

接种不同根瘤菌对沙地苜蓿结瘤及生长状况的影响

张庆昕¹, 朱爱民¹, 张玉霞¹, 王显国², 田永雷¹, 乌英噶^{2,3},
宝拉月^{2,3}, 丛百明¹

(1. 内蒙古民族大学, 内蒙古 通辽 028041; 2. 中国农业大学 动物科技学院, 北京 100083;
3. 阿鲁科尔沁旗畜牧局, 内蒙古 赤峰 025500)

摘要: 筛选出适合科尔沁沙地种植的根瘤菌-苜蓿最佳匹配组合, 试验以编号为 9、8-3、5-1、18-1、Z12.3 的根瘤菌菌株作为菌源, 以不接种根瘤菌作对照, 进行了不同紫花苜蓿和杂花苜蓿品种接种不同根瘤菌试验, 分析了接种根瘤菌对苜蓿生长特性及根瘤生长的影响。结果表明: 肇东-(9)、农菁 8 号-(8-3)、东苜 1 号-(5-1)、草原 3 号-(5-1)、公农 1 号-(18-1) 5 个组合的植株高度较其对照显著增高; 农菁 8 号-(8-3) 和草原 3 号-(5-1) 组合的根瘤重量较其对照显著增加; 肇东-(9)、肇东-(18-1)、草原 3 号-(5-1) 3 个组合的根瘤数较其对照显著增加; 东苜 1 号-(5-1)、公农 1 号-(18-1) 及草原 3 号-(5-1) 的苜蓿单位面积枝条数较对照增加显著; 亦有接种后株高、根瘤数和产量较对照低的组合。草原 2 号-(18-1) 和公农 1 号(18-1) 两组根瘤菌苜蓿匹配组合较好, 适合在科尔沁地区推广应用。

关键词: 根瘤菌; 苜蓿; 结瘤生长特性; 结瘤状况

中图分类号: S 54; S154 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2019)01-0007-09

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 和杂花苜蓿 (*Medicago varia*) 均属于苜蓿属 (*Medicago* Linn.) 植物, 多年生豆科牧草, 因其具有粗蛋白含量高、适口性好且草质优良的特点, 在世界范围内被广泛种植, 是世界上栽培和利用价值最高的牧草^[1]。给苜蓿接种高效根瘤菌是提高苜蓿产量和品质的重要方法之一。苜蓿根瘤菌可以侵染苜蓿根部形成根瘤, 将空气中的氮分子还原成氨态氮供给寄主植物用以合成蛋白。苜蓿根瘤菌对寄主有很强的专一性, 有效的苜蓿根瘤呈粉红色, 因为

根瘤内含有一种植物红血蛋白, 而无效的则呈浅绿色或白色^[2-3]。

根瘤菌是一类革兰阴性菌^[4], 这类菌广泛的分布于土壤中。早在 19 世纪, 国外诸多学者已对根瘤菌的接种进行了深入研究, 首次用根瘤菌剂在试验中进行接种^[5-8]。随后, 根瘤菌剂在美国开始商业化生产, 据统计美国等少数国家豆科牧草接种面积甚至超过 70%^[9-10]。在 20 世纪初, 有张宪武^[11] 对大豆根瘤菌的研究, 在 20 世纪中叶, 豆科根瘤菌在我国开始大面积推广与应用, 接种面积约 350 hm², 增产 10%。随着苜蓿产业的发展, 人们发现在自然条件下苜蓿与野生根瘤菌的结瘤率不高, 且多为无效根瘤, 尤其在新开垦地区的第 1 次种植^[12]。Gibson 等^[13] 研究表明, 苜蓿在生长期 30%~80% 的氮是由生物固氮提供。诸多学者通过试验证明, 人工接种苜蓿根瘤菌比不接种更快速地侵染根部, 形成根瘤, 结瘤率增加约 80%, 产量平均增加 30%^[14-18], 同时苜蓿在越冬及下年的返青、株高、分枝(分蘖) 数量及产量上都有显著优势, 且苜蓿根瘤菌与苜蓿品种之间存在较强的选择性, 有报

收稿日期: 2018-03-27; **修回日期:** 2018-05-14

基金项目: 国家行业公益项目(201403048-2); 内蒙古自然科学基金(2014MS0315); 内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心开放基金项目(MDK2016019) 资助

作者简介: 张庆昕(1990-), 女, 内蒙古通辽人, 实验员, 主要从事牧草种质资源利用研究。

E-mail: gezi1011@126.com

张玉霞为通讯作者。

E-mail: yuxiazhang685@163.com

道从美国引进的根瘤菌株对几种中国苜蓿品种的侵染效果很差^[19-21]。曾昭海等^[22-23]在含氮量较低的土壤环境下筛选的高效苜蓿根瘤菌,干草产量相比对照增加12%。喻文虎等^[24]对苜蓿接种根瘤菌的研究表明,接种根瘤菌后土壤中的有机质和速效氮含量比不接种的有较大提高。

我国的苜蓿种类繁多,但却缺少能与之匹配的优良根瘤菌株,所以筛选出高效的苜蓿根瘤菌株是苜蓿产业化进程中必不可少的环节。通过在科尔沁沙地对4个紫花苜蓿品种和2个黄花苜蓿品种分别接种不同根瘤菌,与不接种根瘤菌作对照,探究接种根瘤菌后苜蓿植株及根瘤生长变化,以便筛选出适合本地区应用和种植的根瘤菌苜蓿最佳匹配组合。

