

冯 宏, 戴 军, 吴家龙, 等. 水土保持植物类芦对氮磷钾养分水平的响应[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(2): 31-35.

水土保持植物类芦对氮磷钾养分水平的响应

冯 宏^{1,2}, 戴 军^{1,2}, 吴家龙¹, 郭彦彪^{1,2}

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 农业部华南耕地保育重点实验室, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】探索不同氮磷钾水平对类芦 *Neyraudia reynaudiana* 生长状况的影响.【方法】采用营养液砂培试验,对优良水土保持植物类芦在不同氮、磷和钾供应水平下的响应规律进行了研究.【结果和结论】0.750 mmol · L⁻¹ 的氮和 0.030 mmol · L⁻¹ 的钾会显著影响类芦生长,降低类芦地上部和地下部生物量;低磷(0.005 mmol · L⁻¹)对类芦地上部生物量无显著影响,但会显著降低地下部生物量;低磷和低钾(0.030 mmol · L⁻¹)对类芦生长的影响显著小于 0.750 mmol · L⁻¹ 氮水平的影响,在低磷和低钾条件下,类芦根系长度和根表面积显著增加,表现出对低磷和低钾胁迫较强的适应和自我调节能力.用类芦进行植被恢复时,氮素的补充更为重要.

关键词:水土保持植物; 类芦; 氮; 生物量; 根系
中图分类号:S158.3; X171.4; Q948.118 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)02-0031-05

Effects of nitrogen , phosphorus and potassium levels on the growth of *Neyraudia reynaudiana* of soil and water conservation plant

FENG Hong^{1,2}, DAI Jun^{1,2}, WU Jialong¹, GUO Yanbiao^{1,2}

(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 Key Laboratory of South China Farmland Conservation, Ministry of Agriculture , Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】To explore the effects of nitrogen , phosphorus and potassium levels on the growth of burmareed, *Neyraudia reynaudiana*.【Method】Nutrient solution-sand culture experiment was applied to study the response of burmareed which was a very excellent soil and water conservation plant at different nitrogen , phosphorus and potassium levels.【Result and conclusion】The results indicated that 0.750 mmol · L⁻¹ N and 0.030 mmol · L⁻¹ K significantly affected the burmareed growth and reduced the aboveground and underground biomass of burmareed. The concentration of 0.005 mmol · L⁻¹ P did not affect the aboveground biomass , but significantly reduced the underground biomass. The effect of 0.750 mmol · L⁻¹ N on the growth of burmareed was significantly stronger than that of 0.030 mmol · L⁻¹ P and 0.030 mmol · L⁻¹ K. In low P and K condition , burmareed could increase root length and surface area , which displayed its strong capacity of adapting and self-adjusting for low P and K stress. Supplement of nitrogen is very important for revegetation with burmareed.

Key words:soil and water conservation plant; *Neyraudia reynaudiana*; nitrogen; biomass; root

在水土流失严重的地区,由于地表植被覆盖度低,表层土壤流失,下层土壤甚至土壤母质裸露在外,土壤养分极度贫乏^[1].土壤结构差往往还伴随着干旱危害,在矿区等特殊区域还会有酸、重金属和盐害等其他逆境胁迫,这对水土保持先锋植物的抗逆能力提出了极大的挑战.养分缺乏必将影响植物的生长状况,进而影响植物的抗逆能力,充足的养分供应能够保证植物生长健壮,有利于增强其水土保持能力.提高其对逆境条件的抵抗能力,因此水土保持植物的耐贫瘠能力是抵抗其他逆境条件的基础,但

