

羊草和星星草根际溶磷菌溶磷能力及菌株特性

邓小宇¹, 朱瑞芬², 唐凤兰², 刘杰淋², 张强², 陈积山²

(1. 哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 黑龙江省农业科学院 草业研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进松嫩草地微生物深度开发和利用, 采用 PKO 无机磷培养基, 从羊草(*Leymus chinensis*)和星星草(*Puccinellia tenuiflora*)根际分离获得具有溶磷能力的菌株, 对菌株采用溶磷圈法和钼蓝比色法进行溶磷水平测定。结果表明: 筛选菌株对磷酸钙的分解能力差异较大($P < 0.05$), 其溶磷量为 $7.60 \sim 348.14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 筛选菌株的溶磷量与分泌有机酸量、培养基质 pH 都不存在显著的相关性($P > 0.05$); 筛选菌株都可以分泌生长素, 生长素分泌量介于 $11.00 \sim 16.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 大多数菌落呈淡黄色或乳白色、不规则、不透明、扁平、无色素。

关键词:羊草; 星星草; 溶磷量; pH; 分泌有机酸

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2017)02-0063-05 DOI: 10.11942/j.issn1002-2767.2017.02.0063

植物的生长发育离不开磷元素, 但其对土壤中磷的当季利用率仅为 $5\% \sim 25\%$ ^[1]。主要原因是大部分磷和土壤里的金属离子螯合形成了于植物生长不利的难溶性物质^[2]。如何改变这种土壤有效磷的利用现状, 成为最近 10 年相关学科关注的热点。研究表明具有溶磷能力的微生物能把土壤中大量存在的难溶性磷酸盐转变成为可溶性物质有利于植物吸收及利用, 并能有助于植物对营养元素的利用, 进而利于植物的生长。因此, 展开对于溶磷菌的研究和利用对改变土壤有效磷元素缺乏的现状有着重要的意义, 而植物根际高效溶磷微生物的筛选尤为重要。

羊草以及星星草是松嫩草地非常重要的两个优势牧草品种。这两种牧草市场需求量较大, 连年刈割导致大量磷素移出草地, 土壤磷素不足, 生物量逐年降低, 解磷微生物的应用是有望解决这一问题的有效途径之一^[3]。国内外研究证实, 部分降低, 从而提高根际的可溶性磷含量^[4-8]。本文以松嫩草地羊草和星星草根际微生物溶磷能力为试验对象, 旨在探讨松嫩草地的养分供给机制, 为减少环境污染, 生态保护, 促进畜牧业健康发展提

供一定依据。本试验通过分离筛选羊草和星星草根际高效溶磷菌, 为制备羊草和星星草高效根际复合接菌剂提供优异菌种, 实现松嫩草地微生物深度开发。

1 材料与方法

1.1 材料

采样地点位于黑龙江省草业研究所兰西试验基地。该地区主要土地类型为盐碱化草甸土, pH8.00~9.00。主要植被类型为中生或旱生禾本科植物, 群落以羊草群落占绝对优势。试验区全年禁牧。2015 年试验地土壤初始理化性质测定土壤 pH8.12, 土壤有机质含量 3.04%, 土壤全氮含量 0.04%, 土壤硝态氮和铵态氮分别为 2.35 和 $7.81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。2015 年 7-8 月以 5 点法取样, 获得附带土壤的羊草和星星草健康根系, 按常规方法装入标记好的无菌封口袋, 于 4°C 低温保存, 然后拿回实验室对溶磷菌进行分离。

1.2 方法

1.2.1 培养基选择 采用 PKO 固体培养基分离溶磷菌菌株^[9], 用阿须贝培养基测定 3-吲哚乙酸(IAA)的量^[10], PKO 培养液测定溶解磷的量和有机酸分泌量。

1.2.2 溶磷菌分离筛选 对收集的羊草和星星草根系进行土壤清理, 按照常规细菌分离法, 在 PKO 固体培养基上培养出菌落, 选择有明显溶磷圈的单菌落进行挑取, 纯化后保存于 LB 试管斜面(4°C)。用点接种法将纯分离物接种于 PKO

收稿日期: 2017-01-04

基金项目: 黑龙江地区苜蓿高效种植技术与示范资助项目(201403048)

