

文章编号:1003-8701(2014)04-0058-04

补播密度和施加根瘤菌对补播紫花苜蓿 早期建植的影响

刘桂霞¹, 刘晓云¹, 肖 猛¹, 李志强^{2*}

(1. 河北大学生命科学学院, 河北 保定 071002; 2. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100089)

摘 要: 补播豆科牧草, 可有效恢复草地植被和有效改善草地植物群落的营养成分。试验研究了施加、不施加根瘤菌和 3 个补播密度($0.75 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $1.50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)对退化天然草地补播紫花苜蓿中苜一号建植的影响。结果表明, 施加根瘤菌提高了中苜一号的出苗率和存活率, 显著提高了其株高、分枝数、叶面积、单株干重和有效根瘤数。补播密度只对株高和单位面积干重产生了显著影响, 存活率和单株干重在中等密度($1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)时最高。试验认为补播紫花苜蓿的最适补播密度为 $1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。建议在补播牧草恢复草地植被过程中, 接种适合当地环境的根瘤菌和选择最适补播密度, 以促进补播紫花苜蓿的成功建植和草地植被恢复。

关键词: 补播密度; 根瘤菌; 中苜一号; 种苗建植

中图分类号: S551+.9

文献标识码: A

Effects of Reseeding Rate and Rhizobia Application on Early Seedling Establishment of Reseeding *Medicago sativa*

LIU Gui-xia¹, LIU Xiao-yun¹, XIAO Meng¹, LI Zhi-qiang^{2*}

(1. College of Life Science, Hebei University, Baoding 071002;

2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China.)

Abstract: Reintroducing leguminous forage resulted in effective restoration of degraded grassland and improvement of nutritional composition of grassland community. The effects of two rhizobia applications and three seeding rates ($0.75 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $1.50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) on reseeded *Medicago sativa* Zhongmu no.1 were investigated in this study. The results indicated rhizobia application promoted seedling emergence percentage and survivorship, and improved the seedling height, tillers, leaf area, dry weight and active rhizobia per seedling significantly. However, seeding rate only affected seedling height and dry weight of per square meters significantly, and the largest seedling survivorship and dry weight of per seedling occurred in middle seeding rate ($1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). Our study suggested that $1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ was the suitable reseeded rate of Zhongmu no.1 to degraded grassland. In order to obtain successful seedling establishment of reseeded *Medicago sativa* to the grassland restoration, it is necessary to use the local adaptive rhizobia and choose the optimum seeding rate.

Keywords: Reseeding rate; Rhizobia; Zhongmu No.1; Seedling establishment

收稿日期: 2013-10-22

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题“中东部地区优质紫花苜蓿高效生产利用关键技术集成与产业化示范”(2011BAD17B04); 公益性行业(农业)科研专项“绿肥作物生产与利用技术集成研究及示范”(201103005)

作者简介: 刘桂霞(1971-), 女, 博士, 副教授, 主要从事草地生态、恢复生态学研究。

通讯作者: 李志强, 男, 博士, 副教授,

E-mail: lizhiqiang888@sina.com

近年来由于过度放牧和干旱等因素的影响, 草地退化、沙化严重, 草地生产力下降和物种多样性降低, 尤其是优良豆科牧草减少。研究表明经补播牧草尤其是补播豆科牧草, 可有效恢复草地植被, 提高草地牧草的粗蛋白质和粗脂肪钙等, 改善草地植物群落的营养成分含量, 从根本上恢复和改善草地植物群落的营养成分^[1-4]。