表1 紫花苜蓿及杂花苜蓿品种及来源

Table 1 *Medicago sativa* and *Medicago varia* varieties and sources

材料名称	来源
紫花苜蓿(肇东) <i>M. sativa</i> cv. ZhaoDong	黑龙江省畜牧所
紫花苜蓿(东苜1号) <i>M. sativa</i> cv. Dong Mu NO. 1	东北师范大学草地所
杂花苜蓿(草原2号) <i>M. varia</i> cv. CaoYuan NO. 2	内蒙古农业大学
杂花苜蓿(草原3号) <i>M. varia</i> cv. CaoYuan NO. 3	内蒙古农业大学
紫花苜蓿(公农1号) <i>M. sativa</i> cv. GongNong NO. 1	吉林农业科学院草原所
紫花苜蓿(农菁8号) <i>M. sativa</i> cv. NongJing NO. 8	黑龙江省农业科学院作物育种研究所

1.3 供试菌株及来源

代号为9、8-3、5-1、18-1、Z12.3的根瘤菌菌株均来自中国农业大学根瘤菌保存中心。

1.4 接种

通过筛选试验,表明表2中苜蓿-根瘤菌组合苗期生长相对较好,因此,选择苜蓿-根瘤菌组合进行大田试验。按照苜蓿-根瘤菌组合接种,称取6个供试材料的种子(播量22.5 kg/hm²,小区12 m²),将包好的种子置入菌液中浸泡30 min(对照除外),取出后通风阴干,供撒播时使用。

1.5 试验方法

采用随机区组排列,每小区面积为3 m×4 m,4个重复,共64个小区,小区设50 cm过道。科尔沁沙地漏水漏肥、土壤瘠薄,苜蓿幼苗固氮能力较弱,为保证其苗期正常生长,施少量氮肥(60 kg/hm²),后期不施氮肥,所有小区底肥均施750 kg/hm²安琪有机肥、300 kg/hm²过磷酸钙、7 kg/hm²硫酸钾,2015年8月4日播种,人工撒播,试验地正常管理。

1 材料和方法

1.1 试验区自然概况

试验地设在内蒙古自治区通辽市阿鲁科尔沁旗草原合作社,地理位置E 116°21′~120°58′,N 41°17′~45°24′,温带半干旱大陆性气候。年平均气温0~6℃,≥10℃积温3 000~3 200℃,无霜期140~150 d,年平均降水量350~400 mm,蒸发量是降水量的5倍,年平均风速3.0~4.4 m/s。试验地是新开垦草地,土壤为沙土。

1.2 试验材料

供试紫花苜蓿和杂花苜蓿品种及来源(表1)。

表2 供试品种-根瘤菌接种组合

Table 2 Inoculation combinations for *Medicago* cultivars and rhizobium

品种	接种菌代号	品种	接种菌代号
东苜1号	CK	草原2号	8-3
东苜1号	5-1	草原3号	CK
肇东	CK	草原3号	5-1
肇东	18-1	公农1号	CK
肇东	9	公农1号	Z12.3
草原2号	CK	公农1号	18-1
草原2号	18-1	农菁8号	CK
草原2号	9	农菁8号	8-3

1.6 测定项目及方法

地上生物量:10月20号,每个小区齐地刈割地上部分1 m²,测鲜质量,并记录。同时,统计每个样方供试品种的枝条数(1 m²),随机取30株测定株高并记录。

根瘤调查:产量测定同时,每个小区随机选取10

株供试品种,将根挖起,统计每株根瘤数,并收集 10 株根瘤于干燥离心管中带回实验室称总质量。

1.7 数据分析

数据用 Microsoft Excel 软件处理,SPSS 17.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同苜蓿品种接种不同根瘤菌的株高比较

不同苜蓿品种接种不同根瘤菌与对照之间株高的变化差异不同(图 1)。肇东-(9)组合苜蓿植株高度显著高于对照,较对照高 2.75 cm,肇东-(18-1)组合苜蓿

植株高度较对照无显著性差异;农菁 8 号-(8-3)组合苜蓿植株高度较对照增加 1.85 cm;东苜 1 号-(5-1)组合苜蓿植株高度为 34.03 cm,较对照显著增加,增幅为 6.9%;草原 2 号-(9)和草原 2 号-(18-1)苜蓿根瘤菌组合植株高度与对照均差异不显著($P < 0.05$),草原 2 号-(8-3)组合苜蓿植株高度显著低于对照,株高降低 7.1%;草原 3 号-(5-1)组合苜蓿植株高度显著高于对照,较对照增高 4.88 cm;公农 1 号-(18-1)组合苜蓿植株高度为 35.65 cm,显著高于对照,公农 1 号-(Z12.3)苜蓿植株高度与对照差异不显著性($P < 0.05$)。