是水土保持先锋植物对养分胁迫的响应规律并没有得到广泛研究. 类芦 *Neyraudia reynaudiana* 是自然分布于我国华南地区的多年生草本植物, 具有很强的逆境生存能力^[2-3], 同时也具有较强的耐重金属能力^[4-5], 是高陡边坡^[6]、石质山地^[7] 和采石场植被绿化的首选草种^[8], 也是矿区的先锋植物^[9-11], 在水土流失地区和矿区植被恢复中具有极大的应用潜力. 类芦具有很强的耐贫瘠能力, 有关类芦对养分元素供应水平的响应规律研究较少, 这使得在制定土壤改良措施和评价土壤条件对类芦的适宜性时缺乏理论依据, 特别是在矿区植被恢复时由于土壤本身电导率比较高^[12], 盲目多施肥反而易导致土壤电导率上升, 产生渗透胁迫. 因此开展类芦这一华南地区自然分布的优良水土保持先锋植物对养分元素供应水平响应规律的研究具有重要的基础科学意义和理论指导意义.

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物: 类芦 *Neyraudia reynaudiana* 幼苗, 用

当年新采集的种子在洗净的河沙中进行育苗, 待幼苗长至 20 cm 左右时用于试验处理.

营养液: 以 1/2Hogland 营养液作为全营养液, 在此基础上, 根据试验设计调整氮、磷和钾的浓度, 先配制成母液, 再配制成工作浓度, 装入塑料桶中避光保存备用.

1.2 方法

试验共设 9 个处理, 以全营养液(S) 处理为对照(CK), 另分别设置中、低 2 个浓度营养液和中、低 2 个水平氮、磷、钾处理, 每个处理 3 次重复. 各处理营养液 N、P 和 K 元素含量见表 1. 上述处理营养液均用蒸馏水配制. 除中、低浓度营养液为全营养液稀释所得外, 其他中、低水平氮、磷和钾处理营养液都是仅调整全营养液中氮、磷和钾的浓度, 其他元素浓度与全营养液相同.

采用营养液砂培试验, 先将类芦幼苗从育苗细砂中轻轻挖出, 洗净根部细沙, 然后选择生长一致的类芦幼苗移栽到装有细砂的营养杯中, 先用全营养液预培养 1 周后再换用处理液进行处理, 放置在塑料大棚内, 每天根据水分损失情况补充水分, 每周更换 1 次处理液, 生长 3 个月收获, 测定各项指标.

表 1 各处理营养液中氮磷钾浓度¹⁾

Tab. 1 N, P and K contents in nutrient solution of each treatment									
c/(mmol · L ⁻¹)									
元素	全营 养液(S)	中浓度营 养液(MS)	低浓度营 养液(LS)	中水平氮 (MN)	低水平氮 (LN)	中水 平磷(MP)	低水 平磷(LP)	中水 平钾(MK)	低水 平钾(LK)
N	7.500	0.750	0.075	0.750	0.075	7.500	7.500	7.500	7.500
P	0.500	0.050	0.005	0.500	0.500	0.050	0.005	0.500	0.500
K	3.000	0.300	0.030	3.000	3.000	3.000	3.000	0.300	0.030

1)表中氮、磷、钾浓度均以元素 N、P、K 计.

类芦经不同营养液处理 3 个月后分别测定其分蘖数、株高、地上部和地下部生物量、根系特征, 其中根系特征用加拿大根系扫描软件 WinRHIZO 扫描分析. 采用 Excel2003 进行数据整理, 采用 DPS 数据处理系统进行方差分析, 多重比较采用 Duncan 新复极差法^[13].

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾水平对类芦分蘖能力和株高的影响

水土保持植物的分蘖能力对其水土保持作用的发挥非常重要. 从图 1 可以看出, 类芦分蘖数在 $\alpha = 0.05$ 水平上 LS、LN 和 LK 显著小于 S 处理, 可见, 氮和钾的供应不足会影响类芦的分蘖能力, 而 0.005 mmol · L⁻¹ 的低磷(LP) 对类芦的分蘖能力没有产生

