

聚合物包膜尿素氮释放特性及其对高羊茅草坪生长的影响

谷佳林¹, 许俊香¹, 徐秋明¹, 边秀举², 李会彬², 曹 兵^{1*}

(¹北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097; ²河北农业大学草坪研究所, 河北保定 071001)

摘 要: 通过静态水溶试验和草坪施肥试验, 研究了高分子聚合物包膜尿素 (PCU) 的养分释放特性及春季一次性施用对高羊茅草坪生长的影响。结果表明, 由于肥料所处环境温度不同导致实验室静态水溶法测定 PCU 养分释放速度快于其在田间的实际释放速度。田间试验中一次性施用该肥料可以满足高羊茅草坪整个春季生长对氮素养分的需要; 与尿素和市场上的草坪肥料相比, 草坪质量无显著差异, 且草坪生长速度均匀, 草屑量相对较少, 起到了减少草坪修剪次数降低养护强度的作用。

关键词: 高羊茅; 包膜尿素; 初期溶出率; 微分溶出率; 草坪质量

中图分类号: S 688.4 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 03-0385-06

Evaluation of Nitrogen Release Feature of Macromolecule Polymer Coated Urea and Effects on Tall Fescue Turf Growth

GU Jia-lin¹, XU Jun-xiang¹, XU Qiu-ming¹, BIAN Xiu-ju², LI Hui-bin², and CAO Bing^{1*}

(¹ Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

² Research Institution of Turf, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: The nitrogen release characteristic of macromolecule polymer coated urea (PCU) by laboratory method of water dissolve and the effects of applied PCU on tall fescue turf as basal application in spring was studied. The results showed that the rate of PCU nitrogen release by laboratory method of water dissolve is faster than the rate in the turf field because of their different circumstance temperature affect. Applying PCU once in early spring could meet nitrogen need of tall fescue growth in spring season. Compared with urea and turf special fertilizer, no significant difference was observed in turf quality. So, applied PCU play an important role in reducing turf maintenance strength through keeping even growth of turfgrass and less clippings production.

Key words: tall fescue; coated urea; preliminary solubility; differential solubility; turf quality

施肥是草坪养护管理的重要手段之一, 而氮肥是草坪生长发育需要量最多的营养元素 (边秀举等, 2000)。由于速效氮肥施入土壤后分解很快, 很容易使草坪出现肥后旺长现象, 而且由于速效氮肥养分释放特性不能与草坪草生长需要很好吻合, 使得肥料中的营养元素部分挥发到空气中或因降雨和灌溉随水径流或下移, 造成环境负面影响 (葛鑫等, 2003)。缓释/控释肥料可以通过人为手段控制肥料养分的释放, 从而与植物的生长需要相符, 具有省工、肥效稳等优点, 自 20 世纪 60 年代后期逐渐在草坪上应用推广。我国目前使用的缓释/控释肥多为进口, 价位较高。北京市农林科学院植物营养与资源研究所废旧塑料为主要原料, 自主研发了高分子聚合物包膜控释尿素, 该肥料的价格只

收稿日期: 2008 - 08 - 11; 修回日期: 2009 - 02 - 20

基金项目: 北京市科技新星计划项目 (2005B37); 北京市科委新型肥料产业化科技保障建设项目 (D0706004000091); 北京市农林科学院青年基金项目 (2007020414); 北京市优秀人才培养项目 (20071D020500055)

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: caobing@baafs.net.cn)

为国外同类产品的 1/3 左右。作者对该肥料的养分释放特性及其对高羊茅草坪生长和氮素吸收的影响进行了探讨, 以期为该肥料在高羊茅草坪上的合理施用提供理论依据和技术指导。