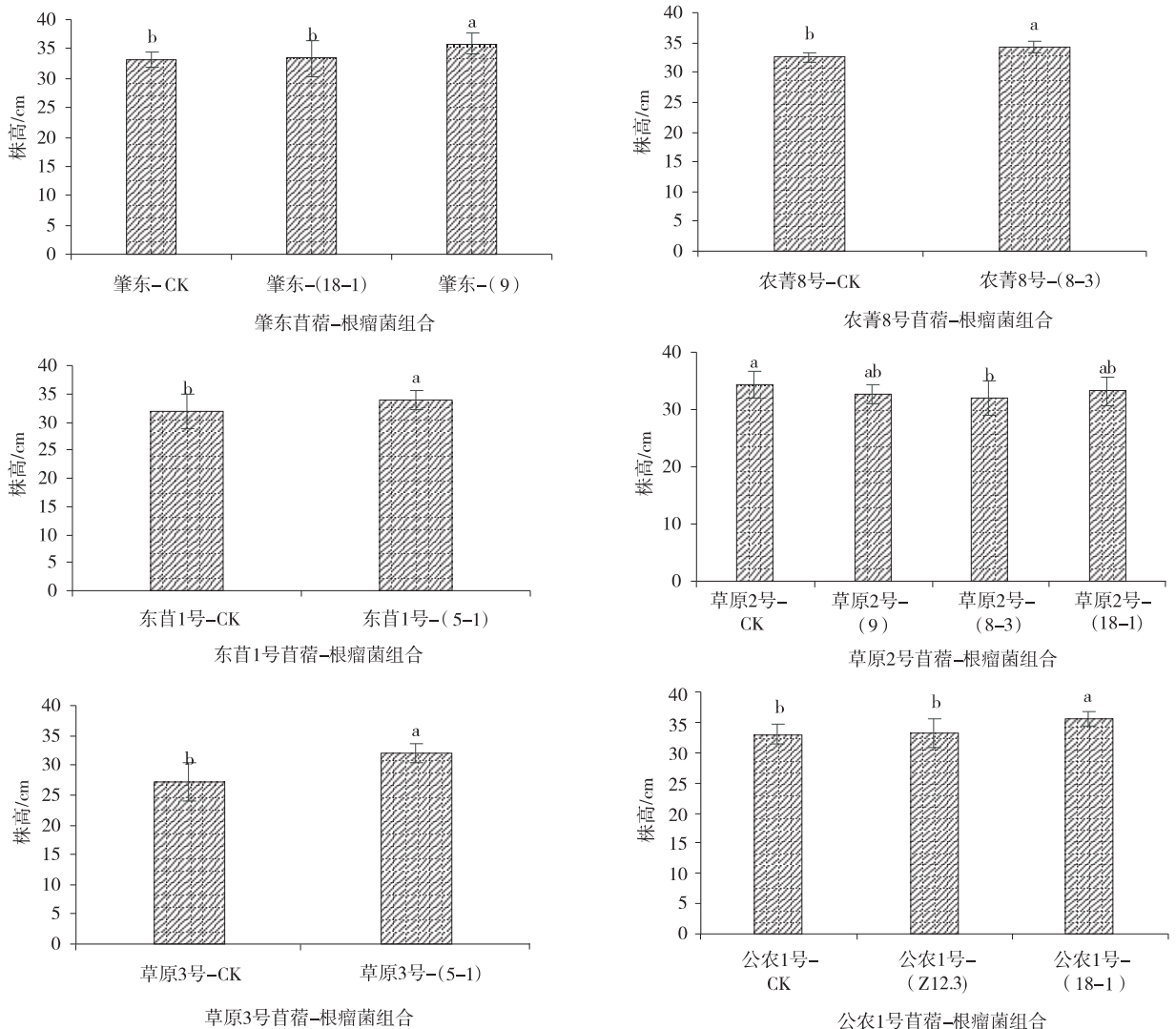


图 1 不同苜蓿品种接种根瘤菌的株高

Fig. 1 Comparison of plant height of different alfalfa varieties inoculated with different rhizobium

注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$),下同

2.2 不同苜蓿品种接种不同根瘤菌的根瘤重比较

不同苜蓿品种接种不同根瘤菌与对照相比根瘤重

均有差异(图 2)。肇东-(18-1)和肇东-(9)两组合苜蓿有效根瘤重较对照均差异不显著($P < 0.05$);农菁 8 号-

(8-3)组合 10 株苜蓿有效根瘤重为 0.297 g,显著高于对照,增幅为 43.1%;草原 2 号-(9)、草原 2 号-(8-3)和草原 2 号-(18-1)各组合 10 株苜蓿根瘤重分别为 0.223 g, 0.205 g 和 0.261 g,较对照均显著降低,降低幅度分别为 26.0%,31.8%和 13.3%;东苜 1 号-(5-1)组合 10 株

苜蓿根瘤重为 0.167 g,较对照降低 56.7%,变化差异显著;草原 3 号-(5-1)组合 10 株苜蓿根瘤重为 0.23 g,显著高于对照;公农 1 号-(Z12.3)和公农 1 号-(18-1)两组合 10 株苜蓿根瘤重分别为 0.228 g、0.213 g,均显著低于对照,分别减少 16.5%和 22.0%。