显著的影响. 中水平磷处理(MP) 的类芦生长最高, 平均达到 97.5 cm, 显著高于 S、MS、LS、MN 和 LN 处理, 而 MP、LP、MK 和 LK 处理之间没有显著差异, LP、MK、LK 与 S 处理之间也没有显著差异, 表明在本试验条件下, 低磷(0.005 mmol · L⁻¹) 和低钾(0.030 mmol · L⁻¹) 对类芦植株高度并不会产生显著影响. 而 LS、MN 和 LN 处理则显著低于 S 处理, 且 MN 处理类芦株高显著低于 MS 处理, 由于 LP 和 LK 处理对类芦株高均没显著影响, 因此 MS、LS、MN 和 LN 处理应该均是由于氮水平较低而导致株高显著降低, 可见氮素供应对类芦植株高度的影响非常显著, 且单独的氮缺乏比营养液浓度的整体降低对类芦株高的影响更大, 这可能与养分元素之间的供应不平衡有关. 从本研究可以发现, 0.750 mmol · L⁻¹ 的氮(MN) 处理已显著影响类芦植株的高度.

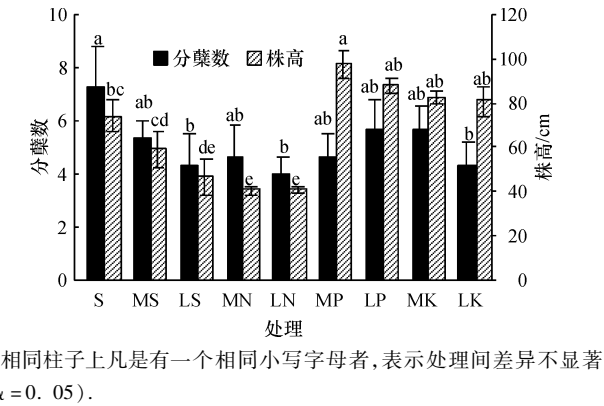


图1 不同养分条件下类芦分蘖数和株高比较
Fig. 1 The tiller number and plant height of *Neyraudia reynaudiana* at different N, P and K levels

2.2 不同氮磷钾水平对类芦地上部和地下部生物量的影响

图2的结果表明,类芦地上部生物量在不同养分条件下差异显著,0.050、0.005 mmol·L⁻¹磷处理和全营养液(S)处理生物量最高,且相互间无显著差异,表明试验条件下,低磷(0.005 mmol·L⁻¹)不会影响类芦地上部生物量的积累.但0.300和0.030 mmol·L⁻¹钾处理的地上部生物量则显著低于S、MP和LP处理,与S处理相比,地上部生物量分别下降了20%和30%,这表明低钾会显著影响类芦地上部生物量的积累.中、低浓度营养液(MS和LS)处理和中、低氮(MN和LN)处理的地上部生物量显著低于其他处理,其中0.750和0.075 mmol·L⁻¹氮处理生物量仅为S处理的20%左右,表明低至0.750 mmol·L⁻¹的氮供应水平对类芦地上部生物量的形成产生了严重抑制作用.总之类芦地上部生物量积累对氮素供应水平最敏感,对钾次之,而对低磷有较强的耐受性.

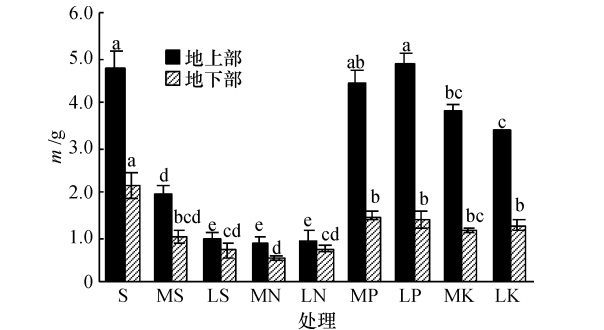


图2 不同养分条件下类芦生物量比较
Fig. 2 Biomass of *Neyraudia reynaudiana* at different N, P and K levels

从图2中可以看出,所有处理类芦地下生物量均显著低于S处理,说明营养液浓度及氮、磷、钾供应水平的降低均对类芦地下部生物量积累产生了显著

影响. MP和LP处理地下部生物量比S处理减少约30%,MK和LK处理比S处理减少约40%,而中、低氮(MN和LN)处理则比S处理减少约70%和65%,表明低至0.750 mmol·L⁻¹的氮供应严重影响到类芦地下部生物量的积累,低至0.050 mmol·L⁻¹的磷和0.300 mmol·L⁻¹的钾也能够显著减少类芦地下部生物量的积累,但影响程度却比0.750 mmol·L⁻¹氮素水平的影响要小.

