

修剪条件下水分胁迫和磷处理对 草地早熟禾草坪质量的影响

李寿田^{1,2}, 钱剑林¹, 韩建国², 毛培胜²

(1. 苏州农业职业技术学院, 江苏 苏州 215008; 2. 中国农业大学 草地研究所, 北京 100097)

摘 要:通过温室水培,以草地早熟禾‘Midnight’(抗旱品种)和‘Brilliant’(不抗旱品种)为试材,研究了修剪条件下水分胁迫和磷处理对草地早熟禾草坪质量的影响。结果表明:无论水分胁迫与否,随着外源磷加入量的增加,草地早熟禾草坪的颜色质量、一致性和分蘖数均显著增加。水分胁迫使同等磷处理草坪颜色质量、一致性和分蘖数下降,抗旱品种‘Midnight’在水分胁迫下的颜色质量、一致性和分蘖数高于不抗旱品种‘Brilliant’。

关键词:草地早熟禾;水分胁迫;磷;草坪质量

中图分类号:S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)18-0056-05

我国是世界上最干旱的国家之一,干旱和半干旱面积占国土面积的 50% 以上,特别是我国的北方地区,水资源严重匮乏^[1-2]。草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)作为我国北方地区的当家草种,得到了大面积的应用^[3]。但在干旱和半干旱地区建植草坪,由于受气候干旱和蒸发强烈等因素影响,导致草坪需水量大,造成了“草坪好看不好养”和“草坪费水”等问题,制约了草坪在我国北方地区的进一步发展。磷作为植物大量元素之一,在植物生命活动中起着关键作用,但由于磷是土壤中有效性最低的元素之一,施入土壤中的磷当季利用率只有 15% 左右,其余 80% 以上的磷被土壤固定而成为不能为植物吸收利用的无效态磷^[4],不仅造成磷肥资源的巨大浪费,而且也使之易通过侵蚀、淋洗等途径造成水体污染及富营养化^[5-6]。胡明芳等^[7]研究表明,施肥可以提高植物的水分利用效率,增强植物的抗旱性。而植物对养分的吸收、转移和分配受水分的影响^[8-9]。因此,提高草坪草对水分和养分的利用率,是节约水肥资源和防止环境污染的重要环节。增强草坪草适应性、减少水分消耗、减少

肥料使用,又不明显降低草坪质量是近年来草坪养护管理发展研究热点。现结合不同水分和养分处理,研究水分胁迫和磷对草地早熟禾草坪质量的影响,以期干旱和半干旱地区草坪水分利用和磷肥施用提供一些依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为草地早熟禾‘Midnight’(抗旱品种)和‘Brilliant’(不抗旱品种)^[10]。

1.2 试验方法

试验在中国农业大学科学园玻璃温室内进行。将厚约 3 cm 的 PVC 板制成直径 32 cm 的圆板,然后在圆板上均匀地挖出 8 个直径为 10 cm 的半圆(栽培槽),并在圆板中间挖 1 个直径为 0.5 cm 的小圆孔(用以通气硅胶管的通过),然后用胶水将 20 目的尼龙网粘在圆板的底部(用以固定植株,根系能通过)。将塑料薄膜铺在铁架床上,在上面铺上厚度为 5 cm 的水洗河砂,然后将圆板放在河砂上压紧。取‘Midnight’和‘Brilliant’种子各 100 粒,于 2 月 23 日均匀播种于栽培槽内,每个栽培槽随机播种 1 个品种,播种后覆盖 1 层约 0.3 cm 的河砂。浇自来水使砂子全部湿润,以后每天用去离子水进行喷雾(每天浇 4 遍),使砂子始终处于湿润状态。3 月 8 日出苗基本完成。出苗后,每天对幼苗进行喷雾以保持坪床湿润,并用 2.5 P 空调控制温室内的温度,每天从 8:00~20:00 温室内温度控制在(24±2)℃,从晚上 20:00 到第 2 天早晨 8:00 温度控制在(18±2)℃。除温室内得到的自然光照外,每天补充照明 3 h(从 17:00~20:00),光照强度为 4 000 lx。至 4 月 2 日,先用自来水将砂子浸湿,然后将 PVC 板缓缓拿起,放到自来水中将根系上的

第一作者简介:李寿田(1973-),男,安徽六安人,博士,副教授,现主要从事草坪养分管理等研究工作。E-mail:shtli@szai.edu.cn.