紫花苜蓿(*Medicago sativa* Linn)在我国已有

2000 多年的栽培历史,主要分布在东北、华北、西北地区,其适应性广,抗逆性强,具有耐寒、耐旱和耐盐碱的生态特性,因其产草量高、富含蛋白质、适口性好而被称为“牧草之王”,牛羊均喜食;对恢复退化草地植被、改善我国北方草原生态环境、治理盐碱土地以及防沙治沙具有重要意义^[5]。王玉海^[1]研究表明,补播紫花苜蓿和红豆草可以显著提高产草量和植被盖度,植被盖度提高 15%~25%,产草量提高 47%~95%。通常补播密度对种苗建植有重要的影响^[6-7],为了获得建植成功有些试验建议加大补播牧草种子密度^[8-9]。盆栽试验和人工草地中的试验表明,接种根瘤菌可以提高紫花苜蓿的根瘤数、分枝数和生物量^[10-11],而未见关于接种根瘤菌对补播紫花苜蓿建植的影响方面的报道。补播物种的早期建植是天然草地植被恢复非常关键的时期,因此如何提高补播苗的存活率和降低成本是至关重要的,本试验拟探讨根瘤菌和补播密度两个方面对补播紫花苜蓿建植的影响,旨在为退化天然草地的补播改良提供科学依据。

1 试验区自然概况

试验在山西省右玉县-山西农业大学雁门关天然草地中进行。右玉县地处黄土高原东北部,属晋西北黄土缓坡丘陵区,地势南高北低,平均海拔高度 1400 m,属温带大陆性季风气候区半干旱草原气候;年平均气温 3.68℃,最高气温 36.0℃,最低气温 -40.4℃,≥10℃积温 2217.2℃·d;年平均降雨量 430.9 mm,主要集中在 6~9 月,占全年降水量的 77.3%;年平均蒸发量 1743.5 mm,约为降水量的 4 倍;无霜期 104 d 左右,全年日照时数 2929.6 h,年平均风速 2.6 m/s。土壤类型主要是栗钙土和风沙土。

2 材料与方法

2.1 试验材料

中苜一号由中国农业大学提供,千粒重 1.99 g,室内发芽率 88%;根瘤菌分离和筛选来自山西右玉县种植的紫花苜蓿-中苜一号根瘤。

2.2 试验设计与方法

试验为二因素的完全随机区组设计,即施加根瘤菌剂和补播密度两因素,其中施加根瘤菌剂有 2 个水平:不施根瘤菌和施加根瘤菌(采用当地土壤与根瘤菌液混合进行种子拌种);补播密度有 3 个水平:低密度(0.75 g·m⁻²)、中密度(1.12 g·m⁻²)、高密度(1.50 g·m⁻²);共 6 个处理,每个处理

5 个重复,共 30 个小区,每小区面积为(2×2)m²,小区间隔离带宽 1 m。2009 年 7 月 23 日进行补播,补播前对草地土壤进行轻度翻耙(5~8 cm)并镇压;采用条播方式补播,行间距 30 cm,挖沟 5 cm,补播后覆土 2~3 cm,然后进行镇压。

在每一小区内随机取 (50×50)cm² 的样方作为观测样方,观测记录出苗数、存活动态。刚出苗的两周内,每 2 d 观测一次,紧接的两周内,一周观测一次,以后每两周观测一次,并记录生长季末存活数。生长季末(9 月 23 日),每处理分别随机选取 50 株单株测量株高、分枝数和有效根瘤数,选 5 株测量叶面积(采用透明方格法);每处理随机选取 10 株,茎叶分离,分别称量茎叶鲜重(总重是二者相加之和),105℃杀青 15 min 后放在干燥箱中 65℃下烘 24 h,至恒重,称量干重,计算茎叶比和单株干重。另外,在每小区分别取 0.25 m² 进行齐地面刈割,测地上生物量(干重),换算成 1 m² 的干重。

2.3 数据处理与统计分析

通过 SPSS13.0 对数据进行单因素或双因素方差分析(One-way or Two-way ANOVA);在满足方差齐性的情况下,再利用 Tukey 检验进行多重比较,确定各因子内部不同水平平均值之间的差异显著性。

