



施氮对黑麦草草坪生长及土壤硝态氮的影响

张斐斐¹, 白 龙², 王晓红³, 刘 英⁴

(沈阳农业大学园艺学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要:随着草坪种植面积的不增加,施肥引起的环境问题备受关注。为明确氮肥对多年生黑麦草(*Lolium perenne*)生长及对土壤硝态氮残留的影响,本研究采用盆栽试验,设计不同施氮水平(0、100、150、250、350 kg·hm⁻²·a⁻¹),测定草坪草生长速度、地上生物量、叶绿素含量及土壤中硝态氮的残留量。试验结果表明,0~250 kg·hm⁻²·a⁻¹施氮范围内,草坪草生长速率、地上生物量和叶绿素含量均随施氮量的增加而增加,施氮量达350 kg·hm⁻²·a⁻¹时各指标均开始下降。根下层土壤硝态氮的残留量约占根系层的一半,150 kg·hm⁻²·a⁻¹施氮水平下各土层中的氮残留量与对照无明显差异,说明此施氮量基本能够满足草坪生长需要的氮量。超过250 kg·hm⁻²·a⁻¹时,土壤中的氮残留量逐渐增加,达到350 kg·hm⁻²·a⁻¹时根下层的氮残留量达到最高值9.01 mg·kg⁻¹。从兼顾草坪观赏价值和环境安全的角度考虑,东北地区黑麦草草坪的施氮量为250 kg·hm⁻²·a⁻¹较为合适,若超过此量,就会引起硝态氮淋失,增加氮污染的危险性。

关键词:多年生黑麦草;施氮肥;草坪生长速度;硝态氮残留

中图分类号:S543⁺.606;S158

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2013)08-1143-06

* 1

施肥是草坪养护管理中最重要的一环之一,与灌溉、修剪一起被称为草坪养护管理的三大要素。尿素是常用的氮肥,合理的氮肥添加有利于草坪生长,保持其良好的观赏品质。边秀举和胡林^[1]的研究表明,氮肥可明显改善草坪色泽,提高草坪质量。李文庆等^[2]认为,建坪时施氮能明显加速草坪成坪,缩短成坪时间,而过量施氮反而会影响草坪草的坪用质量。章学梅等^[3]通过对冷季型混播草坪的施肥研究发现,年施氮量为25 g·m⁻²较适合。同时,氮肥的不合理利用也会造成环境污染,尤其是硝态氮对地下水的污染。草坪是施肥量大、灌水多的人工植被,施入的氮肥一部分被植物吸收利用,一部分残留在土壤中,约有10%以硝态氮形式移出系统,造成地表及地下水资源污染^[4]。韩建国和刘帅^[5]通过研究施肥对草地早熟禾(*Poa pretensis*)草坪土壤中硝态氮的影响发现,0~20 cm土层中硝态氮的含量受施肥影响很大,并且与肥料类型、施肥次数以及施肥量有关。Decau等^[6]根据对草坪进行不同施氮量以及

¹⁵N的跟踪研究发现,控制氮肥的施肥量可减少硝酸盐淋失量。Barton和Colmer^[7]通过对比试验指出,完善灌溉制度,并按照土壤对氮的需要量制定施肥量和施肥次数是减少草坪硝酸盐淋失的有效对策。

多年生黑麦草(*Lolium perenne*)成坪速度快、分蘖能力强、绿期长,常用于观赏绿化和高尔夫球场建植^[8]。国外学者针对黑麦草施肥做了大量研究,Chaney^[9]认为,土壤中氮含量超过177.8 mg·kg⁻¹时,黑麦草的生长受到抑制。Cannway^[10]发现,施氮量超过225 kg·hm⁻²·a⁻¹时黑麦草的耐践踏性急剧下降。边秀举和胡林^[1]在我国河北地区对黑麦草的研究得出,施氮量3~12 g·m⁻²,可接受的草坪质量持续时间为13~48 d。在不同土壤质地、土壤水分和温度条件下,氮肥的效应有很大差异。目前,我国东北寒冷地区关于黑麦草量化施肥的研究还鲜见报道。基于此,本研究以多年生黑麦草为对象,分析不同施氮量对草坪生长及土壤中硝态氮残留的影响,以期为我国东北地区棕壤土多年