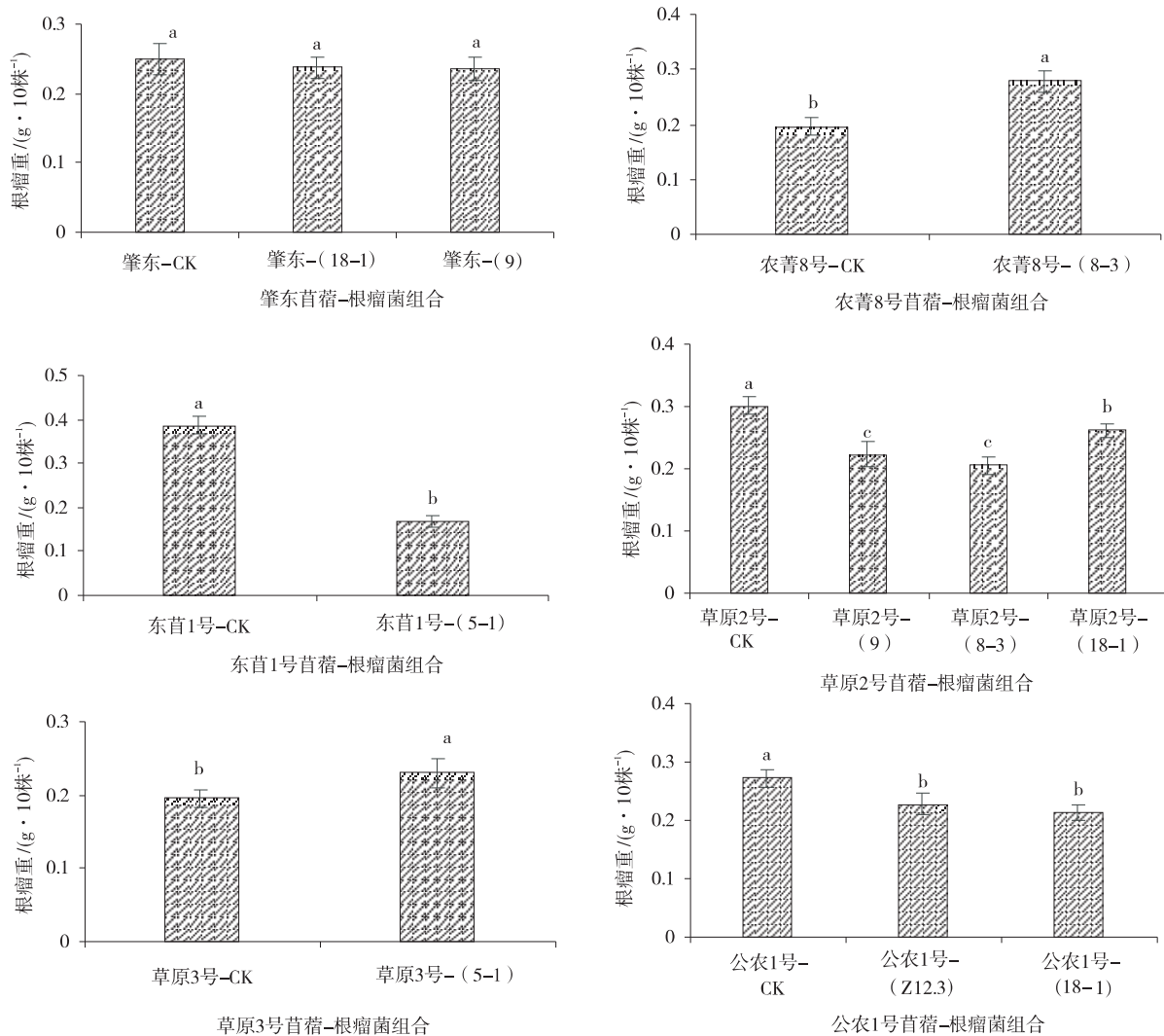


图 2 不同苜蓿品种接种根瘤菌的根瘤重

Fig. 2 Comparison of nodule weight of different alfalfa varieties inoculated with different rhizobium

2.3 不同苜蓿品种接种不同根瘤菌的根瘤数比较

不同苜蓿品种接种不同根瘤菌与对照相比单株根瘤数变化不同(图 3)。肇东-(18-1)和肇东-(9)两组合苜蓿单株根瘤数分别是 10.7、10.1 个/株,显著高于对照,增幅分别为 22.0%、15.2%;农菁 8 号-(8-3)组合苜蓿单株根瘤数较对照增加不显著;东苜 1 号-(5-1)组合苜蓿单株根瘤数为 8.68 个,较对照显著减少,平均单株减少 36.4%;草原 2 号-(8-3)和草原 2 号-(18-1)两组合苜蓿单株根瘤数与对照相比差异不显著 ($P < 0.05$),草原 2 号-(9)组合苜蓿单株根瘤数为

11.2 个/株,较对照显著降低。草原 3 号-(5-1)组合苜蓿单株根瘤数为 13.95 个/株,显著高于对照,增幅达到 21.8%;公农 1 号-(Z12.3)和公农 1 号-(18-1)两组合根瘤数分别是 11.83、10.03 个/株,均显著低于对照,分别减少 17.2%、29.8%。

2.4 不同苜蓿品种接种不同根瘤菌的枝条数比较

不同苜蓿品种接种不同根瘤菌与对照比较单位面积枝条数变化较大(图 4)。肇东-(9)组合枝条数为 527.3 枝/ m^2 ,而对照单位面积苜蓿枝条数为 625.2 枝/ m^2 ,差异显著 ($P < 0.05$),肇东-(18-1)组合枝条数

与对照相比差异不显著($P < 0.05$);农菁 8 号-(8-3)组合枝条数为 705.0 枝/ m^2 ,显著低于对照,较对照减少 11.7%;草原 2 号-(9)组合枝条数为 600.6 枝/ m^2 ,显著低于对照,草原 2 号-(8-3)和草原 2 号-(18-1)两组合枝条数较对照高,分别是 660.6 和 686.1 枝/ m^2 ,但未达到显著水平;东苜 1 号-(5-1)组合枝条数为 678.5 枝/ m^2 ,增加幅度 9.8%,差异显著;公农 1 号-(18-1)组合枝条数为 670.8 枝/ m^2 ,显著高于对照,公农 1 号-(Z12.3)组合枝条数与对照差异不显著;草原 3 号-(5-1)组合枝条数为 798.6,与对照相比显著增加,增加幅度 8.9%。

2.5 不同苜蓿品种接种不同根瘤菌与对照之间干草产量的比较

不同苜蓿品种接种根瘤菌与对照相比干草产量具有差异(图 5)。肇东-CK 干草产量为 2 682.23

kg/ hm^2 ,与对照相比肇东-(18-1)组合苜蓿干草产量显著降低,降幅达 15.6%,肇东-(9)组合苜蓿干草产量较对照亦减少,但差异不显著($P < 0.05$);农菁 8 号-(8-3)组合苜蓿干草产量为 2 645.01 kg/ hm^2 ,较对照无显著变化;东苜 1 号-(5-1)组合苜蓿干草产量也与对照差异不显著;草原 2 号-(18-1)组合苜蓿干草产量为 2 749.07 kg/ hm^2 ,较对照显著增加,增幅为 19.1%,草原 2 号-(9)和草原 2 号-(8-3)两组合苜蓿干草产量较对照变化均未达到显著水平;草原 3 号-(5-1)组合苜蓿干草产量为 2 389.06 kg/ hm^2 ,与对照相比差异不显著;公农 1 号-(18-1)组合苜蓿干草产量为 2 684.54 kg/ hm^2 ,与对照相比显著增加,增幅为 13.5%,公农 1 号-(Z12.3)组合苜蓿干草产量为 2 428.28 kg/ hm^2 ,较对照增加不显著。说明草原 2 号-(18-1)和公农 1 号-(18-1)组合较其他组合具有明显优势。