1 材料与方 法

1.1 供试草坪

供试草坪为高羊茅草坪‘火龙’(Fire Dragon), 2005年9月建植于河北农业大学, 播种量 $25\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 坪床平整, 坡度小于 1° 。坪床表层 $0\sim 20\text{ cm}$ 施肥前取样基本状况: 全氮 $1.09\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $43.46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷 $39.65\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾 $95.61\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 有机质 $27.63\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, pH 8.1。根据草坪生长情况及 1/3 原则适时修剪, 留茬高度 5 cm , 修剪采用旋刀剪草机, 草屑用集草袋收集后移出试验区, 直到试验结束。当草坪施肥后或出现萎蔫前兆时采用微喷带浇水, 确保浇水均匀无地表径流。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计。共 4 个处理: 不施氮肥处理(对照)、普通尿素施肥处理、包膜尿素一次性施肥处理(含氮量为 42.35%) 和北京天聚缘肥业公司生产的希望之春 TM 系列草坪春季专用肥处理($\text{N}\cdot\text{P}_2\text{O}_5\cdot\text{K}_2\text{O}=12\cdot 5\cdot 8$)。各施氮处理 4—6 月施氮总量相等, 其中普通尿素和专用肥处理分别于 4 月 3 日、5 月 7 日和 6 月 5 日按 $5\cdot 5\cdot 3\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 分 3 次施用, 包膜尿素处理于 4 月 3 日按 $13\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{ N}$ 一次性施用。对照、普通尿素和包膜尿素处理分别于 4 月 1 日和 5 月 7 日按 $2\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{ P}_2\text{O}_5$ 、 $4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{ K}_2\text{O}$ 和 $3\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{ P}_2\text{O}_5$ 、 $5\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{ K}_2\text{O}$ 分两次施入磷钾肥。磷肥为普钙(过磷酸钙, 含 P_2O_5 18%), 钾肥为硫酸钾。施肥方法为采用草坪专用施肥机地表均匀撒施, 施肥后浇水。每个处理设 3 次重复, 共计 12 个小区, 小区面积为 $3\text{ m}\times 2\text{ m}$, 小区间留有 1 m 宽保护行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 包膜尿素养分溶出率的测定

在实验室条件下采用静态水溶法测定包膜尿素氮素养分释放情况。肥、水比为 1:25, 即称 10 g 肥料装入尼龙小网袋中, 置于 300 mL 密封瓶中, 准确加入 250 mL 去离子水, 放在 (25 ± 0.5) 的恒温条件下, 前 15 d 每天过滤并收集滤液, 15 d 后每隔 3 d 取样 1 次。取样时用去离子水将网袋连同袋中肥料冲洗干净后再次放入密封瓶中, 然后向瓶中再加入 250 mL 去离子水, 继续在 (25 ± 0.5) 的温度下培养至下一个采样期, 滤液测定其氮素含量。

初期溶出率 (%) = 24 h 溶出的养分量 / 试样中该养分的量 $\times 100$ 。

微分溶出率: 测定在 25°C 下恒温下第 2~7 天的每天平均溶出率。

在田间条件下采用网袋土埋法测定包膜尿素氮素养分释放情况。将 21 条各装有 10 g 肥料的小尼龙网袋埋入试验地 10 cm 土壤中, 分别于埋入土后 8、17、29、43、59、70、86 d 分 7 次取样, 每次取 3 袋, 差减法测定肥料养分溶出情况。

应用生物学统计方法进行肥料溶出的 Logistic 曲线方程拟合(李春喜等, 1997)。

1.3.2 草坪草生长的测定

采用定期多人目测评分的方法评价草坪质量(包括草坪颜色、均一度、质地和密度)。评分标准采用目前国际上通用的 9 分制(胡林等, 2001), 最好为 9 分, 最差为 1 分, 不同项目的分配权重为: 颜色 2 分, 密度 3 分, 质地 2 分, 均匀性 2 分, 即总分 = (颜色 + 质地 + 均匀性) $\times 2/9$ + 密度 $\times 3/9$ 。依照国际惯例将草坪质量得分 ≥ 6 分的视为可接受质量的草坪(Goatley et al., 1998), < 6 分的视为质量较差的草坪。

草坪生长速率和草屑量的测定: 每次修剪前在每个小区内按照对角线随机选取 5 个样点, 测量样点附近草坪植株的平均自然高度(地表到草坪草完全展开新叶最高点的距离), 每个样点测量 5 株,

取平均值即为该样点草坪草高度, 5个样点高度取平均值即为该次测量草坪自然高度。测量值减去留茬高度即为一周内植株的生长高度 (cm)。每次修剪完一个小区后, 立即从集草袋内倒出草屑, 称鲜样质量, 充分混匀, 准确称 100 g 代表性鲜样装入信封, 105℃ 杀青, 70℃ 烘箱烘干, 称干样质量。