责任作者:毛培胜(1970-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事牧草与草坪草种子生产技术等研究工作。E-mail:maops@cau.edu.cn.

基金项目:江苏省“青蓝工程”资助项目;江苏省“十一五”科技支撑计划资助项目(BE2008406);北京市教育委员会共建科研资助项目(XK100190552;JD100190531);北京市自然科学基金重点资助项目(6001001)。

收稿日期:2013-05-17

砂子清洗干净,直接放在装有 20 L 0.25 倍 Hoagland 营养液的塑料桶中进行培养。用洗净的蛭石均匀撒在纱网上部,将幼苗根系遮盖住(防止营养液见光后生长绿藻),对营养液进行不间断通气。1 周后(4 月 9 日)更换 1 次 0.25 倍 Hoagland 营养液;培养 1 周后(4 月 16 日),将营养液换成 0.5 倍 Hoagland 营养液;再培养 1 周后(4 月 23 日),更换 1 次 0.5 倍 Hoagland 营养液,并对草坪进行修剪,修剪高度 5 cm;1 周后(4 月 30 日)再将营养液更换成 1 倍 Hoagland 营养液,并对草坪进行修剪。在培养期间,营养液中的磷由磷酸二氢钾配制提供,浓度为 0.31 mg/L(多出来的 K^+ 由 KCl 进行补充)。

培养 2 周后(每周更换 1 次 1 倍 Hoagland 营养液),于 5 月 14 日开始进行磷和水分胁迫处理。水分处理分为无水分胁迫(S1)、-0.3 MPa 胁迫处理(S2)和 -0.6 MPa 胁迫处理(S3)(胁迫处理溶液由 PEG-6000 配制)。磷处理分为 0.31 mg/L P(P1)(作为无磷处理)、3.10 mg/L P(P2)和 6.20 mg/L P(P3)3 个水平。营养液中的磷由磷酸二氢钾配制(由于配制不同磷浓度而带入的 K^+ 由 KCl 进行补充,使 K^+ 浓度保持一致)。将配制好的营养液加入到 20 L 的塑料桶中,然后将种植有草地早熟禾植株的 PVC 板放在桶上,进行培养。每处理 4 次重复,共 36 桶。处理当天对草坪质量进行评价,以后每 3 d 对草坪质量进行评价。每隔 6 d 修剪 1 次,修剪高度保持在 5 cm,每次修剪后立即更换营养液。共处理 24 d,24 d 后对植株进行取样。

1.3 项目测定

草坪外观质量评价按照美国国家草坪评比项目(NTEP, The National Turfgrass Evaluation Program)9 分制评分标准进行,每 3 d 对草坪颜色、一致性评价 1 次,并调查草坪分蘖情况,颜色和一致性是通过观测法来测定,密度是通过调查草坪分蘖数进行(表 1)。

表 1 草坪外观质量评价等级

Table 1 Evaluation grade of turf quality

指标 Item	等级要求 Grade requirement	评分 Score/分	评价 Evaluation
颜色 Color	枯黄或休眠的草坪	<1	最差
	较多的枯叶,少量绿色	1~3	较差
	较多的绿色,少量枯叶	3~5	尚可
	浅绿到较深的绿色	5~7	良好
一致性 Uniformity	常绿到墨绿	7~9	最好
	50%以上斑秃	1	最差
	色泽一致、生长高度整齐、密度均匀、完全由同一种草坪草组成,不含杂草,质地均匀	9	最好