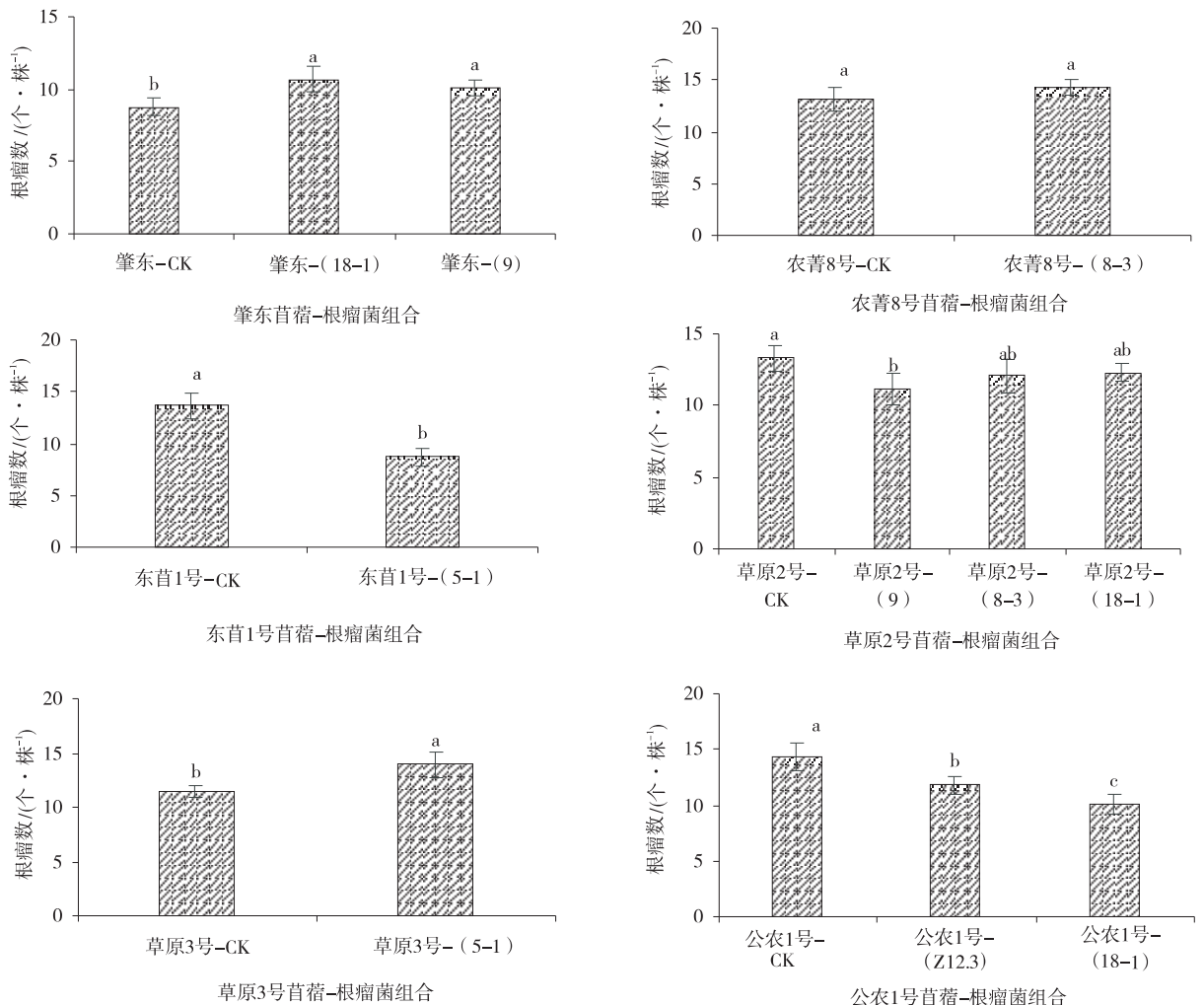


图 3 不同苜蓿品种接种根瘤菌与对照的根瘤数的比较

Fig. 3 Comparison of nodule number of different alfalfa varieties inoculated with different rhizobium