第一作者简介: 邓小宇(1991-), 女, 黑龙江省安达市人, 在读硕士, 从事牧草遗传育种研究。E-mail: 1533100992@qq.com。

通讯作者: 唐凤兰(1963-), 女, 辽宁省宽甸县人, 学士, 研究员, 从事豆科牧草遗传育种研究。E-mail: nkypzk@qq.com。

固体培养基上,放于 28 ℃ 恒温培养箱中培养 10 d,测定菌落直径和溶磷圈直径,根据比值大小从而初步确定各菌株溶磷水平。

1.2.3 溶解磷酸钙能力和分泌有机酸能力的测定 使用钼锑抗比色法进一步测定各菌株培养液上清液含有磷的量^[10]。

1.2.4 分泌 IAA 性能测定 加入 PC 比色液,根据各菌液颜色的改变,测定菌株生长素的分泌强度^[11]。采用紫外可见分光光度计(波长 530 nm)测定比色液的 OD 值,按照标准曲线算出菌液中生长素分泌量。

1.2.5 菌落特征观察 将菌株接种于 PKO 固体培养基后放于 28 ℃ 恒温培养箱中培养 24~48 h,观察,记录主要菌落的形态特征。

1.2.6 数据处理 数据处理使用 SPSS17.0 软件作方差分析,各处理间采用的是 LSD 法进行多重比较。相关关系采用 Pearson 相关统计分析。

2 结果与分析

2.1 溶磷菌的筛选结果

2.1.1 初筛 溶磷圈直径(D)和菌落直径(d)之间的比值(D/d)是描述溶磷菌相对溶磷水平的一个重要指标。在 27 个具有明显的溶磷圈的菌落中 S1~S20 是分离自羊草根际的,S21~S27 是分离自星星草根际的,分离自羊草根际且溶磷能力最强的有 1 株(D/d 值≥4.00),占有菌株数量的 3.70%。溶磷效果好的有 3 个(4>D/d≥2.50),占 11.11%;溶磷效果较好的有 15 个(2.50>D/d≥1.50),占 55.56%;溶磷效果较差的有 1 个(D/d<1.5),占 3.7%。分离自星星草根际且菌株的溶磷能力较差(D/d<1.5)共有 7 株,但没有分离出溶磷能力强的菌株(见表 1)。通过对 D/d 的观察,初步确定 D/d 值均大于 2.00 的 S1~S12 菌株溶磷效果比较好。

2.1.2 复选 由表 2 可知,上清液有效磷增量大于 150.00 mg·L⁻¹ 的共 4 个菌株,占溶磷细菌总数 14.81%。其中 S19 菌株溶磷效果最好,溶磷含量为 348.13 mg·L⁻¹,其次为 S5 号菌株,溶磷量为 232.38 mg·L⁻¹,而 S16 菌株溶磷效果最差,其溶磷量为-7.60 mg·L⁻¹。结果也表明,菌株溶磷水平在液体培养基培养条件下与固体培养基培养条件下的结果不完全相同。对同一菌株而言,D/d 的值越大,并不代表其在液体培养基培养条件下

分解无机磷能力就强。例如分离自羊草根际的菌株 S1,其 D/d 的值最大,但它的溶解磷能力却为 17.32 mg·L⁻¹。无独有偶,分离自星星草根际的菌株 S25,其 D/d 的值只有 1.17,但它的溶磷能力竟达 201.80 mg·L⁻¹。

表 1 不同菌株 D/d 值
Table 1 D/d of different strains

菌株编号 Strains code	直径比 Diameter ratio(D/d)	菌株编号 Strains code	直径比 Diameter ratio(D/d)
S1	5.00	S15	1.83
S2	3.00	S16	1.79
S3	2.56	S17	1.67
S4	2.50	S18	1.58
S5	2.42	S19	1.55
S6	2.40	S20	1.40
S7	2.40	S21	1.33
S8	2.25	S22	1.33
S9	2.25	S23	1.27
S10	2.25	S24	1.22
S11	2.00	S25	1.17
S12	2.00	S26	1.11
S13	1.95	S27	1.00
S14	1.90		

