水口和小桶由塑料布覆盖, 以免雨水和灌溉水进入。同时采集球场上游和下游人工湖的水样。水样共布设 14 个观测

基金项目 海南省科技重点项目。

作者简介 林秀榕 (1985 -), 女, 福建泉州人, 硕士研究生, 研究方向: 环境影响评价与环境规划。* 通讯作者, E-mail: Twh1229@163.com。

收稿日期 2009-04-07

点。在收集水样的球洞同时采集果领、发球台、球道 3 个功能区的土壤样和植物样。植物和土壤采样方法同上。采样时间在每次施药之后的第 3 天进行,分别为 8 月 6 日(施药后第 2 天下暴雨)和 10 月 25 日(施药至取样天气无雨),一共采集水样 20 个,土壤样 40 个,植物样 9 个。

1.3 项目分析

1.3.1 氮磷分析。水样的氮磷常规指标分析项目为氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、总磷,其分析方法分别为纳式试剂分光光度法、对氨基苯磺酸分光光度法、二磺酸分光光度法、过硫酸钾消解法。

土壤分析指标为速效磷和碱解氮,分析方法分别为钼酸盐比色法和蒸馏法。

1.3.2 农残分析。采用 GB/T5750.9-2006 生活饮用水农残指标标准气相色谱检测分析方法。

2 结果与分析

2.1 化肥的迁移规律

2.1.1 淋溶液中氮磷的迁移量及变化。模拟试验淋溶液中氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮三氮氮素迁移浓度之和及总磷迁移浓度分别见图 1、2。三氮氮素和的日均浓度为 389 mg/L,施肥后 1 周内呈先增后降的趋势,施肥后第 4 天最高达 3 305 mg/L,远远大于《GB3838-2002 国家地表水水质标准》V 类标准值,施肥 8 d 后降至 3~4 mg/L 的平稳值,为《GB3838-2002 国家地表水水质标准》总氮 V 类标准值的 2 倍。其中氨氮的浓度大多在《GB/T14848-93 国家地下水水质标准》Ⅲ类标准以上(≥0.2 mg/L),最大值为 2.08 mg/L,低于《GB9798-1996 国家行业污水排放标准》的一级排放标准即 ≤15 mg/L;硝酸盐氮的浓度在施肥 4 d 后达最高值 13.76 mg/L,8 d 后保持在 3.1 mg/L 以下,即《GB/T14848-93 国家地下水水质标准》Ⅱ类标准的范围内(≤5.0 mg/L);亚硝酸盐氮浓度始终大于《GB/T14848-93 国家地下水水质标准》V 类标准,在施肥 4 d 后达最高值 11 034 mg/L。总磷的含量则呈现平稳上升趋势,其浓度为 0.037~0.310 mg/L,在最高峰值达《GB3838-2002 国家地表水水质标准》Ⅳ准以内(≤0.4 mg/L)。从整体上看,在日均 8~10 mm 降雨量或浇灌管理的情况下,球场氮元素随水迁移量较大,磷素的迁移量较小,施肥后 22 d 的磷素总迁移量约 19.4 mg/m²,氮素的总迁移量约 21 g/m²,扣除本底值后,其迁移总量分别为施肥量的 0.45% 和 75.2%。

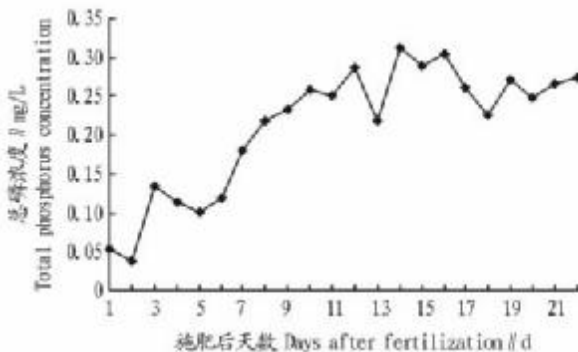


图 1 模拟试验淋溶液中总磷浓度值

Fig. 1 Total phosphorus concentration in leaching liquor in the simulation experiment