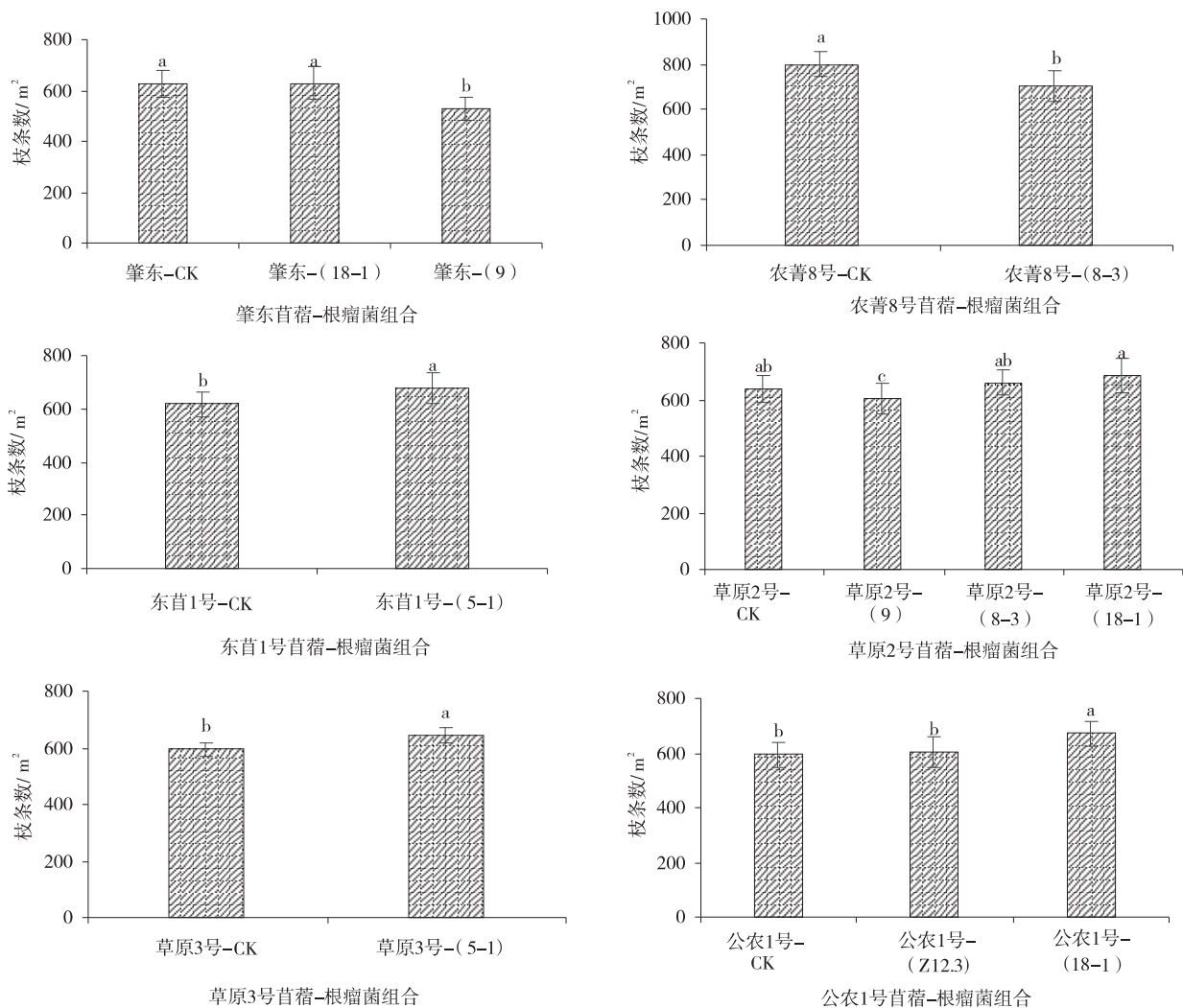


图 4 不同苜蓿品种接种根瘤菌与对照的单位面积枝条数比较

Fig. 4 Comparison of the number of branches of different alfalfa varieties inoculated with different rhizobium

3 讨论

苜蓿根瘤菌共生体系的一个重要特性是寄主专一性^[26]。即每种根瘤菌只能在特定种类的豆科植物上结瘤。同样,每种豆科植物只能被特定的根瘤菌感染,苜蓿根瘤菌的寄主专一性很强。试验表明,同一品种苜蓿接种不同根瘤菌其对苜蓿生长特性和根瘤生长状况影响不同,肇东-(9)组合的株高显著高于对照,干草产量较对照变化不明显,而肇东-(18-1)组合株高较对照则无明显变化,但干草产量较对照显著减少15.6%,呈负增长,这与杨建等^[27]研究结果相同。试验中,草原2号-(18-1)和公农1号(18-1)两组合干草产量较对照显著增加,增幅分别达19.1%、13.5%。表明同种苜蓿接种不同种根瘤菌,不同品种苜蓿接种相同根瘤菌效果不同^[28]。

国内外研究表明,豆科牧草接种根瘤菌可有效提

高豆科牧草产量和品质^[29-31]。试验表明,根瘤数和根瘤重增加的根瘤菌苜蓿匹配组合,其干草产量不一定显著增加,草原2号-(18-1)和公农1号-(18-1)两组合苜蓿根瘤数和根瘤重较其对照均减少,但干草产量均较对照显著增加;农菁8号-(8-3)和草原3号-(5-1)两匹配组合苜蓿根瘤数、根瘤重较其对照均显著增加,但干草产量均较对照变化不明显;说明苜蓿根瘤数、根瘤重与苜蓿干草产量没有必然相关性。云锦凤等^[10]研究结果表明,苜蓿根瘤菌菌株对苜蓿品种是有选择的,同一苜蓿品种分别用几株菌株接种和不同苜蓿品种接种相同根瘤菌,会出现不同的共生效果,彼此间差异较大,对其根瘤的生长影响也不尽相同。不同苜蓿品种接种不同根瘤菌后多数匹配组合苜蓿单位面积枝条数均呈增加趋势,但也有少数单位面积苜蓿枝条数减少,如肇东-(9)、农菁8-(8-3)、草原2号-(9)。可能是因为苜蓿品种与根瘤菌株的共生不匹配造成。