2.3 不同氮磷钾水平对类芦根冠比的影响

从图3可以看出,中浓度营养液(MS)、不同磷水平(MP和LP)和不同钾水平(MK和LK)处理类芦根冠比与全营养液(S)对照处理无显著差异,而低浓度营养液(LS)和中、低氮(MN和LN)处理根冠比则显著高于对照.这主要是因为低浓度营养液(LS)和中、低氮(MN和LN)处理虽然均减少了地上部和地下部生物量,但对地下部生物量的影响更多;也有可能是类芦在低氮胁迫下优先进行根系的生长.

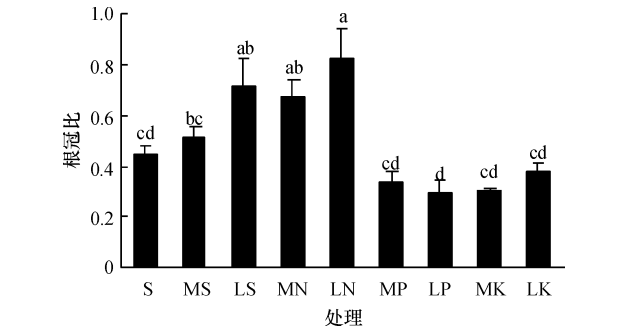
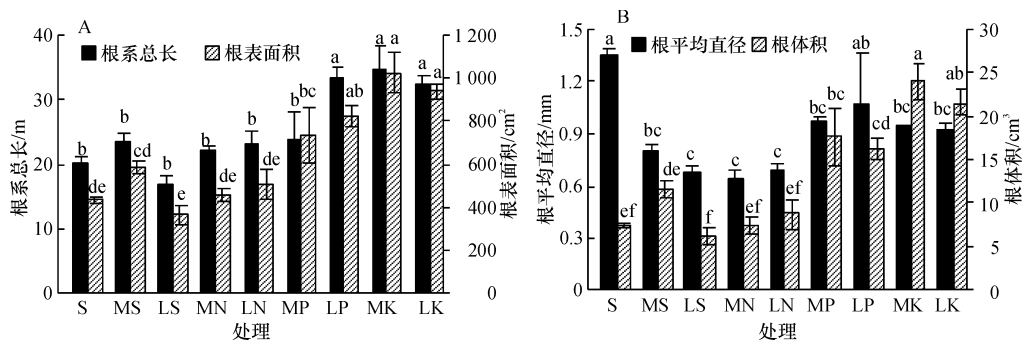


图3 不同养分条件下类芦根冠比的比较
Fig. 3 Root-shoot ratio of *Neyraudia reynaudiana* at different N, P and K levels

2.4 不同氮磷钾水平对类芦根系特征的影响

从图4A中可以看出,与对照处理相比,低磷(LP)处理和中、低钾(MK和LK)处理显著增加了类芦根系总长度,分别是全营养液(S)对照处理的164%、172%和161%,而其他处理根系总长度与S处理无显著差异.中、低磷(MP和LP)处理和中、低钾(MK和LK)处理根表面积显著大于S处理,分别为S处理的169%、190%、237%和217%,而其他处理根表面积与S处理无显著差异.