* 收稿日期:2012-10-30 接受日期:2012-12-17

基金项目:沈阳农业大学引进人才科研启动项目

作者简介:张斐斐(1987-)女,河南洛阳人,在读硕士生,研究方向为草坪建植与景观生态。E-mail:feial8@163.com

通信作者:白龙(1968-),男(蒙古族),内蒙古通辽人,教授,博士,研究方向为草地生理生化与景观生态。E-mail:bailong0124@163.com

生黑麦草草坪的合理施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在沈阳农业大学百草园温室进行,41.46° N,123.25° E。沈阳市属于温带大陆性气候,年平均气温 7.8~8.0℃,7 月份气温最高,平均为 24.6℃,1 月份气温最低,历史最低温-33.1℃,年降水量 700~800 mm。供试土壤来自沈阳农业大学棕壤土长期定位站,土壤基本理化性质为全氮 1.317 g·kg⁻¹,碱解氮 129.27 mg·kg⁻¹,速效磷 18.36 mg·kg⁻¹,速效钾 173 mg·kg⁻¹,有机质 9.11 g·kg⁻¹,pH 值 8.12。

1.2 试验材料 供试草种为多年生黑麦草,品种为爱神特 2 号(Accent II)。供试盆钵高 40 cm,盆口直径 40 cm,底部直径 28 cm。分别在盆壁上 20、40 cm 深处打有直径 4 cm 的圆孔,同一深度有 10 个孔,供取土样用。将棕壤土和草炭以 5:1 的质量比例充分混匀后装盆,土壤装至距盆口约 2.5 cm 处,然后统一称重,并调整使每一盆土的质量都控制在 29.3 kg 左右。播种日期为 2012 年 2 月 13 日,播种量为 25 g·m⁻²,出苗后开始施氮处理。

1.3 试验方法 本试验设 5 个施氮处理,分别为 CK,N₁₀₀,N₁₅₀,N₂₅₀ 和 N₃₅₀,施氮量分别为 0、100、150、250、350 kg·hm⁻²·a⁻¹,每处理 3 次重复,共 15 盆。施氮时采用喷施法施氮,每次将各处理所需尿素溶解在 2.5 kg 水中,均匀喷洒每个盆栽,对照喷施等量的水。施氮量与施氮时期见表 1。每隔 4 d 浇一次水,每次 5 kg。每两周剪草 1 次,留茬高度为 6 cm。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 草坪草生长速度 生长速度用草坪草每天的

垂直净生长量表示,每个月第一次修剪前在每个盆内选取有代表性的 10 株草坪草,测量其垂直伸展高度,将其数量值减去留茬高度除以天数即为生长速度。

1.4.2 草坪草地上生物量 每月 16 日、30 日各修剪草坪 1 次,将修剪草屑收集,然后带回实验室,于 70℃条件下烘干 24 h 后称重。

1.4.3 叶绿素含量测定 将每月第一次修剪后的样品混匀剪碎,准确称取 0.1 g 置于研钵中,加 2 mL 80%的丙酮研磨成匀浆,然后定容至 25 mL,摇匀并放在避光处,待残渣发白后过滤,滤液供测定用。在 663 和 645 nm 波长下测定 OD 值(光密度,表示被检测物吸收到的光密度)^[11]。

1.4.4 土壤硝态氮含量 于每月 16 日取土样,分别在 20、40 cm 深处的圆孔中取样后,将同一深度的土样充分混合装入保鲜袋。硝态氮含量的测定采用酚二磺酸法^[12]。多年生黑麦草属于浅根系植物,90%的根系分布在 0~30 cm 土层土壤中^[13],因此把土样分为根系层(20 cm 深处)和根下层(40 cm 深处)进行分析。