球场现场采样淋溶液监测结果见表 1。表 1 显示,30 cm

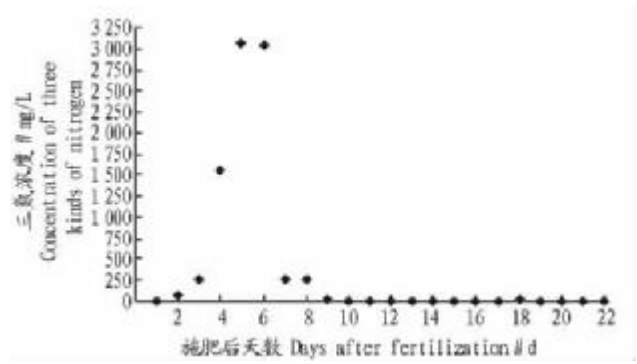


图 2 模拟试验淋溶液中三氮氮素浓度和

Fig. 2 Total nitrogen concentration of NH₄⁺, NO₂⁻ and NO₃⁻ in leaching liquor in the simulation experiment

深根系层的淋溶液氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮三氮指标分别在国家地下水 V 类标准以上(≥0.5 mg/L)、Ⅳ类标准以内(≤0.4 mg/L)和Ⅳ类标准以内(≤30 mg/L),且明显大于各个功能区集水管道出水口的浓度值。从各个功能区氮磷元素随地表水的迁移情况来看,除了沙坑和 5#果领总氮分别在国家地表水Ⅳ类标准以上(≥1.5 mg/L)和Ⅴ类标准以上(≥2.0 mg/L),其余都在Ⅲ类标准以内(≤1.0 mg/L),场内上、下游人工湖水的总氮浓度值只相差 0.022 mg/L。

表 1 施肥后暴雨情况下水样中氮磷浓度值

Table 1 Nitrogen and phosphorus concentration in water samples of storm runoff after fertilization mg/L

点位 Place	氨氮 Ammonia N	亚硝酸盐氮 Nitrite N	硝酸盐氮 Nitrate N	三氮和 Sum of three kinds of N	总磷 Total P
切杆果领装置	5.27	0.059	25.00	10.032 1	0.10
C 场 7 号球道装置	26.40	0.089	13.80	24.884 4	0.42
C 场 7 号发球道装置	5.47	0.081	5.35	5.737 4	0.6 0
B 场 11 号果领	0.62	0.028	1.22	0.794 6	0.19
C 场 7 号果领	1.57	0.036	4.59	2.340 3	0.89
C 场 7 号球道	0.59	0.013	1.26	0.774 3	0.04
C 场 1 号发球台	0.44	0.004	1.24	0.643 6	0.07
B 场 12 号球道地	0.03	0.012	1.12	0.495 4	0.31
C 场 1 号球道地表水	0.54	0.039	1.06	0.695 9	0.08
切杆果领旁沙坑	0.47	0.071	4.68	1.465 4	0.18
C 场 7 号上游湖水	0.19	0.008	1.34	0.461 5	0.03
C 湖下游湖	0.03	0.011	0.80	0.439 3	0.03

2.1.2 土壤中氮磷的含量及变化。由图 3 可知,在施肥后 21 d 内,土壤中磷素含量呈逐渐增加的趋势;施肥前后土壤上、下层的磷素分别增加了 106 和 54 mg/kg。而氮素随水迁移量大,土壤中氮素只有微量的增加,在施肥后 21 d 其增加值仅为 4.7 和 1.5 mg/kg。现场采样检测值见图 4,施肥后暴雨冲刷情况下,其土壤中氮素上、下层的含量分别在 52.4~14.6 和 24.8~4.6 mg/kg,氮素上、下层的含量分别在 27.9~2.2 和 19.8~2.1 mg/kg,各个采样点氮素和磷素在土壤上层中的含量远远大于下层,且点位氮磷元素的浓度值明显低于模拟试验土壤中氮磷元素的浓度值。