2.2 溶磷量与 pH 关系

菌株分泌有机酸的量在 14.01~17.10 mmol·L⁻¹(见表 2),其中 S5 菌株分泌有机酸的量最少,但其溶磷能力却最强;菌株 S16 分泌有机酸量相对较高,但其溶磷能力却为最低。统计结果表明,27 株溶磷菌泌酸的含量和溶磷量之间未发现有显著相关性(r=0.32,P=0.52>0.05),由此可以推断泌酸量并不能够全面反映溶磷菌株的溶磷水平。和未接种培养液(pH 7.00)比较,接种菌株的培养液 pH 具有下降的趋势,显示这些菌株在培养的过程中分泌弱酸性物质。同时,通过线性回归得到分析结果,27 株溶磷菌株的有效溶磷含量(y)和培养液的 pH(x)二者之间存在线性相关关系,y=-73.171x+508.78,但没有统计学意义(r=0.25,R²=0.37)。同时将来自羊草和星星草根际菌株的有效溶磷含量(y)与培养液的 pH(x)分别作线性回归分析,结果表明这种线性负相关关系在两个物种上仍然不显著(见图 1 和图 2)。

综合上述分析,溶磷菌溶磷能力并不是完全取决于培养过程里有机酸的分泌量与 pH 的变化。

表 2 不同的菌株溶磷能力、pH 和总的有机酸分析

Table 2 Capacity of dissolving phosphorus and pH of different strains			
菌株编号 Strains code	溶磷量/ (mg·L ⁻¹) Capacity of dissolving phosphorus	pH	总有机酸/ (mmol·L ⁻¹) Total organic acid
S1	17.32±5.19	6.14±0.06	16.04±0.01
S2	15.67±12.71	5.83±0.10	15.13±0.10
S3	13.41±5.31	6.02±0.24	16.02±0.20
S4	18.30±8.49	6.05±0.04	16.00±0.00
S5	232.38±8.71	4.91±0.39	14.01±0.39
S6	11.66±16.14	6.52±0.15	16.12±0.10
S7	80.60±9.40	5.58±1.11	15.08±1.10
S8	0.28±3.01	5.59±0.48	15.00±0.40
S9	28.69±9.92	6.94±0.06	16.04±0.06
S10	10.49±6.71	5.65±0.56	15.00±0.56
S11	18.28±8.45	7.08±0.06	17.08±0.01
S12	6.43±4.90	6.77±0.06	16.11±0.06
S13	39.82±9.69	7.17±0.05	17.10±0.01
S14	48.03±18.97	6.35±0.18	16.15±0.11
S15	10.90±6.28	6.80±0.06	16.00±0.01
S16	-7.60±0.25	6.23±0.23	16.00±0.21
S17	32.41±8.14	7.17±0.08	17.00±0.01
S18	84.19±14.42	6.10±0.08	16.10±0.01
S19	348.13±18.75	5.06±0.60	15.00±0.10
S20	19.73±5.87	5.97±0.33	15.00±0.31
S21	167.39±6.54	6.52±0.23	16.00±0.21
S22	30.81±16.85	6.18±0.07	16.15±0.01
S23	50.26±7.21	6.22±0.25	16.00±0.21
S24	48.13±3.89	6.00±0.20	16.00±0.21
S25	201.80±2.77	4.38±0.63	14.11±0.13
S26	3.90±4.10	7.00±0.02	17.00±0.01
S27	37.66±9.89	5.96±0.20	15.96±0.21

2.3 定量和定性检测

定量和定性测定菌株分泌生长素结果见表 3。定量测定表明,菌株 S13、S14、S15、S22、S25、S26、S27 显色反应不太明显,菌株 S1、S17、S18、S19、S20 显色反应为深粉红色,其余显色反应为粉红色。定量测定菌株分泌生长素的量在 11.00~16.55 mg·L⁻¹,菌株 S19 分泌生长素的量最大,分泌生长素的量最小为 S27。多数菌株生长素的分泌量的定性测定和定量测定基本一致。

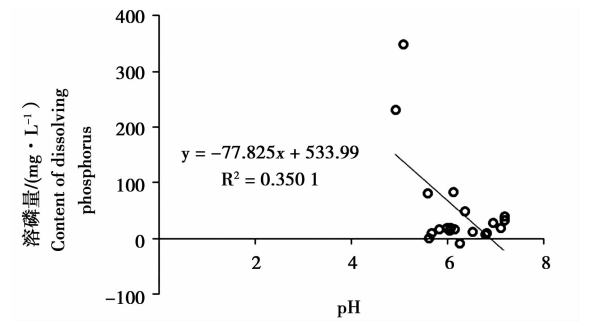


图 1 羊草根际菌株有效溶磷量与 pH 的关系
Fig.1 The relationship of rhizosphere strains between the effective content of the phosphorus solution and pH in *Leymus chinensis*