植株氮素含量的测定。样品烘干粉碎后采用凯氏定氮法测定。

定期检测植株叶片的叶绿素情况 (SPAD 值表示), 具体方法是上午 9:00—9:30, 用叶绿素仪 (CHLOROPHYLL METER SPAD-502) 检测植株成熟功能叶片, 每个小区随机采集 3 个样点。

试验数据应用 SPSS10.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 包膜尿素释放情况

图 1 为包膜尿素实验室静态水溶和田间土埋条件下养分释放 Logistic 曲线。静态水溶条件下其氮素释放 80% 所用的时间为 51 d, 从养分释放曲线上可以看作是 S 型释放模式, 肥料初期溶出率为 2.73%, 微分溶出率为 1.48%, 符合中华人民共和国化工行业标准和欧洲标准委员会 (CEN) 规定的缓释/控释肥初期溶出率小于 15%, 28 d 养分释放不超过 75%, 微分溶出率为 0.25%~2.5% 的指标。初期溶出率过高的肥料表明其包膜不完整的粒子多或膜材料密闭性差, 如果一次性过多施入, 易造成烧苗。微分溶出率的高低是相对而言的, 释放期长的控释肥微分溶出率相对较低, 而释放期短的控释肥微分溶出率相对较高。

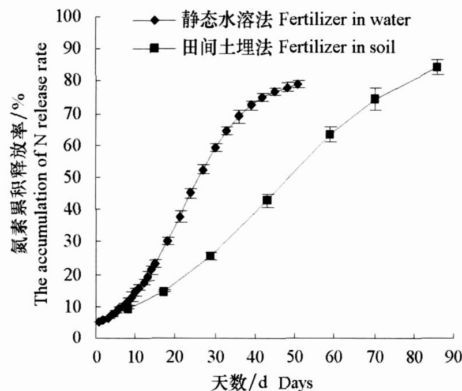


图 1 包膜尿素实验室静态水溶法和田间土埋法养分释放情况

Fig. 1 Nutrient release course of coated urea in static water and field

田间土埋法包膜尿素氮素释放曲线也呈 S 型, 但氮素释放 80% 所用的时间为 82 d。两方法主要受温度的影响 (Shoji, 1999), 实验室条件下采用的是 25℃ 恒温静态水溶法, 而田间采用的是 10 cm 土埋法。经测量 4—6 月试验地 0~10 cm 平均地温为 21.6℃, 低于 25℃, 因此两者存在 31 d 的时间差。试验中包膜尿素是在 4 月 5 日一次性施入, 随着气温的不断增加, 肥料的养分溶出呈现出前期较缓而后期逐渐增加的趋势, 这与高羊茅草坪春季至夏初对氮素养分的需求规律基本相符。

2.2 不同处理对草坪生长的影响

2.2.1 草坪质量

由表 1 可以看出, 4 月中旬普通尿素处理的草坪质量与其它处理差异显著, 这主要是尿素在土壤中迅速转化为草坪根系易吸收的无机氮, 草坪草返青速度明显快于其它处理, 这与边秀举等 (2005) 的研究结果相符。5 月中旬—7 月中旬各施氮肥处理间的草坪质量差异不显著, 但均与对照处理达到了显著水平。施氮肥的各个处理从 4 月中旬至 7 月中旬, 草坪质量均在 6 分之上, 为可接受质量的草

坪。对照处理从 6月中旬草坪质量开始下降，这主要是由于 5—6月间冷季型草坪生长迅速，对氮素养分需求较大，而对照处理并没有氮素肥料的补充，所以草坪因氮素吸收不足而质量下降，而其它处理并没有这种现象，这说明施加氮素肥料对于保证草坪质量是十分重要的。此外通过对草坪均匀性和密度进行定期观测，各施肥处理的草坪均一度和密度的平均得分均在 6分以上，高于对照处理。对照处理的草坪均一度和密度明显低于其他处理的主要原因仍是由于氮素养分不足引起草坪密度降低及杂草入侵造成的。值得注意的是，包膜尿素处理采用一次性表面撒施的施肥方法对草坪质量影响不大，可满足草坪草一个生长季的氮素需要，减少了因施肥产生的用工量。