1.4 数据分析

所有数据均采用 SAS 9.2 软件进行 $LSD_{0.05}$ 方差分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫和磷对草坪颜色质量的影响

从图 1 可以看出,在 P1 处理条件下,随着处理时间的延长,‘Midnight’和‘Brilliant’2 个品种 P1S1、P1S2、P1S3 处理草坪颜色质量均显著下降,分别由 5 月 14 日的 6.86、7.18、7.04 和 7.13、6.98、7.00 下降到 6 月 7 日的 5.16、4.80、2.41 和 4.11、3.71、2.00,分别下降了 24.86%、33.10%、65.84%和 42.42%、46.91%、70.32%。在 P2 处理条件下,P2S1 在整个处理期间颜色质量变化不大,只是从 5 月 14 日的 7.23 和 7.00 增加到 6 月 7 日的 7.80 和 7.80,分别增加了 7.03%和 11.43%,而 P2S2、P2S3 处理则随着处理时间的延长,草坪颜色出现了显著下降,分别由 5 月 14 日的 7.39、6.68 和 7.00、6.98 下降到 6 月 7 日的 6.31、4.06 和 5.07、2.73,分别下降了 14.64%、39.29%和 27.13%、60.88%。在 P3 处理条件下,P3S1 在整个处理期间颜色质量变化不明显,只是从 5 月 14 日的 7.23 和 7.00 增加到 6 月 7 日的 7.80 和 7.80,分别增加了 11.45%和 12.04%,而 P2S2、P2S3 处理则随着处理时间的延长,草坪颜色出现了显著下降,分别由 5 月 14 日的 7.11、6.79 和 6.98、6.86 下降到 6 月 7 日的 6.49、4.39 和 5.78、2.93,分别下降了 8.70%、33.42%和 17.20%、57.29%。

另外,在无水分胁迫条件下,随着处理时间的延长,P2S1 和 P3S1 处理草坪颜色质量均显著高于其它处理,而 P1S1 处理草坪颜色质量则出现显著下降,相对于 P1S1 处理,在处理末期(6 月 7 日),2 个品种 P2S1 和 P3S1 处理颜色质量分别增加了 51.27%、58.06%和 89.95%、91.17%。而在 S2 水分胁迫条件下,随着处理时间的延长,抗旱品种‘Midnight’的 P1 处理草坪颜色质量显著低于 P2S2 和 P3S2 处理,而 P2S2 和 P3S2 之间则差异不大,在处理末期,相对于 P1S2 处理,P2S2 和 P3S2 处理草坪颜色质量分别增加了 31.38%和 35.29%。不抗旱品种‘Brilliant’的颜色质量随着处理时间延长,不同处理均出现显著下降,并且表现为 $P1 < P2 < P3$,在处理末期,P2S2 和 P3S2 处理草坪颜色质量分别增加了 36.76%和 55.82%。在 S3 处理条件下,‘Midnight’品种在处理 3 d 后,草坪颜色均出现显著下降,随着处理时间的延长,草坪颜色质量均表现为 $P1 < P2 < P3$,相对于 P1S3 处理,P2S3 和 P3S3 处理草坪颜色质量分别增加了 68.57%和 82.34%,而‘Brilliant’品种 P1S3 处理草坪颜色显著低于其它处理草坪颜色,P2S3 在处理前期显著低于 P3S3 处理而显著高于 P1S3 处理,但在处理后期,P2S3 和 P3S3 之间则无显著差异,相对于 P1S3,P2S3 和 P3S3 处理草坪颜色质量分别增加了 36.56%和 46.56%。