3 结 果

3.1 根瘤菌和补播密度对中苜一号出苗率和存活率的影响

由表 1 方差分析可知,根瘤菌、补播密度以及根瘤菌×补播密度对中苜一号出苗率和存活率的影响不显著。出苗率和存活率对补播密度和根瘤菌呈现出了相同的趋势,总的来看,出苗率和存活率都较高,分别在 75%和 70%以上,施用菌剂的出苗率和存活率都高于未施菌剂处理的,从低密度到中密度分别提高了 3.7%、8.1%、4.5%和 3.3%、4.7%、5.5%;高密度(1.50 g·m⁻²)的出苗率和存活率较其他两种密度的略有下降,但其差异不显著(图 1(a)、(b))。

由图 1(a)可知,中苜一号随补播密度的增加出苗率均呈下降趋势,但降低得不显著。从图 1(b)可以看出,中苜一号存活率随补播密度的增加呈抛物线状,中苜一号存活率在中密度(1.12 g·m⁻²)时最高,高密度时存活率最低,但与其他处理差异均未达显著水平。说明适合的补播密度有助于中苜一号幼苗的成活。

3.2 施加根瘤菌和补播密度对中苜一号不同生长性状的影响

由表 1 方差分析可知，根瘤菌和补播密度的

互作对中苜一号植株所有生长性状影响都不显著，因此下面仅单独从根瘤菌和补播密度两因素对中苜一号植株生长进行分析。

表 1 施加根瘤菌和补播密度及二者的相互作用对中苜一号植株性状影响的两因素方差分析

变量	变异来源					
	根瘤菌		补播密度		根瘤菌 × 补播密度	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
株高	85.53	<0.001	6.02	0.003	2.74	0.066
分枝数	72.82	<0.001	1.32	0.266	0.32	0.729
茎叶比	0.634	0.434	2.29	0.123	0.23	0.794
叶面积	13.02	0.001	1.55	0.234	0.6	0.944
干重(单株)	24.01	<0.001	0.20	0.821	0.44	0.646
单株有效根瘤	7.65	0.006	1.99	0.138	0.08	0.920
出苗率	1.70	0.205	2.14	0.139	0.10	0.902
存活率	1.96	0.174	1.33	0.284	0.04	0.965
干重(1 m ²)	3.01	0.096	3.93	0.033	0.08	0.927

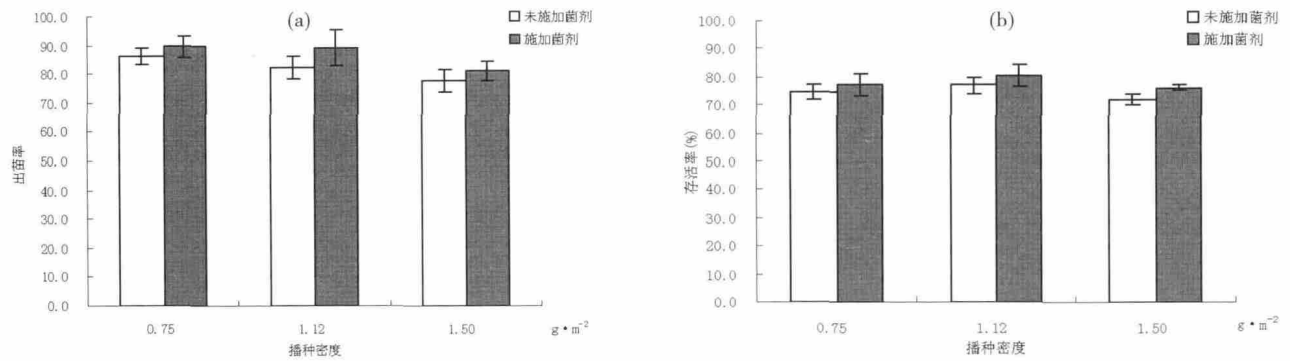


图 1 施加根瘤菌和补播密度对中苜一号出苗率和存活率的影响

3.2.1 根瘤菌对中苜一号不同生长表现的影响

根瘤菌对中苜一号种苗的株高、分枝数、叶面积、单株干重和有效瘤有显著影响,而对茎叶比和每平方米干重未产生显著影响(表 1)。由表 2 可知,施加根瘤菌显著提高了中苜一号的株高、分枝数、叶面积、单株干重、单株有效根瘤数等生长性状,株高较未施加根瘤菌提高了 13.1%,平均增加