根系平均直径则表现为除低磷(LP)处理外,其他所有处理均显著小于S处理,低浓度营养液(LS)和中、低氮(MN、LN)处理显著小于低磷(LP)处理和S处理(图4B).观察各处理根系形态发现,各处理类芦的细根很少,主要以粗根为主,因此其平均直径较大.根系体积是根长和根直径的综合反应,中、低磷(MP和LP)和中、低钾(MK和LK)处理的类芦根系总体积显著高于S处理及中浓度营养液(MS)、中、低氮(MN和LN)处理.



各图中相同柱子上凡是有有一个相同小写字母者,表示处理间差异不显著(α=0.05).

图4 不同养分条件下类芦根系特征指标比较

Fig. 4 Root characteristics of *Neyraudia reynaudiana* at different N, P and K levels

综合分析不同养分条件下类芦根系特征可以发现,在本试验条件下,氮、磷和钾各养分供应浓度的降低均会使根系变细,且低磷钾供应条件有利于促进根系总长度和总表面积增加,从而增强其对水分和养分的吸收能力,而中、低浓度营养液处理(MS 和 LS)和中、低氮水平处理(MN 和 LN)在地下部生物量显著低于全营养液的情况下,通过减小根系直径、增加细根数量而增加其根系总长度和总表面积,达到了根长和根表面积与全营养液处理无显著差异的程度,说明类芦在受到低氮、磷和钾的胁迫时,根系都会趋向于长出更多的细根来适应养分的缺乏胁迫。

3 讨论与结论

对水土保持先锋植物来说,分蘖能力对植株的生长非常重要,一方面每个分蘖根都能长出自己的根系,从而提高植物对土壤养分的利用效率,同时植株借助分蘖形成大量的营养物质,促进植株个体的发育;另一方面分蘖有利于植株扩大营养面积,加强植株的占地能力^[14-15]。这不仅有利于植株快速成为优势种,而且能够加快其对地表的覆盖能力,减轻降雨对地表的击溅侵蚀和对土壤结构的破坏,而且还有助于地下部的发展,加强其对土壤的固持能力。类芦根部的分蘖能力很强,但逆境条件会导致其分蘖数减少^[16]。本研究发现 0.075 mmol · L⁻¹ 的低氮和 0.030 mmol · L⁻¹ 的低钾胁迫对类芦的分蘖能力有一定的影响,而 0.005 mmol · L⁻¹ 的低磷对类芦的分蘖没有显著影响,可见低磷胁迫并不是影响类芦分蘖能力的主要因素。

通过增加细根数量、增大根长和根表面积来适应逆境胁迫是大多数植物具备的能力,类芦根系在干旱胁迫时也表现出同样的反应^[17];磷高效玉米在低磷胁迫下,根长/根质量较高,促进细根的生长,从而获得较长的根系^[18];水稻在 0.018 5 mmol · L⁻¹ 的低磷胁迫下,地上部生物量受到抑制,而地下生物量则得到促进,侧根长度、表面积显著增大^[19];大豆对缺磷却相对敏感,在 0.024 mmol · L⁻¹ 的低磷条件下

其整株生物量会显著减少^[20];类芦具有较强的耐低磷能力^[21];玉米在 2.4 mmol · L⁻¹ 的钾水平下就表现出株高和地上部、地下部生物量的降低,但不同品种间影响大小差异较大^[22]。株高和生物量是考察水土保持植物对环境条件适应能力最常用的指标,本研究表明 0.75 mmol · L⁻¹ 的氮素供应水平会显著降低类芦株高和地上部、地下部生物量,但与中、低浓度营养液(MS 和 LS)处理相比,中、低氮处理(MN 和 LN)并没有因为除氮外的其他元素含量高而促进植物生长,反而地上部和地下部生物量略低于或与中、低浓度营养液(MS 和 LS)处理无显著差异,可见氮素供应水平对类芦生长的影响非常大,是植被恢复时最需要重视的营养元素之一。中、低磷(MP 和 LP)处理对类芦地上部生物量无显著影响,但地下部生物量、根系平均直径显著下降,而根系总长和总表面积却显著增大,说明在低磷条件下,类芦通过大量生长细根以及增加根系长和表面积来增加水分和养分吸收面积。类芦对低钾胁迫也具有一定的耐受能力,0.030 mmol · L⁻¹ 钾处理除了地上部生物量显著低于 0.005 mmol · L⁻¹ 的磷处理外,其他各项指标均不低于 0.005 mmol · L⁻¹ 磷处理。与 S 处理相比,0.300 和 0.030 mmol · L⁻¹ 低钾处理地上部和地下部生物量都有所下降,但显著高于中、低氮处理,且根体积、根系总长、根系总表面积均显著增加。