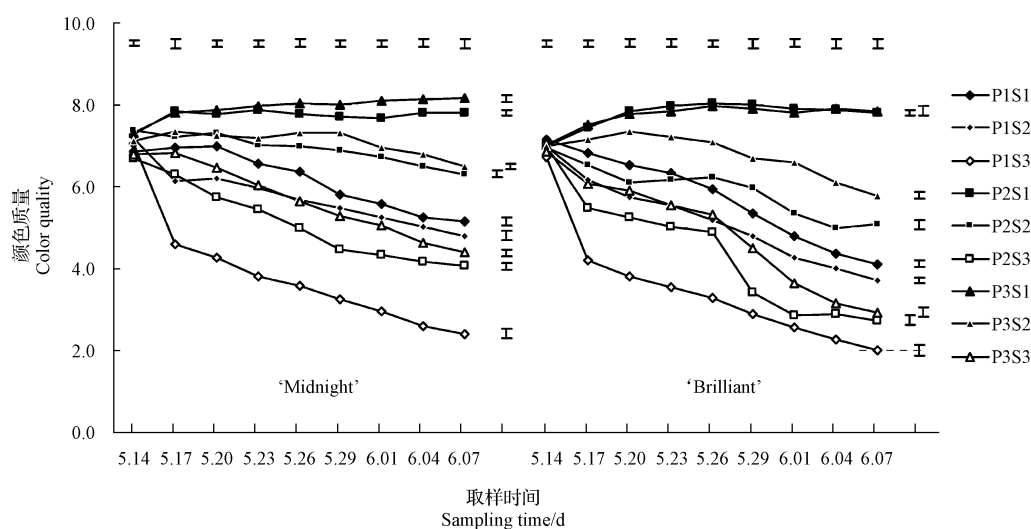


图1 水分胁迫和磷对‘Midnight’和‘Brilliant’草坪颜色的影响

注:误差线表示 $LSD_{0.05}$,下同。

Fig. 1 Influences of water stress and phosphorus on color quality of ‘Midnight’ and ‘Brilliant’

Note: Error bars represent $LSD_{0.05}$, the same below.

2.2 水分胁迫和磷对草坪一致性质量的影响

从图2可以看出,在处理前期,不同处理‘Midnight’和‘Brilliant’2个品种草坪一致性质量差异并不大,一致性质量均在7.78~7.47之间;而随着处理时间的延长,不同处理一致性质量出现了显著变化。在P1处理条件下,随着处理时间的延长,2个品种P1S1、P1S2、P1S3处理草坪一致性质量均出现显著下降,分别由5月14日的7.70、7.47、7.66和7.76、7.79、7.73下降到6月7日的5.50、4.64、3.16和5.24、3.71、2.38,分别下降了28.57%、37.91%、58.73%和32.53%、52.33%、69.28%。在P2处理条件下,‘Midnight’品种P2S1、P2S2在整个处理期间一致性质量变化较小,其中,P2S1处理只是从5月14日的7.72显著增加到6月7日的8.23,增加了6.56%,P2S2处理从5月14日的7.75下降到6月7日的7.73,下降了0.32%,而P2S3处理则随着处理时间的延长,草坪一致性出现了显著下降,由5月14日的7.73下降到6月7日的4.19,下降了45.84%。‘Brilliant’品种P2S1处理,随着处理时间的延长,草坪一致性显著提高,一致性从5月14日的7.73增加到6月7日的8.21,增加了6.22%,而P2S2和P2S3处理则随着处理时间的延长,草坪一致性出现了显著下降,分别由5月14日的7.70和7.69下降到6月7日的5.27和3.31,分别下降了31.57%和56.91%。在P3处理条件下,随着处理时间的延长,‘Midnight’品种P3S1处理一致性质量显著提高,从5月14日的7.73显著增加到6月7日的8.21,增加了6.22%,而P3S2处理则变化不大,只是从5月14日的7.64下降到6月7日的7.59,下降了0.74%,P3S3

处理则随着处理时间的延长,草坪一致性出现了显著下降,由5月14日的7.63下降到6月7日的4.58,下降了42.34%。‘Brilliant’品种P3S1处理,随着处理时间的延长,草坪一致性从5月14日的7.76增加到6月7日的8.03,显著增加了3.46%,而P3S2和P3S3处理则随着处理时间的延长,草坪一致性出现了显著下降,分别由5月14日的7.79和7.79下降到6月7日的6.28和3.18,分别下降了19.42%和59.23%。