1.5 数据分析 用 SigmaPlot 10.0 软件制图,用 SPSS 12.0 软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮对草坪草生长速率的影响 施氮 15 d 内,草坪草生长速率随施氮量的增加而增大,N₁₅₀、N₂₅₀ 和 N₃₅₀ 分别比对照增加了 16.3%、28.6% 和 32.7%,N₂₅₀、N₃₅₀ 显著高于 CK、N₁₀₀、N₁₅₀ (P<0.05),但 N₂₅₀ 与 N₃₅₀ 之间、CK 与 N₁₀₀ 之间差异不显著(P>0.05)(表 2)。施氮 45 d 后,CK、N₁₀₀、N₁₅₀ 和 N₂₅₀ 处理下草坪草的生长速率依次增大,N₃₅₀ 处理则生长延缓,CK 显著低于 N₁₀₀、N₁₅₀、N₂₅₀ 和

表 1 不同施氮水平的施肥方案						
Table 1 Nitrogen application schedule of different treatments						
处理 Treatment	年施氮量 Annual nitrogen application rate	施肥时期 Date of nitrogen application/mm-dd				
		03-16	04-16	05-16	06-16	07-16
CK	0	0	0	0	0	0
N ₁₀₀	100	20	20	20	20	20
N ₁₅₀	150	30	30	30	30	30
N ₂₅₀	250	50	50	50	50	50
N ₃₅₀	350	70	70	70	70	70

表 2 不同施氮处理下草坪草的生长速度

Table 2 Effects of different nitrogen tredtmnts on lawn's growth rate

cm · d⁻¹

处理 Treatment	日期 Date/mm-dd				
	03-16—04-01	04-16—05-01	05-16—06-01	06-16—07-01	07-16—08-01
CK	0.49c	0.51d	0.56d	0.45d	0.20d
N ₁₀₀	0.52bc	0.58c	0.69c	0.63c	0.41c
N ₁₅₀	0.57b	0.66ab	0.74bc	0.68bc	0.55b
N ₂₅₀	0.63a	0.75a	0.91a	0.80a	0.68a
N ₃₅₀	0.65a	0.71a	0.80b	0.70b	0.52b

注:同列不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note:Different lower case letters whithin the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

N₃₅₀,但 N₂₅₀和 N₃₅₀之间差异不显著。后 3 次施肥,N₃₅₀处理下草坪草生长速率明显下降,N₂₅₀显著高于 CK、N₁₀₀、N₁₅₀和 N₃₅₀,N₁₅₀与 N₃₅₀之间差异不显著。

2.2 施氮对草坪草地上生物量的影响 草坪草地上生物量的动态变化规律与生长速率基本一致。地上部分的累积生长量在 1 222.00 和2 961.54 g · m⁻²之间变化,在 N₂₅₀处理下达到峰值2 961.54 g · m⁻²,当达到最高施肥量 N₃₅₀时,累积生长量减少为 2 189.15 g · m⁻²。各处理累积地上生物量均显著高于对照($P<0.05$),且 N₁₀₀、N₁₅₀、N₂₅₀和 N₃₅₀累积地上生物量分别是对照的 1.3、1.7、2.4和 1.8 倍(表 3)。

2.3 施氮对草坪草叶绿素含量的影响 整个生长期各处理叶绿素含量呈现先上升后下降的趋势。5 月 1 日前,叶绿素含量随着施氮量的增加而增加,CK、N₁₀₀、N₁₅₀均与 N₂₅₀、N₃₅₀差异显著($P<0.05$)。5 月 1 日后,叶绿素含量在 0~250 kg · hm⁻²范围内随施氮量的增加而增加,当施氮量超过 350 kg · hm⁻²时开始下降。6 月 1 日,各处理叶绿素含量均到达峰

值,且 N₂₅₀处理叶绿素含量出现最高值 4.03 mg · g⁻¹,比 CK、N₁₀₀、N₁₅₀和 N₃₅₀分别高 0.81、0.50、0.33 和 0.19 mg · g⁻¹。这可能是由于尿素养前期的肥效适应和累积使其产生了显著的变化。