表 1 不同处理对草坪质量的影响
Table 1 The effects of different treatments on quality ratings of turf

测定日期 / (M - D) Determination date	处理 Treatment	均匀性 Uniformity	密度 Density	质地 Texture	颜色 Color	总分 Score
04 - 18	对照 Control	5.5	5.3	5.5	4.7	5.3 c
	包膜尿素 Coated urea	6.0	6.0	6.1	6.0	6.0 b
	普通尿素 Urea	6.0	7.1	6.8	6.5	6.6 a
	草坪专用肥 Turf special fertilizer	6.0	6.0	6.0	6.1	6.0 b
05 - 16	对照 Control	6.5	6.5	6.1	6.0	6.3 b
	包膜尿素 Coated urea	7.5	7.5	6.0	7.6	7.2 a
	普通尿素 Urea	7.6	8.0	5.6	7.8	7.3 a
	草坪专用肥 Turf special fertilizer	7.6	7.4	6.0	7.5	7.2 a
06 - 14	对照 Control	5.0	5.5	6.5	5.5	5.6 b
	包膜尿素 Coated urea	7.5	7.5	6.5	7.5	7.3 a
	普通尿素 Urea	7.5	7.7	5.7	7.6	7.2 a
	草坪专用肥 Turf special fertilizer	7.5	7.2	6.2	7.3	7.1 a
07 - 17	对照 Control	4.8	5.0	6.5	5.4	5.4 b
	包膜尿素 Coated urea	7.5	7.5	6.6	7.4	7.3 a
	普通尿素 Urea	7.5	7.5	6.0	7.5	7.2 a
	草坪专用肥 Turf special fertilizer	7.4	7.1	6.0	7.2	6.9 a

注：同一测定日期系列中不同字母表示差异达到 5%显著水平 (LSD 检验)。
Note: In same determination date column, different letters in each line mean significant difference at 0.05 level

2.2.2 草坪草屑量

草屑量是反映草坪养分状况尤其是氮素状况的重要指标。图 2 为 4 月 10 日—7 月 31 日各处理草坪草屑累计情况。从图 2 可知，普通尿素和专用肥处理分别在 4 月 10—27 日、5 月 4—11 日、6 月 2—16 日出现 3 次生长高峰，草屑累积量增长明显，这期间恰好是 3 次施氮的时间，表明肥后旺长现象明显。包膜尿素处理由于氮素养分释放速度均匀缓慢，供肥能力持久匀速，相对于普通尿素和专用肥而言，草坪生长速度较为均匀。到 7 月 31 日，对照、普通尿素、包膜尿素和专用肥处理草屑累积量分别为 185、480、349 和 430 g · m⁻²，且均达到了 5% 显著差异。

在本试验中由于需要各处理同时取样测定相关指标，所以各处理修剪次数相同。但

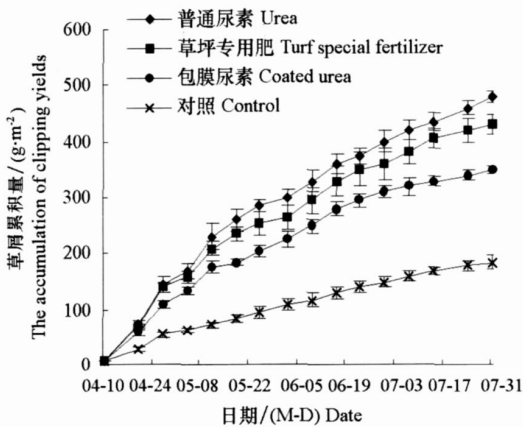


图 2 不同处理对草坪草屑累积量
Fig 2 The clipping yields response to various fertilizer treatments

从草坪管理的角度,在保证草坪质量的同时,草坪生长速度匀速缓慢,草屑累积量少,可以延长修剪间隔,减少修剪的次数,降低草坪养护劳动强度。由表 1 草坪质量情况来看,包膜尿素处理与普通尿素和专用肥处理的草坪质量无显著性差异,但草坪生长速度和草屑累积量明显低于后二者,所以施用包膜尿素可以在一定程度上起到降低草坪养护劳动强度的作用。