另外,在无水分胁迫条件下,随着处理时间的延长,P2S1和P3S1处理草坪一致性质量均显著高于其它处理,而P1S1处理草坪一致性质量则出现显著下降,相对于P1S1处理,在处理末期(6月7日),2个品种P2S1和P3S1处理一致性质量分别增加了49.5%、49.32%和56.80%、53.22%。而在S2水分胁迫条件下,随着处理时间的延长,抗旱品种‘Midnight’的P1S2处理草坪一致性质量显著低于P2S2和P3S2处理,而P2S2和P3S2之间则差异不大,在处理末期,相对于P1S2处理,P2S2和P3S2处理草坪一致性质量分别增加了66.58%和63.61%。不抗旱品种‘Brilliant’的一致性质量随着处理时间延长,不同处理均出现显著下降,并且表现为 $P1 < P2 < P3$,在处理末期,P2S2和P3S2处理草坪一致性质量分别增加了41.92%和69.02%。在S3处理条件下,随着处理时间的延长,草坪一致性质量均显著下降,P2S3处理和P3S3处理草坪一致性质量显著高于P1S3,相对于P1S3处理,2个品种P2S3和P3S3处理草坪一致性质量分别增加了32.41%和39.13%、39.47%和33.68%。

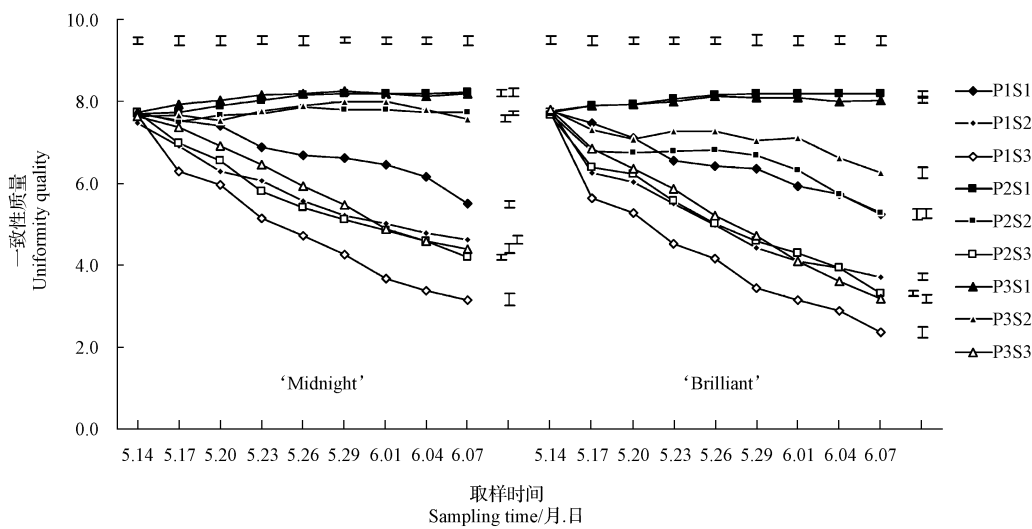


图2 水分胁迫和磷对‘Midnight’和‘Brilliant’草坪一致性的影响

Fig. 2 Influences of water stress and phosphorus on uniformity quality of ‘Midnight’ and ‘Brilliant’