了 2.3 cm;分枝数比未施菌剂提高了 12.5%,即每株种苗多增加了 1.1 个分枝;叶面积、单株干重和单株有效根瘤增加得更显著,分别比未施菌剂提高了 30.0%、37.9%和 21.5%,即单株叶面积增加了 44.6 cm²,单株干重增加了 0.11 g,单株有效根瘤增加了 2.3 个。根瘤菌对每平方米的生物量干重影响虽不显著,但与未施加根瘤菌剂相比也有

表 2 根瘤菌对中苜一号不同生长性状的影响

根瘤菌	株高(cm)	茎叶比	分枝数	叶面积(cm ² /株)	干重(g/株)	单株有效根瘤(个)
未施	17.6 ± 0.18b	0.77 ± 0.03a	8.8 ± 0.10b	148.6 ± 6.92b	0.29 ± 0.01b	10.7 ± 0.56b
施加	19.9 ± 0.18a	0.80 ± 0.02a	9.9 ± 0.10a	193.2 ± 10.01a	0.40 ± 0.02a	13.0 ± 0.58a

注 根据 Tukey 检验,不同的小写字母表示同一列不同处理(施加 / 未施加根瘤菌)存在显著差异(p<0.05)

一定的提高(每平方米提高了 32.9 g)。

3.2.2 补播密度对中苜一号不同生长表现的影响

从表 1 的方差分析可知,根瘤菌对中苜一号不同性状的影响不同,补播密度只是对株高和干

重(1 m²)产生显著影响,对种苗茎叶比、分枝数、叶面积、单株干重没有产生显著影响。

由表 3 可知,随着补播密度的增加株高和每平方米干重显著增加;叶面积和茎叶比随着补播

密度的增加而增加,单株叶面积相对增加得多一些,高密度分别比中密度和低密度增加了 10.1

cm^2 和 26.4 cm^2 ;中密度处理下分枝数达最大;单株干重是在中、低密度处理下数值高,即高密度处

表 3 补播密度对中苜一号不同性状的影响

密度	株高(cm)	茎叶比	分枝数	叶面积($\text{cm}^2/\text{株}$)	干重(g/株)	干重(g/m^2)
低密度	$18.15 \pm 0.28\text{b}$	$0.73 \pm 0.03\text{a}$	$9.2 \pm 0.13\text{a}$	$156.7 \pm 12.74\text{a}$	$0.35 \pm 0.003\text{a}$	$117.4 \pm 14.6\text{b}$
中密度	$18.75 \pm 0.24\text{ab}$	$0.79 \pm 0.03\text{a}$	$9.5 \pm 0.13\text{a}$	$173.0 \pm 12.67\text{a}$	$0.35 \pm 0.03\text{a}$	$165.8 \pm 16.34\text{ab}$
高密度	$19.2 \pm 0.21\text{a}$	$0.83 \pm 0.03\text{a}$	$9.4 \pm 0.14\text{a}$	$183.1 \pm 12.22\text{a}$	$0.33 \pm 0.02\text{a}$	$179.3 \pm 18.27\text{a}$

注 根据 Tukey 检验 不同的小写字母表示同一列不同处理(不同补播密度)存在显著差异($p < 0.05$)