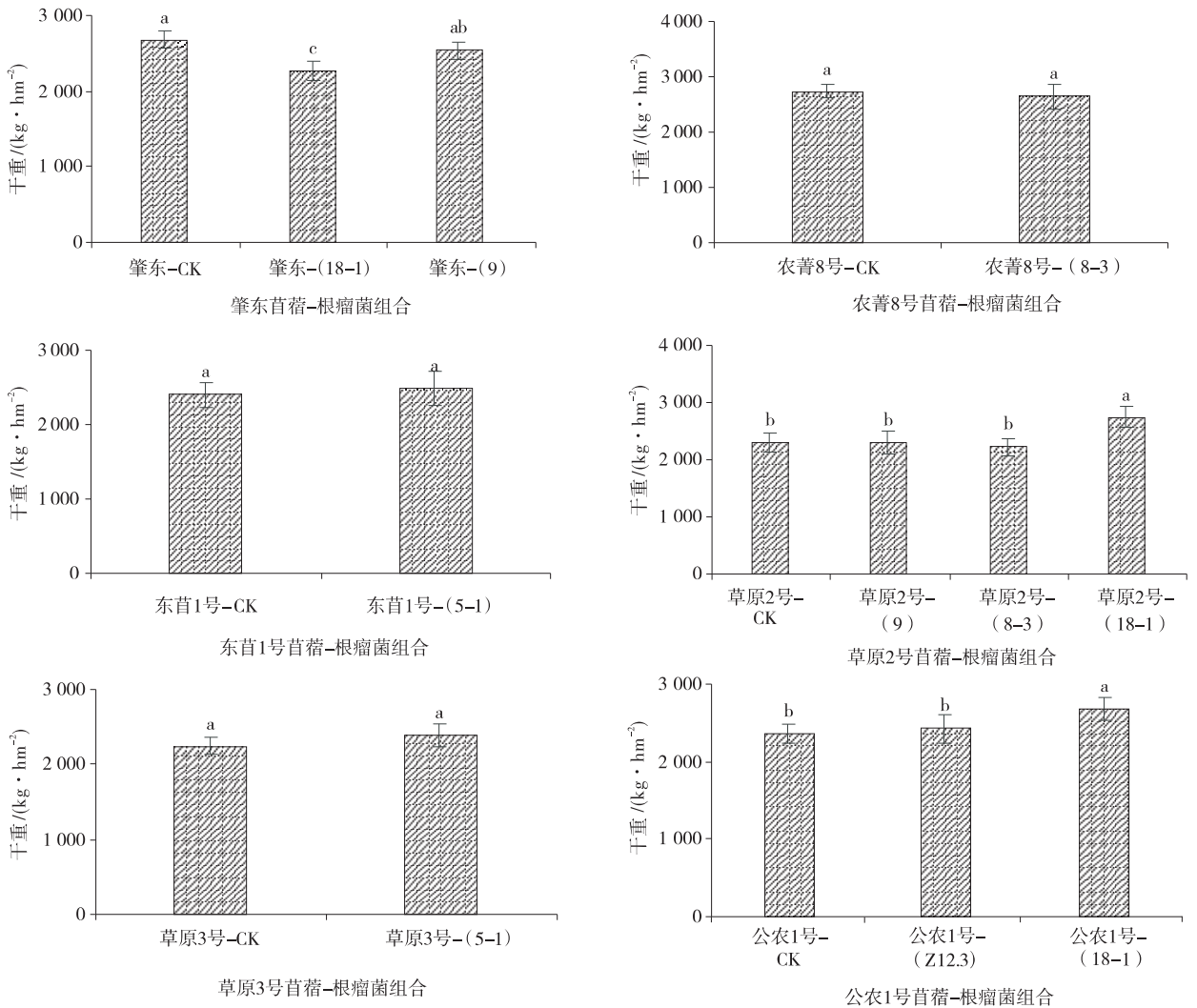


图5 不同品种苜蓿接种不同根瘤菌与对照的干草产量比较

Fig. 5 Comparison of hay yield of different alfalfa varieties inoculated with different rhizobium

4 结论

草原2号-(18-1)和公农1号(18-1)两组干草产量分别是2 749.07、2 684.54 kg/hm²,较其他组合干草产量高,具有明显优势,适合在科尔沁地区推广应用。

参考文献:

[1] 潘巨忠,张波,朱亚克,等.苜蓿食用价值研究进展[J].现代农业科技,2006(6):105-107.

[2] 王卫卫,胡正海,关桂兰,等.甘肃、宁夏部分地区根瘤菌资源及其共生固氮特性[J].自然资源学报,2002,17(1):48-54.

[3] 王素英,陈文新.河北省豆科植物根瘤菌资源的初步调查研究[J].天津师大学报(自然科学版),2000,20(3):32-36.

[4] 闫洪雪,刘露,李丽,等.苜蓿根瘤菌的发酵工艺优化[J].北方农业学报,2016,44(4):53-55.

[5] Dhont C, Castonguay Y, Nadeau P, *et al.* Alfalfa root nitrogen reserves and regrowth potential in response to fall harvests[J]. Crop Science, 2003, 43(1): 181-194.

[6] Diane M, Hebb Alan E, Richardson R Reid, *et al.* Crop/pasture improvement and protection-PCR as an ecological tool to determine the establishment and persistence of Rhizobium strains introduced into the field as seed inoculant[J]. Aust J Agric Res, 1998, 49: 923-934.

[7] Gibson A H. Genetic variation in the effectiveness of nodulation of lucerne varieties[J]. Crop and Pasture Science, 1962, 13(3): 388-399.

[8] Gasser H, Guy P, Obaton M, *et al.* Efficiency of Rhizobium meliloti strains and their effects on alfalfa Cultivars [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1972, 52(4): 441-448.

[9] 张健行. 美国的苜蓿产业 [J]. 动物科学与动物医学, 2001, 18(4): 58-61.