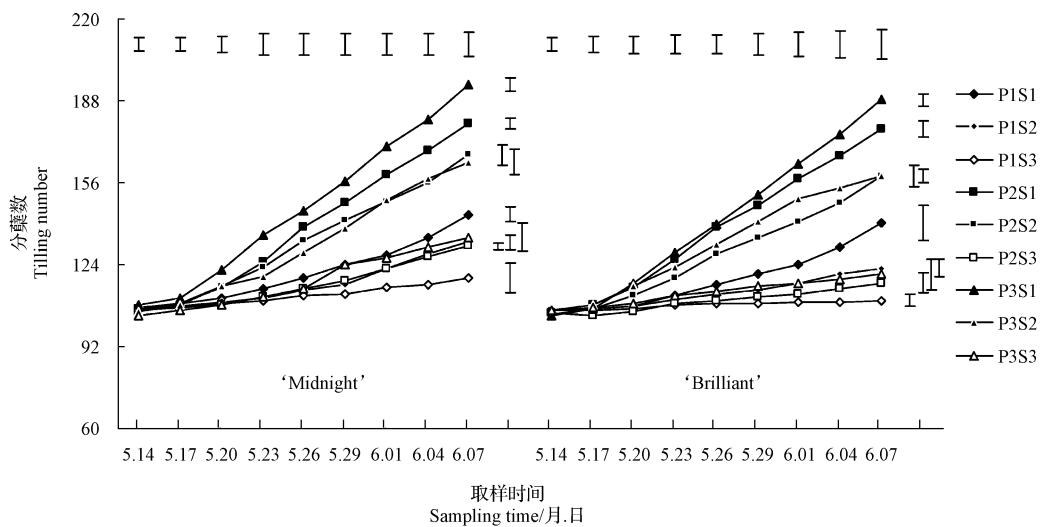


图3 水分胁迫和磷对‘Midnight’和‘Brilliant’分蘖数的影响

Fig. 3 Influences of water stress and phosphorus on tiller number of ‘Midnight’ and ‘Brilliant’

2.3 水分胁迫和磷对草坪分蘖能力的影响

由图3可以看出,随着处理时间的延长,2个品种不同处理分蘖数均增加,在处理6 d以后,P2S1、P3S1、P2S2和P3S2处理分蘖数增加显著高于其它处理,而在整个处理过程中,P1S3处理分蘖数变化最小,而分蘖数变化最大的为P3S1。

将最后一次测定的分蘖数与第1次测定的分蘖数进行对比可计算出的分蘖差异率,从表2可以看出,随着水分胁迫的加剧,不同磷处理分蘖差异率均显著下降,而在同一水分处理条件下,在S1处理时分蘖差异率表现为P1<P2<P3,而在S2和S3处理时,P2和P3处理均显著高于P1处理(‘Brilliant’品种在S3处理时P1

表2 水分胁迫和磷对草地早熟禾分蘖率的影响

Table 2 Influence of water stress and phosphorus on tillering difference of Kentucky Bluegrass

处理 Treatment	分蘖差异率 Difference of tiller/%	
	‘Midnight’	‘Brilliant’
P1S1	34.34±2.99 D	33.72±9.38 D
P1S2	23.91±2.75 E	15.72±1.98 E
P1S3	11.80±4.02 F	03.80±2.08 F
P2S1	69.85±3.53 B	66.87±7.38 B
P2S2	55.36±5.24 C	49.31±1.97 C
P2S3	23.08±2.60 D	11.04±2.39 FE
P3S1	79.57±3.98 A	81.57±4.24 A
P3S2	55.38±8.41 C	49.70±4.39 C
P3S3	29.42±6.30 DE	13.19±6.06 E

和 P2、P2 和 P3 处理之间差异不显著)。

3 讨论与结论

常红军等^[11]研究表明,随着渗透胁迫时间的延长和程度的加剧,草坪颜色质量和一致性均出现显著下降,草坪颜色质量的下降与渗透胁迫降低了植物叶片中叶绿素含量有关。磷的增加可有效提高草坪颜色质量和一致性,其原因可能是随着磷加入量的增加,草坪氮含量和吸收量增加。边秀举等^[12]研究指出,氮可明显改善草坪颜色,并使维持理想色泽的时间延长。另外,随着水分胁迫程度的加大,‘Midnight’和‘Brilliant’植株分蘖数下降,而随着磷浓度增加,植株分蘖数随之增加,也就是说,水分胁迫抑制了植物的分蘖,而加入磷可以促进植株的分蘖^[13],这可能与磷的加入促进氮的吸收有关,因为氮可明显促进草坪分蘖,增加草坪密度,提高草坪质量^[12,14]。2 个品种分蘖数的变化也不同,其中‘Midnight’在水分胁迫条件下的分蘖数要比‘Brilliant’高,特别是在高水分胁迫条件下差异更明显,这与 2 个品种对水分胁迫的抗性能力差异有关。