2.4 施氮对不同土层土壤硝态氮残留的影响 各处理土壤残留硝态氮主要分布在根系层,根下层硝态氮残留量较低,仅为根系层硝态氮残留量的一半。施氮量越高,根系层和根下层土壤中硝态氮的残留量也越高。CK、N₁₀₀和 N₁₅₀处理下土壤硝态氮剖面分布相似,且同一土层土壤硝态氮残留量差异不显著,N₂₅₀、N₃₅₀处理根系层硝态氮残留量显著高于 CK、N₁₀₀与 N₁₅₀处理($P<0.05$)。4—8 月,N₂₅₀处理下根下层土壤中硝态氮残留量分别比对照增加了 7.70%、18.55%、25.44%、34.74%和 19.71%;N₃₅₀处理下根下层土壤中硝态氮残留量分别比对照增加了 10.11%、21.09%、33.01%、51.65%和 44.39%;黑麦草生长的不同时期土壤硝态氮的残留量不同土壤中硝态氮残留量为 6 月份最少,8 月份最高(图 2)。

表 3 不同施氮处理下草坪草的地上生物量

Table 3 Effects of different nitrogen tredtmnts on lawn's aboveground biomass

g · m⁻²

处理 Treatment	日期 Date/mm-dd					总生物量
	03-16—04-16	04-17—05-16	05-17—06-16	06-17—07-16	07-17—08-16	Total biomass
CK	231.08c	67.69d	311.54d	267.08d	144.62d	1 222.00d
N ₁₀₀	257.39bc	319.69c	387.62c	327.08c	210.69c	1 620.69c
N ₁₅₀	291.54b	370.23b	461.08bc	391.31b	274.31b	2 110.08b
N ₂₅₀	345.46a	426.23a	538.69a	493.77a	385.00a	2 961.54a
N ₃₅₀	354.31a	420.00a	481.69b	410.23b	274.00b	2 189.15b

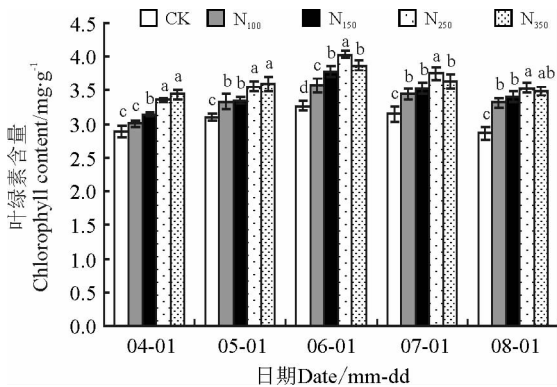


图1 不同施氮水平下草坪草叶绿素含量

Fig. 1 Effects of different concentration of nitrogen treatments on lawn's chlorophyll content

注:不同小写字母表示相同日期不同施肥处理下差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lower case letters indicate significant difference among different fertilization treatment at 0.05 level. The same below.

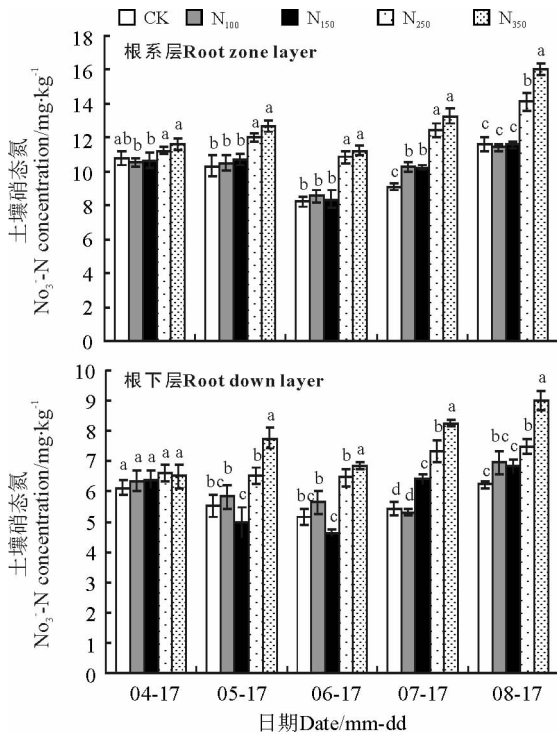


图2 不同施氮水平下土壤中硝态氮的残留量

Fig. 2 Effects of different concentration of nitrogen treatments on nitrate residue in soil