- [10] 云锦凤,孙启忠.抓住机遇开创我国苜蓿产业化新局面[C]//第二届中国苜蓿发展大会暨牧草种子、机械、产品展示会论文集.北京,中国农业出版社,2003:4-6.
- [11] 张宪武.大豆根瘤菌在不同土壤上接种效果试验[C]//土壤微生物学集刊,北京:科学出版社,1957:52-57.
- [12] 师尚礼.紫花苜蓿根瘤菌研究进展[J].甘肃农业大学学报,2005,40(2):262-267.
- [13] Gibson A H. Genetic variation in the effectiveness of nodulation of lucerne varieties[J]. Crop and Pasture Science,1962,13(3):388-399.
- [14] 韩志顺,郑敏娜,梁秀芝.接种不同根瘤菌对紫花苜蓿固氮效能及生物量的影响[J].华北农学报,2016,31(4):214-219.
- [15] 宁国赞,刘惠琴,马晓彤.中国豆科牧草根瘤菌资源的采集保藏及利用[J].草地学报,1999,7(2):165-172.
- [16] 宁国赞,刘惠琴,马晓彤.中国苜蓿根瘤菌大面积应用研究现状及展望[C]//首届中国苜蓿发展大会论文集.北京:中国草原学会,北京市农村工作委员会,2001:76-82.
- [17] 宁国赞,李元芳,刘惠琴,等.紫花苜蓿接种根瘤菌的效果[J].草业科学,1992(2):50-51.
- [18] Gasser H,Guy P,Obaton M,et al. Efficiency of Rhizobium meliloti strains and their effects on alfalfa Cultivars [J]. Canadian Journal of Plant Science,1972,52(4):441-448.
- [19] 洪绂曾.积极稳步发展中国的苜蓿产业[J].动物科学与动物医学,2001,18(4):1-3.
- [20] 李凤兰,王宏.紫花苜蓿根瘤菌接种菌种筛选试验[J].草与畜杂志,1998(1):17.
- [21] 向述荣,任莉.豆科牧草根瘤菌的研究进展与应用概况[J].草与畜杂志,1996(1):5-7.
- [22] 曾昭海,隋新华,胡跃高.紫花苜蓿-根瘤菌高效共生体筛选及田间作用效果[J].草业学报,2004,13(5):95-100.
- [23] 曾昭海,隋新华,胡跃高,等.紫花苜蓿根瘤菌高效共生体筛选及其田间作用效果研究[C].第二届中国苜蓿发展大会暨牧草种子、机械、产品展示会论文集,北京,中国农业出版社,2003:68-70.
- [24] 喻文虎,贾德荣.红豆草、紫花苜蓿根瘤菌接种研究[J].草业科学,1995,12(3):22-25.
- [25] Wu J B,Miao S,Zhang R Q,et al. Research Progress on the Mechanism of Alfalfa cold Resistance During Overwintering Period[J]. Agriculture,Forestry and Fisheries,2015 ;4(6):300-304.
- [26] 中国科学院微生物研究所细菌分类组.一般细菌常用鉴定方法[M].北京:科学出版社,1978.
- [27] 杨建.不同紫花苜蓿品种与根瘤菌优化共生匹配组合的筛选[D].吉林农业大学,2016:16-17.
- [28] 王索柱,叶莉,董卫民,等.豆科牧草的根瘤菌接种试验[J].中国牧业通讯,2002(7):59-60.
- [29] 黄新,王亚琴,刘建新,等.根瘤菌对不同紫花苜蓿品种结瘤和生物学产量的影响[J].浙江农业学报,2005,17(6):391-394.
- [30] 房增国,赵秀芬,孙建好,等.接种根瘤菌对蚕豆/玉米间作系统氮营养的影响[J].华北农学报,2009,24(4):124-128.
- [31] 肖猛,刘晓云,刘桂霞,等. BOX-PCR 分子标记对补播紫花苜蓿共生根瘤菌田间竞争结瘤能力的研究[J].华北农学报,2011,26(1):187-191.

Effects of different rhizobium inoculation on growth of *Medicago* and nodule in sandy land

ZHANG Qing-xin¹, ZHU Ai-min¹, ZHANG Yu-xia¹, WANG Xian-guo²,
TIAN Yong-lei¹, WU Ying-ga^{2,3}, BAO La-yue^{2,3}, CONG Bai-ming¹

(1. Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028041, China; 2. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 3. Alukerqinqi Animal Husbandry Bureau, Chifeng 025500, China)

Abstract: Five rhizobium strains (code: 9, 8-3, 5-1, 18-1 and Z12. 3) and 5 *Medicago* cultivars (*M. sativa* cv. Zhaodong, *M. sativa* cv. Dongmu No. 1, *M. sativa* cv. Gongnong No. 1, *M. sativa* cv. Nongjing No. 8, *M.*

varia cv. Caoyuan No. 2 and *M. varia* cv. Caoyuan No. 3) were used to study the best matching combination of rhizobium-*Medicago* for sandy land in Horqin. The results showed that plant heights of 5 combinations, including Zhaodong -(9), Nongjing No. 8 -(8-3), Dongmu No. 1 -(5-1), Caoyuan No. 3-(5-1) and Gongnong No. 1 -(18-1), were significantly higher than control; nodule weights of 2 combinations, including Nongjing No. 8 -(8-3) and Caoyuan No. 3 -(5-1), were significantly higher than control; nodules of 3 combinations, including Zhaodong -(9), Zhaodong -(18-1) and Caoyuan No. 3 -(5-1) increased significantly compared with control; the number of branches per unit area in combinations of Dongmu No. 1 -(5-1), Gongnong No. 1 -(18-1) and Caoyuan No. 3 -(5-1) increased significantly compared with control; the hay yield in combinations of Caoyuan No. 2 -(18-1) and Gongnong No. 1 -(18-1) increased significantly (19.1% and 13.5%) compared with control. But after inoculation, the height, number of nodules and yield of some varieties were lower than control. And this might be caused by the unmatched symbiosis. The combinations of Caoyuan No. 2-(18-1) and Gongnong No. 1-(18-1) were the best.

Key words: rhizobium; *Medicago*; growth characteristics; nodule growth

(上接 6 页)

Allelopathic effects of *Stellera chamaejasme* seeds with different densities on germination and seedling growth of six grassland plants

LIU Xiu-yan, GUO Li-zhu, LIU Li, HUANG Ding

(College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: The effects of *Stellera chamaejasme* seeds on germination of 6 plants seeds (*Stipa copillata*, *Aneurolepidium chinense*, *Elymus dahuricus*, *Agropyron cristatum*, *lepidium apetalum*, *Saussurea runcinata*, *Stellera chamaejasme*) were studied with filter paper culture method. The seed densities of *Stellera chamaejasme* were 0, 5, 10, 20, 40 grains/dish and seed density of 6 grassland plants was 10 grains/dish. The results showed that, the germination rate, germination potential and germination index of the tested seeds increased and then decreased along with the increasing of seed density of *Stellera chamaejasme*. When the seed density of *Stellera chamaejasme* was 10 grains/dish, the promoting effect reached the maximum. The order of effect of *Stellera chamaejasme* on 6 plants was *Elymus dahuricus*, *Aneurolepidium chinense*, *Agropyron cristatum*, *Stipa copillata*, *Saussurea runcinata* and *Lepidium apetalum*. The root length of *Saussurea runcinata* was slightly inhibited when the seed density of *Stellera chamaejasme* was 10 grains/dish, and for the rest 5 tested plants, it was promoted at different degrees.

Key words: *Stellera chamaejasme*; seed density; germination; allelopathy