在水培修剪条件下,无论水分胁迫与否,随着外源磷加入量的增加,草地早熟禾草坪的颜色质量、一致性和分蘖数均显著增加。水分胁迫使同等磷处理草坪颜色质量、一致性和分蘖数下降,抗旱品种‘Midnight’在水分胁迫下的颜色质量、一致性和分蘖数要高于不抗旱品种‘Brilliant’。

参考文献

[1] 罗志成. 北方旱地农业研究的进展与思考[J]. 干旱地区农业研究,

1994(1):4-13.

[2] 康绍忠. 新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(1):11-17.

[3] 李晓光,张自和,刘艺彬. 30 个引种草坪草在北京地区的成坪质量评价与适应性研究[J]. 草业科学,2005,25(6):96-100.

[4] 王庆仁,李继运. 论合理施肥与土壤环境的可持续发展[J]. 环境科学进展,1999,7(2):116-123.

[5] Sui Y B, Thompson M L, Mize C W. Redistribution of biosolids-derived total P applied to a Mollisol [J]. J Environ Qual, 1999, 28: 1068-1074.

[6] Sharpley A N, Chapra S C, Wedepohl R, et al. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters [J]. J Environ Qual, 1994, 23: 437-451.

[7] 胡明芳,田长彦,马英杰. 不同水肥条件下棉花苗期的生长、养分吸收与水分利用状况[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(3):35-37.

[8] Huang B R. Water relation and root activities of *Buchloe dactyloides* and *Zoysia japonica* in response to localized soil drying [J]. Plant and Soil, 1999, 208(2):179-186.

[9] Zeng Q P, Brown P H. Soil potassium mobility and uptake by corn under different soil moisture regimes [J]. Plant and Soil, 2000, 221:121-144.

[10] 李寿田,韩建国,毛培胜. 26 个草地早熟禾品种苗期抗旱性综合评价[J]. 草业科学,2012,29(7):1114-1119.

[11] 常红军,秦毓茜. 干旱和盐胁迫对草地早熟禾草坪质量及其叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北植物学报,2008,28(9):1850-1855.

[12] 边秀举,胡林,李晓林,等. 不同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.

[13] 张志国. 草坪营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,2004.

[14] 郭和蓉,吴淑龙,卢小良,等. 氮形态对兰引 3 号结缕草 (*Zoysia japonica* cv. Lanyin No. 3) 生长及草坪质量的影响[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):59-64.

Effects of Water Stress and Phosphorus Treatment on Turf Quality of *Poa pratensis* L. Under Mowing Conditions

LI Shou-tian^{1,2}, QIAN Jian-lin¹, HAN Jian-guo², MAO Pei-sheng²

(1. Suzhou Polytechnic Institute of Agriculture, Jiangsu, Suzhou 215008; 2. Institute of Grassland, China Agricultural University, Beijing 100097)

Abstract: Through hydroponic greenhouse culture, taking *Poa pratensis* L. ‘Midnight’ (drought-resistant) and ‘Brilliant’ (not drought-resistant variety) as the test materials, the effects of water stress and phosphorus on the turf quality of *Poa pratensis* L. under hydroponic culture and mowing conditions were studied. The results showed that whether there was water stress or not, color quality, uniformity quality and tilling number were increased significantly with the increase of exogenous phosphorus addition. Color quality, uniformity quality and tilling number were decreased significantly by water stress at the same phosphorus treatment. Color quality, uniformity quality and tilling number of ‘Midnight’ was better than that of ‘Brilliant’ under water stress.

Key words: *Poa pratensis* L.; water stress; phosphorus; turf quality