3 讨论

3.1 施氮对草坪草生长的影响 从草坪草的生长量来看,CK 显著低于施氮处理,说明适量施氮能够明显促进草坪草生长。这与韩建国等^[14]通过盆

栽试验得出的结论一致,施氮肥能够明显增加草坪的生长量。本试验得出,并不是施氮量越大草坪长得越好,在 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 施氮水平下黑麦草生长最佳。氮肥作为草坪植物需求的大量元素,合理的氮素释放速率可以供给草坪正常生长所需的养分,氮素释放不足或超过范围都会导致茎叶的净光合速率、呼吸速率以及其他生理反应相应降低,从而影响地上生物量^[15],这与 Beard^[16]的研究结论相同。第2次施肥后 N_{350} 处理生长速度开始下降,但 N_{250} 与 N_{350} 处理之间无显著差异。后3次施肥 N_{350} 处理下草坪草生长速率下降明显, N_{250} 与 N_{350} 处理之间差异显著 ($P < 0.05$)。这与张鹤山等^[17]在不同施氮浓度、不同施氮频率下对冷季型混播草坪草的研究结果一致。说明高浓度的氮肥使草坪生长速度降低,随着施肥次数的增加减缓草坪生长的作用增强。7—8月,各处理生长速率下降,可能由于夏季高温,各处理生长势遭到影响,特别是施肥量高的 N_{350} 处理和施肥量低的 N_{100} 处理,严重时期出现根腐现象。 N_{250} 处长势优于其它处理,CK 长势则一直很弱。

3.2 施氮对草坪草叶绿素含量的影响 本试验表明,在施氮量 $0 \sim 250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围内,叶绿素含量随施氮量的增加而增加,达到 $350 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,叶绿素含量反而下降。钱永生等^[18]对沟叶结缕草 (*Zoysia matrella*) 的研究表明,浓度 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的尿素组成效果最显著,叶绿素含量变化最大,草坪草色泽鲜绿,而浓度达到 375 和 $450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,叶绿素含量减少,草坪草观赏质量下降。本试验中草坪草叶绿素含量为 N_{250} 处理 $> N_{350}$ 处理 $> N_{150}$ 处理 $> N_{100}$ 处理 $> \text{CK}$, 趋势与之相似。说明施氮可以显著提高草坪草叶绿素含量,在一定氮肥施量范围内,叶绿素含量随着施氮量的增加而增加,但超过该阈值,氮肥的效应就会减弱,从而影响草坪的观赏价值。这可能是由于氮缺乏或者过量导致同化力合成、酶含量和酶活性的下降,并进一步导致植物叶面积降低和光合同化物的减少,从而影响了光合作用^[19]。

3.3 施氮对草坪草土壤中硝态氮残留量的影响 研究发现,各时期同一施氮水平下根系层土壤中硝态氮的残留量明显高于根下层,约是根下层土壤中硝态氮残留量的两倍。在一年生黑麦草 (*Lolium muctiflorum*) 生长的各个时期,同一施氮量水平下硝态氮在表层土壤 ($0 \sim 20 \text{ cm}$) 中含量最高,随