类芦在有机质几乎为 0,养分极其贫乏并极度缺水的陡峭石壁、废石堆和砂堆中都能够生长^[16, 23]。有报道指出土壤养分并不是先锋植物生长的限制因素^[24]。但是极度贫瘠的养分条件会显著影响植物的健壮程度,进而影响植物对重金属、酸铝及其他逆境胁迫的抵抗能力。有报道花岗岩、片麻岩和玄武岩发育的砖红壤在受表层影响较小的 100 cm 深处土壤溶液中钾浓度在 0.01 ~ 0.06 mmol · L⁻¹ 之间^[25],5 种母质发育的砖红壤在受表层影响较小的 200 cm 深处土壤溶液中硝态氮浓度大约在 0.4 ~ 1.4 mmol · L⁻¹ 之间^[26],土壤溶液中磷的浓度在 0.001 ~ 0.150 mmol · L⁻¹ 范围内^[27],小麦地施磷后表层土壤

中磷的浓度最高可达 $0.04\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$,而由于磷的移动性差,在底层土壤中则可低至 $0.002\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[28]. 这些研究中氮、磷和钾的最低浓度由于出现在受垂直迁移影响较小的深层^[25-26, 28],基本可以代表环境中氮、磷和钾较低的供应水平,与本研究设置的氮、磷、钾低水平基本相当,而本研究中低氮对类芦生长的影响要明显比低磷和低钾的影响严重,可见自然界中低氮对类芦生长的限制作用更大. 由于自然土壤中氮素主要来源于大气,主要通过生物固定获得,而磷和钾则主要来源于土壤矿物,因此在严重扰动的矿区土壤和严重水土流失区土壤中因表层流失严重而使得氮素的缺乏较磷和钾更加严重^[1, 12]. 有研究指出养分缺乏,尤其是氮素缺乏是矿区植被恢复最重要的限制因素^[29],但酸性金属矿区,由于土壤本身电导率很高,盲目施肥会导致电导率进一步升高而产生渗透胁迫^[12]. 因此在水土流失地区和矿区进行植被恢复时氮素的补充非常重要,而适当减轻磷钾的养分补充方案更有利于矿区高电导率土壤的植被恢复.

本研究得出以下结论:1)类芦对氮素供应水平比较敏感, $0.750\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的低氮胁迫已显著影响类芦生长;2)类芦对低磷和低钾均具有较强的适应能力,且能够通过增加根系长和根表面积来增加养分吸收面积,适应低磷和低钾环境;3)氮缺乏对类芦生长的抑制作用较低磷和低钾更严重.

参考文献:

[1] 冯宏,郭彦彪,韦翔华,等. 赤红壤丘陵坡地不同侵蚀部位土壤养分和微生物特征变异性研究[J]. 水土保持学报,2008,22(6):149-152.

[2] 郑本暖,叶功富,卢昌义. 干旱胁迫对4种植物蒸腾特性的影响[J]. 亚热带植物科学,2007,36(1):36-38.

[3] 潘伟彬,邓恢. 4种草本水土保持植物的耐旱生理特性[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2009,30(3):305-308.

[4] 戴文娇,宁平,刘晓海,等. 类芦对铅的耐性及富集能力探讨[J]. 环境工程学报,2008,2(7):1004-1008.

[5] 冯宏,戴军,李永涛,等. 重金属和pH值对类芦种子萌发的影响[J]. 水土保持通报,2010,30(6):96-99.