理降低了中苜一号种苗的单株生物量。

4 讨论与结论

4.1 根瘤菌对补播苗建植的影响

出苗率和存活率直接关系到中苜一号能否成功建植。施加根瘤菌较未施加根瘤菌提高了中苜一号的出苗率与存活率,出苗率的提高与欧阳延生等^[11]的研究结果一致。施加根瘤菌显著提高了中苜一号的株高、分枝数、叶面积、单株干重和单株有效根瘤数等生长性状,尤其是叶面积、单株干重和单株有效根瘤增加得更显著。试验表明施加根瘤菌可以显著提高补播紫花苜蓿的建植效率,这与欧阳延生等^[11]对盆栽紫花苜蓿和王秉龙等^[10]对人工草地紫花苜蓿施加根瘤菌剂建植的试验相类似。根瘤菌与紫花苜蓿是共生关系,施加根瘤菌能显著提高中苜一号的生长表现(如分枝数、干重)可能与提高了单株有效根瘤数有关。单株有效根瘤数的增加有助于提高根瘤菌的固氮量,伴随根瘤菌固氮量的增加,根瘤菌为紫花苜蓿提供的氮素也增加,从而有利于中苜一号的生长和发育,使株高、分枝数、叶面积和干重显著提高。

4.2 补播密度对补播苗建植的影响

补播密度对中苜一号的出苗率、存活率、分枝数和叶面积等并未产生显著的影响,只是对株高和干重(1 m^2)产生了显著影响。株高随着补播密度的增加而增加,与以前的关于其他物种的部分野外试验结果一致^[12-13]。这可能由于种苗密度高时相互竞争光而导致种苗较高。单株干重和存活率在中密度($1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)时最高,而高密度时反而下降了,这可能由于高密度处理种苗密度高,种苗之间竞争导致了存活率和单株干重下降。说明适合的补播密度有助于中苜一号种苗的存活和生长,同时也可以降低补播的成本,以前的一些试验也证实了这一点^[4,12];但与 Cole^[8]、Hopkins 等^[9]的建议不同,他们建议适当加大补播密度,以便取得更好的建植效果。因此,针对不同的草地类型和

不同的补播物种应进行试验研究并据此采用不同的补播密度。

4.3 结论与建议

通过分离山西右玉县当地种植紫花苜蓿中苜一号的根瘤菌,进行补播接种,不仅能够提高中苜一号的出苗率、成活率,而且能显著提高株高、分枝数、叶面积、单株干重和单株有效根瘤数,施加根瘤菌能够促进紫花苜蓿中苜一号在干旱天然草地的成功建植。

补播密度虽增加了中苜一号种苗株高和单位面积的干重,但对出苗率、存活率、叶面积、茎叶比、分枝数和单株干重未产生显著影响,单株干重和存活率在中密度($1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)时最高。说明并不是补播密度越高越好,合适的补播密度不仅促进紫花苜蓿中苜一号的建植,而且可以降低补播的成本,本试验认为 $1.12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 为中苜一号最适的补播密度。

建议草地植被恢复过程中,对补播紫花苜蓿接种适合当地环境的根瘤菌和选择最佳补播密度,不仅能够促进牧草萌发,而且可以提高牧草的生长性状,对补播紫花苜蓿的成功建植起到积极的作用。

参考文献:

- [1] 王玉海. 草场除莠与补播牧草试验 [J]. 新疆畜牧业, 1985 (2): 17-18.
- [2] 谷安琳, 云锦凤. 几种豆科牧草在内蒙古干旱草原的建植试验 [J]. 中国草地, 1994(6): 12-15.
- [3] 陈亚明. 退化嵩草型高山草地补播豆科牧草的研究 [J]. 草业学报, 1999, 8(2): 71-75.
- [4] Burton C M, Burton P J, Hebda R, et al. Determining the optimal sowing density for a mixture of native plants used to revegetate degraded ecosystems [J]. Restoration Ecology, 2006, 14(3): 379-390.
- [5] 耿华珠, 黄文惠, 刘自学. 中国苜蓿 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1-8.
- [6] 宋理明, 魏永林, 杨春玲. 不同补播密度对 23 种多年生牧草生产性状的影响 [J]. 青海草业, 2007, 16(3): 8-11.