土层深度增加而减少^[20]。本试验结果与其相符,这主要是因为氮肥随着水分的下渗进入不同的土层,在根系层达到最大累积量。另外,也可能是因为根系层的微生物活动及相关酶活性比较强,利于氮素的积累。本试验结果表明,在 $350 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 施氮水平时,根下层土壤中硝态氮的残留量达到最大值 $9.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。随着氮量增加,氮的淋溶损失也随之加大^[21]。在低氮条件下草坪草氮素吸收量是高氮条件下氮素吸收量的 6 倍^[22]。本试验结果与以上结论一致,说明氮肥施用量和土壤中硝态氮的残留量密切相关,施氮量越高草坪土壤中残留的硝态氮也越多。Enjelsjord 等^[23]对混播草地早熟禾、多年生黑麦草氮去向的研究表明,施氮量 $293 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,分 6 次施用,氮的回收率为 $70\% \sim 90\%$ 。本试验中施用 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,施氮量 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,分 5 次施用,土壤中残留的硝态氮和对照无明显变化,氮的回收率较高。说明在重施氮肥的情况下,氮肥总量超过了草坪吸收、草坪土壤固定和氨挥发损失的量,将会造成硝态氮在土壤剖面不同程度的淋溶和累积。Kevin 等^[24]研究了建植 25 年草坪中氮肥的施用对硝酸盐淋溶的影响,得出施氮量为 $245 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时淋溶液中的硝酸盐是可饮用水中允许硝酸盐含量的 2~3 倍,这有可能导致地下水污染。不同地区、不同气候条件下草坪草对氮素的吸收也有差异。章学梅等^[3]通过对草地早熟禾和高羊茅(*Festuca arundinacea*)混播草坪的尿素施肥试验发现,北京地区黄潮土条件下最佳施氮量是 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,在该水平下草坪草能迅速吸收氮素,促进尿素向氨态氮转化,减少氨态氮向硝态氮转化;施氮量为 $400 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,土壤中氮量低,一方面可能是因为高浓度氮肥导致地上部分过量生长而使土壤中的氮降低,另一方面是由于施氮量大,土壤溶液中硝态氮的浓度高,从而氮淋失较多,导致残留在土壤溶液中的氮少。扬州地区粘土条件下,多花黑麦草的吸氮量在 $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时最高,达到 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时吸氮量下降,而且不同施氮处理中 N_{300} 处理、 N_{100} 处理、CK 均比 N_{200} 处理硝态氮下渗显著增加^[25]。本研究表明,东北地区棕壤土条件下,施氮量超过 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时多年生黑麦草土壤中硝态氮残留量均比施氮量为 100 、 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时显著增加,在施氮量为 $350 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时达到最大值。6 月份根下层土壤硝

态氮残留量最低,主要是由于多年生黑麦草生长量大,吸收氮素多;8 月份根下层土壤硝态氮残留量最高,可能是草坪生长因高温胁迫而受抑制,导致其对养分的需求量降低。因此,建议草坪实际施肥中,在合理的施氮范围内 6 月份可多施肥,8 月份少施或尽量不施,以避免氮肥的损失和潜在的危险性。

4 结论

施氮量为 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,草坪草能迅速吸收氮素,促进生长。施氮量超过 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,则超过了多年生黑麦草的最大吸氮量,造成根下层土壤硝态氮的淋溶和累积。施氮量达 $350 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,不但不能促进草坪生长,反而增大了硝酸盐的淋溶损失。因此,东北地区棕壤土条件下建议草坪草施氮量为 $250 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

参考文献

- [1] 边秀举,胡林.不同氮钾用量对多年生黑麦草草坪的影响[J].草业学报,2000,9(1):55-59.
- [2] 李文庆,徐保民,冯永军,等.氮肥对黑麦草生长及其内部组分的影响[J].地球科学进展,2003,25(1):27-32.
- [3] 章学梅,邹妍,韩烈保,等.不同尿素施肥水平对北方混播草坪土壤中各形态氮的影响[J].中国农学通报,2009,25(2):128-132.
- [4] Carrow R N, Waddington D V, Rieke P E. Turfgrass soil fertility and chemical problems[J]. Journal of Environmental Quality, 2001, 6: 9-11.
- [5] 韩建国,刘帅.施肥对草地早熟禾草坪质量及土壤中硝态氮动态的影响[J].草业学报,2004,13(6):50-59.
- [6] Decau M L, Simon J C, Jacquet A K. Nitrate leaching under grassland as affected by mineral nitrogen fertilization and cattle urine[J]. Journal of Environmental Quality, 2004, 2: 637-644.
- [7] Barton L, Colmer T D. Irrigation and fertilizer strategies for minimising nitrogen leaching from turf grass[J]. Agricultural Water Management, 2006, 10: 160-175.
- [8] 田福平,武高林,杨志强,等.4 种土壤改良剂对多年生黑麦草的生长特性影响研究[J].草业科学,2006,23(11):28-34.
- [9] Chaney K C. Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrate nitrogen content after harvesting winter wheat[J]. Agricultural Science, 1990, 114: 171-176.
- [10] Canaway P W. The response of renovated turf of *Lolium perenne* to fertilizer nitrogen[J]. Journal of The Sports Turf Research Institute, 1985, 6: 92-99.