2.3 SPAD 值和氮素含量

图 3 和图 4 是不同处理草坪植株 SPAD 值和氮素含量情况。图 3 表明,对照植株 SPAD 值基本呈缓慢下降的趋势;包膜尿素处理的草坪植株 SPAD 值变化不大,而普通尿素和专用肥处理植株伴随着氮肥的施入有 3 个峰值,这与图 4 植株氮素含量情况吻合,说明每次施氮后可使草坪植株氮素含量和 SPAD 值显著增加,但肥效过后草坪植株氮素含量和 SPAD 值又迅速下降。从本试验结果来看,各施氮处理草坪植株氮素含量均在健康草坪 3%~5% 范围(边秀举和张训忠, 2005)之内,同时 SPAD 值与草坪颜色呈正相关性,且草坪颜色均在可以接受的质量分值,这说明这些处理氮素养分供应基本可以满足草坪正常的生长需要。

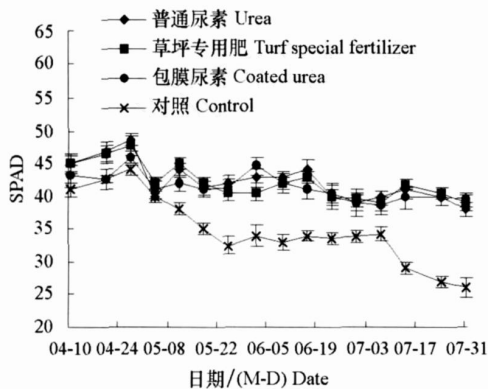


图 3 不同时期不同处理草坪植株 SPAD 值情况

Fig. 3 Effect of different treatments on the SPAD values at different growth stage

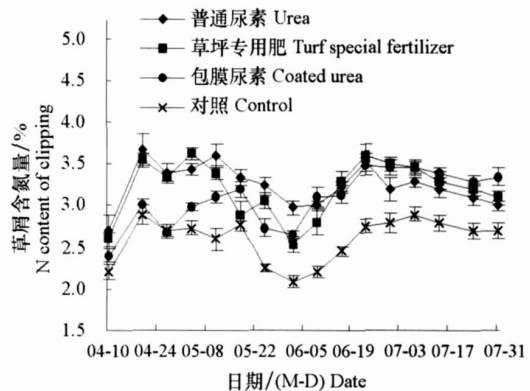


图 4 不同时期不同处理草坪植株氮素含量

Fig. 4 N content of turf affected by different treatment at different stage

3 讨论

在草坪生产中,为了防止盐分浓度过高对种子或植株的伤害,不能将大量速效性氮肥直接一次性施用。控释肥料由于其养分释放速率均匀缓慢,一次性将大量肥料基施也不会造成盐分浓度过高而产生盐害。本试验研究结果表明,在高羊茅草坪上春季采取一次性施肥是可行的,对草坪草生长没有造成不良影响。从作为衡量草坪质量的色泽、密度、均匀性和质地(边秀举等, 2000)因素来看,与普通尿素和市场上的草坪专用肥相比,包膜尿素处理草坪质量无显著差异。值得注意的是,采用包膜尿素一次性施肥的处理,草坪草生长匀速缓慢,草屑量较少,在一定程度上起到了减少草坪修剪次数降低草坪养护劳动强度的作用。

有研究表明,温度和水分对聚合物包膜控释肥料养分溶出的影响分别占 83%和 11%,而其它土壤因子及其交互作用只占 1%以下(Shoji, 1999),当土壤含水量高于田间最大持水量的 40%时,包膜控释肥在土壤中的养分溶出基本不受土壤水分的影响,并且当包膜控释肥料颗粒在表土 10 cm 以下时,其养分溶出也不受土壤含水量的影响,温度越高肥料养分溶出越快。所以,在施用此类肥料时,既要考虑到草坪的吸肥特性,同时也要综合考虑基质、水分和气候因子对控释肥料养分释放的综合影响,从而更加充分地发挥肥料作用。本试验中包膜尿素通过静态水溶法测定养分释放期为 51 d,而在