(下转第 83 页)

- 业科学,2010,35(3):57-59,64.
- [2] 童彦,潘玉君,华红莲,等. 云南省粮食产量影响因素的实证研究[J]. 资源开发与市场,2007,23(7):594-597.
- [3] 尚锐,董雪. 黑龙江省粮食产量影响因素分析[J]. 现代农业科技,2013(8):292-293.
- [4] 赵子莹,谢颂磊. 1978-2008年贵州省粮食产量影响因素分析[J]. 现代农业科技,2013(8):336-337.
- [5] 毛伟. 基于分位数回归的粮食产量影响因素分析 - 以湖北省为例[J]. 湖南财政经济学院学报,2012(4):81-86.
- [6] 李瑞华. 河南省粮食产量影响因素分析[J]. 广东农业科学,2009(7):323-325.
- [7] 王玉斌,陈慧萍. 中国粮食产量波动及其国际比较[J]. 新疆农垦经济,2008(6):9-32.
- [8] 谢杰. 中国粮食生产影响因素研究[J]. 经济问题探索,2007(9):36-40.
- [9] 易鹏,段豫川. 中国粮食生产影响因素的动态分析[J]. 农村经济,2008(1):53-57.
- [10] 吴英杰. 中国粮食产量影响因素实证分析:1978-2005[J]. 经济研究导刊,2009(7):24-26.
- [11] Koenker R, Bassett G. The Asymptotic Distribution of the Least Absolute Error Estimator[J]. Journal of the American Statistical Association,1978(73):618-622.
- [12] 李群峰. 基于分位数回归的面板数据模型估计方法[J]. 统计与决策,2011(17):24-26.
- [13] <http://www.r-project.org/>.
- [14] 董金萍,李柏年. 基于分位数回归法的安徽省粮食产量影响因素分析[J]. 科技和产业,2010(5):84-87.

(上接第61页)

- [7] 王钊,张众. 不同补播密度草原3号苜蓿生长发育研究[J]. 内蒙古草业,2008,20(3):8-11.
- [8] Cole BI, Lunt ID. Restoring Kangaroo Grass (Themeda triandra) to grassland and woodland understoreys: a review of establishment requirements and restoration exercises in south-east Australia[J]. Ecological Management & Restoration, 2005(6): 28-33.
- [9] Hopkins A, Pywell R, Peel S, et al. Enhancement of botanical diversity of permanent grassland and impact on hay production in Environmentally Sensitive Areas in the UK [J]. Grass and Forage Science, 1999(54): 163-173.
- [10] 王秉龙,赵萍,何俊彦,等. 紫花苜蓿根瘤菌接种效果试验研究[J]. 中国草地,2005,27(1):80-81.
- [11] 欧阳延生,徐桂花,于徐根,等. 施用根瘤菌及石灰对紫花苜蓿生长的影响[J]. 江西农业学报,2007,19(3):29-30.
- [12] Bouzid SM, Papanastasis VP. Effects of seeding rate and fertilizer on establishment and growth of Atriplex halimus and Medicago arborea[J]. Journal of Arid Environment, 1996, 33(1): 109-115.
- [13] Sheley RL, Jacobs JS, Velagala RP. Enhancing intermediate wheatgrass establishment in spotted knapweed infested rangeland [J]. Journal of Range Management, 1999, 52(1): 68-74.

(上接第70页)

- [3] 杨文衡,陈景新. 果树生长与结实[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986:213-230.
- [4] 吴光林. 果树整形与修剪[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986:12-73.
- [5] 杜德章,蒋沐蓉,姜婕妤. 南果梨整形修剪技术要点[J]. 北京农业,2013(3):25.
- [6] 刘艳红,冯孝民,樊绪富,等. 南果梨整形修剪技术要求[J]. 现代农业科学,2009,16(4):76-78.
- [7] 毛丹,高征. 无公害南果梨栽培技术[J]. 安徽农学通报,2009,15(11):229-230.
- [8] 董鸣. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法 - 陆地生物群落调查观测与分析 [M]. 北京:中国标准出版社,1997:234-257.
- [9] 孙建设,马宝焜,章文才. 富士苹果果皮色泽形成的需光特性研究[J]. 园艺学报,2000,27(3):213-215.
- [10] 江才伦,彭良志,曹立,等. 不同修剪方式对柑橘产量、品质的影响及效益研究[J]. 果树学报,2012,29(6):1017-1021.