- [11] 蒋德安,朱诚. 植物生理学实验指导[M]. 成都:成都科技大学出版社,1999:22-23.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000:39-42.
- [13] 成文竞,崔建宇,闵凡华,等. 三种草坪草的根系分布特征及其对土壤养分的影响[J]. 草业学报,2009,18(1):179-183.
- [14] 韩建国,刘玉杰,陈会敏. 施肥对草地早熟禾草坪质量、剪草量及蒸散量的影响[J]. 中国草地,2003,10(7):32-37.
- [15] 彭琴,董云社,齐玉春. 氮输入对陆地生态系统碳循环关键过程的影响[J]. 地球科学进展,2008,23(8):874-883.
- [16] Beard J B. Turf grass: Science and culture[M]. Prentice-Hall Englewood Cliffs,1995:227-260.
- [17] 张鹤山,刘晓静,张德罡,等. 氮肥对冷季型混播草坪返青期生长特性的影响[J]. 草原与草坪,2006(2):19-23.
- [18] 钱永生,朱江敏,吴剑丙,等. 施肥对沟叶结缕草生长及生理特性的影响[J]. 草业学报,2012,21(3):234-241.
- [19] 王琪,徐程扬. 氮磷对植物光合作用及碳分配的影响[J]. 山东林业科技,2005,5(8):59-62.
- [20] 刘高军,韩建国,魏臻武,等. 施氮对一年生黑麦草人工草地中硝态氮动态及氮素分配的影响[J]. 江苏农业科学,2010,18(2):19-23.
- [21] Synder G H, Burt E O, Davidson J M. Nitrogen leaching in Bermudagrass turf[J]. Turfgrass Society,1981,107:313-314.
- [22] Bowman D C, Paul J L, Davis W B, et al. Nitrate and ammonium uptake by nitrogen-deficient perennial ryegrass and kentucky bluegrass turf[J]. Horticulture Science,1989,114:421-426.
- [23] Engelsjord M E, Branham B E, Horgan B P. The fate of nitrogen ammonium sulfate applied to kentucky bluegrass and perennial ryegrass turf[J]. Crop Science,2004,44:1341-1347.
- [24] Kevin W F, Kevin M O, Crum J R. The fate of nitrogen applied to a mature Kentucky bluegrass turf[J]. Crop Science,2006,46:209-215.
- [25] 王小山,刘高军,魏臻武. 不同氮肥用量对多花黑麦草和小麦产量、效益的影响[J]. 江苏农业科学,2010,6(2):19-23.

Effects of different nitrogen application on turf growth of *Lolium perenne* and nitrate residue in soil

ZHANG Fei-fei¹, BAI Long², WANG Xiao-hong³, LIU Ying⁴

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Along with the planting area of lawn expanding in China, the environmental problem caused by fertilization has attracted much attention now. This study was aimed to analyze the effects of nitrogen application on growth of *Lolium perenne* and nitrate residue in soil. By pot experiment, nitrogen application took five levels (0, 100, 150, 250 and 350 kg · ha⁻¹ · a⁻¹). After fertilization, the growth rate, aboveground biomass, chlorophyll content of *L. perenne* and nitrate residue in soil were analyzed. The results indicated that, within the range of 0 ~ 250 kg · ha⁻¹ · a⁻¹ nitrogen application, growth rate, aboveground biomass and chlorophyll content of turf increased with the increasing of nitrogen level, while they all decreased when nitrogen level reached to 350 kg · ha⁻¹ · a⁻¹. Nitrate residue in root down layer soil was nearly half of that in root zone layer soil. Nitrate residue of different soil depth was not significantly different from the control(CK) when nitrogen application reached 150 kg · hm⁻² · a⁻¹, which just could satisfy the turf demand. Nitrate residue in soil increased when nitrogen application exceeded 250 kg · ha⁻¹ · a⁻¹, reaching to the highest value 9.01 mg · kg⁻¹ at the rate of 350 kg · ha⁻¹ · a⁻¹. Considering the ornamental value and environmental safety, the treatments of urea with concentration of 250 kg · ha⁻¹ · a⁻¹ was the best for Northeast area, while it would lead to nitrate leaching to form the potential danger of nitrogen pollution when nitrogen application exceeded 250 kg · ha⁻¹ · a⁻¹.

Key words: *Lolium perenne*; nitrogen application; growth rate; nitrate residue