田间条件下为 82 d, 这主要是由肥料所处环境的不同而产生的。目前在缓释/控释肥料规模化生产过程中, 综合考虑环境因素, 利用实验室静态水溶法快速准确预测肥料在田间的释放情况已经成为各缓释/控释肥料生产企业常用的方法。从试验结果来看, 根据高羊茅草坪春季的生长特点和春季气候情况选用实验室静态水溶法释放期为 51 d 的肥料, 可以满足高羊茅草坪 4—6 月的氮素需求, 这为通过水溶法快速评估肥料田间释放情况, 从而选择适合草坪春季生长需要的缓释/控释肥料提供了借鉴参考。

以 SPAD 值同时结合植株氮素含量来判断植物氮素营养状况和指导氮肥施用的工作已经广泛的运用于多种植物 (Follett & Halcorson, 1992; Wood et al, 1992)。通过本试验测定 SPAD 值和植株氮素含量情况看, 植株氮素含量与 SPAD 值呈正相关性。因此在草坪栽培过程中, 测定 SPAD 值同样对判断草坪氮素营养情况具有参考价值。

使用控释肥是希望养分供应与植物需求同步, 从而达到减少施肥次数, 保障植株生长养分需要, 提高肥料利用效率目的。但不同的草坪品种具有不同的养分需求量和需求规律。尤其是冷季型草坪, 一年中各个时期对养分的需求量不同, 所以了解不同草坪对养分需求量和需求规律, 从而研制针对不同草坪的专用肥料是十分有必要的。

References

- Bian Xiu-ju, Hu Lin, Li Xiao-lin, Zhang Fu-suo. 2000. Effect of nitrogen and potassium levels on the growth and turf quality perennial ryegrass. *Acta Prataculturae Sinica*, 9 (1): 55 - 59. (in Chinese)
- 边秀举, 胡 林, 李晓林, 张福锁. 2000. 不同氮钾用量对多年生黑麦草草坪的影响. *草业学报*, 9 (1): 55 - 59.
- Bian Xiu-ju, Li Hui-bin, Zhao Bing-xiang, Hu Lin. 2005. The effectiveness of two types of slow-release fertilizer on perennial ryegrass turf. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (5): 930 - 932. (in Chinese)
- 边秀举, 李会彬, 赵炳祥, 胡 林. 2005. 两种缓效肥对黑麦草草坪应用效果初探. *园艺学报*, 32 (5): 930 - 932.
- Bian Xiu-ju, Zhang Xun-zhong. 2005. Base of turf. Beijing: China Building Materials Industry Press: 100 - 101. (in Chinese)
- 边秀举, 张训忠. 2005. 草坪学基础. 北京: 中国建材工业出版社: 100 - 101.
- Follett R H, Halcorson A D. 1992. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dry land winter wheat. *Commune Soil Science Plant Anal*, 23: 687 - 697.
- Ge Xin, Dai Qi-gen, Huo Zhong-yang, Meng Li-ming, Xu Ke. 2003. Countermeasures to curb pollution due to nitrogen loss in farmland. *Environmental Science and Technology*, 26 (6): 53 - 57. (in Chinese)
- 葛 鑫, 戴其根, 霍中洋, 孟立明, 许 轲. 2003. 农田氮素流失对环境的污染现状及防治对策. *环境科学与技术*, 26 (6): 53 - 57.
- Goatley J M, Maddox V L, Hensler K L. 1998. Late-season applications of various nitrogen sources affect color and carbohydrate content of 'Tiflawn' and Arizona common bermudagrass. *HortScience*, 33 (4): 692 - 695.
- Hu Lin, Bian Xiu-ju, Yang Xin-ling. 2001. Turf science and management. Beijing: China Agricultural University Press: 130 - 131. (in Chinese)
- 胡 林, 边秀举, 阳新玲. 2001. 草坪科学与管理. 北京: 中国农业大学出版社: 130 - 131.
- Li Chun-xi, Wang Zhi-he, Wang Wen-lin. 1997. Bio-statistics. Beijing: Science Press: 131 - 133. (in Chinese)
- 李春喜, 王志和, 王文林. 1997. 生物统计学. 北京: 科学出版社: 131 - 133.
- Shoji S. 1999. Meister controlled release fertilizers properties and utilization. Sendai: Konno Printing Co Ltd: 59 - 104.
- Wood C W, Reeves D W, Duffield R R, Edmisten K L. 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Plant Nutr*, 15: 487 - 500.