2.2 农药的迁移规律

2.2.1 淋溶液中百菌清和氯氰菊酯的迁移量。在模拟试验施用高浓度和低浓度的 18 个淋溶水样中,百菌清和氯氰菊酯的含量均在检出限以下;球场现场 2 次采样,甲基托布津

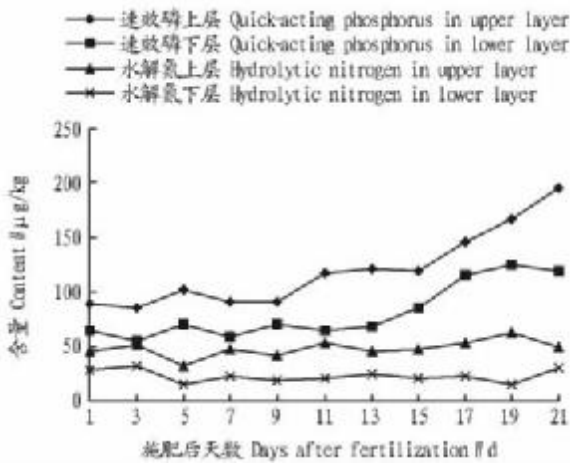


图3 模拟试验土壤中氮、磷含量

Fig. 3 The content of N and P in soil in the simulation experiment

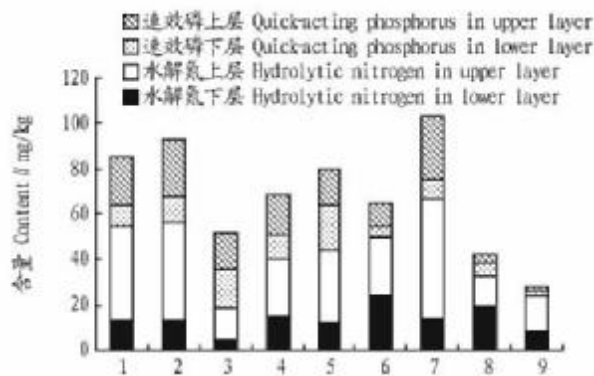


图4 现场采样土壤氮、磷含量

Fig. 4 The content of N and P in soil of spot sampling

和氯氰菊酯的含量也均在检出限以下,即甲基托布津 $\leq 2.69 \mu\text{g/L}$,氯氰菊酯 $\leq 0.1 \mu\text{g/L}$,百菌清 $\leq 0.1 \mu\text{g/L}$ 。

2.2.2 土壤根系层中的农残量。在模拟试验上、下层各17个土壤样中,百菌清均未达到检出限;从模拟试验土壤中氯氰菊酯检出情况看,在施用浓度为 0.2 和 0.3 g/m^2 时,氯氰菊酯在土壤中的残留主要在土壤上层,其检出值仅微微高于检出限。

2.2.3 地表草坪和枯草层中的农残量。模拟试验施用3种浓度农药后,在地表草坪和枯草层植物样中,百菌清农药残留量均在检出限以下,氯氰菊酯农药残留量很高。在 0.1 g/m^2 浓度施用8d后,植物样中氯氰菊酯的浓度为 $23.8 \mu\text{g/kg}$,而 0.2 g/m^2 浓度施用7d后累积浓度达 $505 \mu\text{g/kg}$, 0.3 g/m^2 施用之后当天植物样中的农药残留量又增加了 $342 \mu\text{g/kg}$,且施用后3d内呈现逐渐递减的趋势。

据球场的施药记录可知,2008年10月10日在球场A场

和C场的球道分别施用了 $0.5 \mu\text{g/ml}$ 的兴棉宝,10月16日在A场的果领、B场和C场的果领和球道分别施用了 $0.4 \mu\text{g/ml}$ 的兴棉宝。施药8d后各施药区植物样中氯氰菊酯残留量为 $266 \sim 1349 \mu\text{g/kg}$,球场植物样中残留最多的为果领地区,B场和C场同等施药后,果领植物样中农残浓度值为球道的3~4倍,最高值达 $1349 \mu\text{g/kg}$;A场3号点的检出值是果领在半个月前施肥情况的残留累积值,其浓度为 $266 \mu\text{g/kg}$,为施药区检测最低值。现场监测的植物样的残留值与施药情况一致。