[6] 王伟,孙发政,刘荣堂. 类芦对重建边坡防护植被的贡献[J]. 草原与草坪,2006(4):49-51.

[7] 袁剑刚,周先叶,陈彦,等. 采石场悬崖生态系统自然演替初期土壤和植被特征[J]. 生态学报,2005,25(6):1517-1522.

[8] 林武星,陈东华,倪志荣,等. 闽南沿海石矿区植物配置模式对水土保持的影响[J]. 防护林科技,2006(4):1-3.

[9] 陆海波,刘方,朱健,等. 煤矿石堆场自然植被优势植物根际有效态重金属含量[J]. 生态学杂志,2012,31(12):3207-3212.

[10] 秦建桥,夏北成,胡萌,等. 广东大宝山矿区尾矿库植被演替分析[J]. 农业环境科学学报,2009,28(10):2085-

2091.

[11] 刘惠娜,杨期和,杨和生,等. 粤东铅锌尾矿三种优势植物对重金属的吸收和富集特性研究[J]. 广西植物,2012,32(6):743-749.

[12] 郭彦彪,冯宏,周波,等. 广东大宝山矿区废石场土壤酸化特征分析[J]. 水土保持学报,2013,27(6):46-50.

[13] 唐启义. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2010:74-97.

[14] 郭孝,陈二秋. 中原地区多年生禾草物候期特点与分蘖动态的研究[J]. 草业科学,2002,19(6):35-38.

[15] 殷国梅,刘德福. 沙生冰草分蘖特性的初探[J]. 中国草地,2004,26(3):75-77.

[16] 林夏馨. 类芦生长和抗逆特性的分析探讨[J]. 亚热带水土保持,2006,18(1):48-51.

[17] 蔡丽平,吴鹏飞,侯晓龙,等. 类芦根系对不同强度干旱胁迫的形态学响应[J]. 中国农学通报,2012,28(28):44-48.

[18] 米国华,邢建平,陈范骏,等. 玉米苗期根系生长与耐低磷的关系[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(5):468-472.

[19] 李海波,夏铭,吴平. 低磷胁迫对水稻苗期侧根生长及养分吸收的影响[J]. 植物学报,2001,43(11):1154-1160.

[20] 万延慧,年海,严小龙. 大豆种质耐低磷与耐铝毒部分指标及其相互关系的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):199-204.

[21] 蔡丽平,吴鹏飞,侯晓龙,等. 磷胁迫对水土保持先锋植物类芦光合特性的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(6):281-285.

[22] 安琼,王丽敏,张鹏,等. 不同钾浓度对玉米幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(5):115-119.

[23] 孙发政. 类芦的固土护坡性状及其生产应用价值[J]. 草原与草坪,2004(1):66-69.

[24] CONESA H M, ROBINSON B H, SCHULIN R, et al. Growth of *Lygeum spartum* in acid mine tailings: Response of plants developed from seedlings, rhizomes and at field conditions[J]. Environ Pollut, 2007, 145(3):700-707.

[25] 闫良,茶正早,罗微,等. 3种母质砖红壤中钾素垂直运移特征初步研究[J]. 热带作物学报,2012,33(10):1749-1757.

[26] 闫良,茶正早,罗微,等. 5种不同母质土壤上硝态氮垂直运移特征初步探讨[J]. 热带农业科学,2011,31(3):24-29.

[27] MATULA J. Relationship between phosphorus concentration in soil solution and phosphorus in shoots of barley[J]. Plant Soil Environ, 2011, 57(7):307-314.

[28] 杨建军,冉炜,沈其荣. 小麦生长季节太湖地区土壤溶液中氮磷浓度的变化[J]. 南京农业大学学报,2002,25(2):66-70.

[29] 张志权,束文圣,廖文波,等. 豆科植物与矿业废弃地植被恢复[J]. 生态学杂志,2002,21(2):47-52.

【责任编辑 周志红】