3 结论

通过模拟试验和现场监测分析研究发现,百菌清、氯氰菊酯随水迁移量小;氯氰菊酯主要残留在植物样中,在 0.2 和 0.3 mg/m^2 浓度施用后仅有微量存在于土壤层表层($0 \sim 15 \text{ cm}$)。农药施用未对水环境造成污染,但高尔夫球场施药量大,应严格控制施药量并加强监测,防止对外界和场内湖水造成污染。

施肥22d后磷素在水中的迁移总量仅为施肥量的 0.45% ,氮素在水中的迁移总量为施肥量的 75.2% ,是地表水和地下水潜在的污染源之一。球场上、下游人工湖水氮素含量只相差 0.0222 mg/L ,对外界影响不大。球场应充分利用场内人工湖水进行灌溉,使流失的氮磷元素尽可能地实现场内循环,减少肥料的投入量及湖水营养化的可能。

参考文献

[1] BEARD J B. 高尔夫球场草坪[M]. 韩烈保,张运乃,曾建成,等.译.北京:中国林业出版社,1999:24-68.
 [2] 谢炳,刘剑.海南地区草坪的养护管理[J].草业科学,1996,13(6):64-65.
 [3] 刘小妹,蒲金基.海南草坪草病虫害调查初报[J].草业科学,2004,21(6):73-74.
 [4] 常智慧.高尔夫球场施用化肥和农药对环境的影响研究[D].北京:北京林业大学,2005.
 [5] 石利利,林玉锁,徐亦钢,等.高尔夫球场土壤和水中毒死蜱农药残留的测定[J].农村生态环境,2000,16(3):35-38.
 [6] 常智慧,韩烈保.高尔夫球场施用化肥对环境的影响研究进展[J].草原与草坪,2002,99(6):6-9.
 [7] 史秀华.高尔夫球场的氮磷环境及其流出特征[J].深圳大学学报:理工版,2006,4(2):170-174.
 [8] 常智慧,韩烈保.草坪生态系统中氮肥去向研究进展[J].草业科学,2003,20(4):61-65.
 [9] KING K W, BALOGH J C, HARMEL R D. Nutrient flux in storm water runoff and baseflow from managed turf[J]. Environmental Pollution,2007,150:321-328.
 [10] WINTER J G, DILLON P J. Export of nutrients from golf courses on the Precambrian Shield[J]. Environmental Pollution,2006,141:550-554.
 [11] 李美云.多效唑对高羊茅草坪草生长和生理特性的影响[J].安徽农业科学,2007,35(32):10299-10300,10306.
 [12] 黄彩明,曹平,蒋荣华.草坪延长绿色期的研究[J].安徽农业科学,2008,36(24):10428-10430.
 [13] 林文如,戈振扬,李杰,等.一种斜坡草坪喷灌测控方法[J].安徽农业科学,2008,36(28):12528-12529.
 [14] 韩春梅,张新全,彭燕,等.高羊茅草坪的坪用价值比较[J].安徽农业科学,2007,35(5):1339-1341.
 [15] 吴淑平,吕立哲,马汉云,等.过渡地区草坪主要病害研究[J].安徽农业科学,2008,36(32):14118-14119,14136.
 [16] 楚渠,沈大刚.浅谈草坪混播草种组合[J].安徽农业科学,2006,34(11):2382,2430.
 [17] 李莉,田士林,郑芳.豫南地区雨季草坪杂草防治措施[J].安徽农业科学,2007,35(13):3914,3954.
 [18] 沈大刚.安康市高羊茅草坪草综合性状评价研究[J].安徽农业科学,2007,35(17):5147-5148.