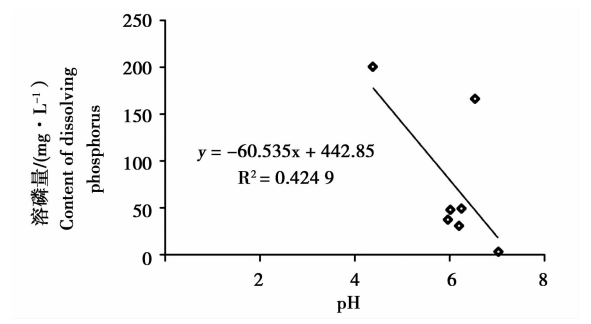


图 2 星星草根际菌株有效溶磷量与 pH 的关系
Fig.2 The relationship of rhizosphere strains between the effective content of the phosphorus solution and pH in *Puccinellia tenuiflora*

2.4 溶磷菌菌落特性

选用 PKO 培养基对经过筛选得到的菌落进行纯培养,观察其在培养基上的菌落特征,结果如表 4,各菌株菌落形状呈圆形或不规则形状;除菌株 S2、S4、S6、S22、S24、S26 为透明的,其它菌落均为不透明的;除 S1、S3、S5、S7、S13、S18、S23 为菌落颜色呈乳白色,其它均呈淡黄色;各菌株菌落均属于半湿润状态且高度都属于扁平的,没有凸起;菌株 S1、S3、S5、S7、S13、S18、S23 边缘整齐,其它为锯齿状。

表 3 菌株生长素分泌能力的定性和定量检测

Table 3 Qualitative and quantitative detection of IAA secretion capacity of different strains

菌株编号	颜色反应	IAA/(mg·L ⁻¹)	菌株编号	颜色反应	IAA/(mg·L ⁻¹)
Strains code	Color reaction	IAA	Strains code	Color reaction	IAA
S1	+++	14.30	S15	—	11.43
S2	++	13.00	S16	++	13.90
S3	++	13.56	S17	+++	15.70
S4	++	13.50	S18	+++	15.08
S5	++	13.42	S19	+++	16.55
S6	++	12.90	S20	+++	14.00
S7	++	12.80	S21	++	13.03
S8	++	12.65	S22	—	11.33
S9	++	12.75	S23	+	12.07
S10	++	12.95	S24	+	12.02
S11	+	12.00	S25	—	11.17
S12	+	12.00	S26	—	11.11
S13	—	11.35	S27	—	11.00
S14	—	11.20			

+++表示深粉红，++表示粉红，+表示浅粉红，—表示未分泌。
+++ mean deep pink, ++ mean pink, + mean light pink, — meanno secretion.

表 4 根际溶磷菌的菌落的形态特征

Table 4 The morphological characteristics of the phosphorus solution of rhizosphere strains

菌株编号	大小	形态	干湿	高度	透明度	颜色	边缘	色素
Strains code	Size	Shape	Dry-wet	Height	Transparency	Color	Edge	Pigment
S1	大	圆形	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S2	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S3	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S4	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S5	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S6	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S7	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S8	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S9	大	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S10	大	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S11	中	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S12	中	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S13	中	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S14	中	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S15	中	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S16	中	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S17	中	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S18	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S19	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S20	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S21	大	圆形	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S22	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S23	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	乳白色	整齐	无
S24	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S25	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无
S26	大	不规则	半湿润	扁平	透明	淡黄色	锯齿	无
S27	大	不规则	半湿润	扁平	不透明	淡黄色	锯齿	无

3 讨论与结论

羊草和星星草是松嫩草地重要优质牧草,也是我国寒地草地生态系统重要组成部分。本试验从这两种牧草根际分离、筛选、评价解磷菌,其目的是为解磷菌剂的研制和应用提供优质高效解磷菌株。对同一菌株而言,D/d 的值越大,并不代表其在液体培养基培养条件下分解无机磷能力就强。这与李玉娥^[12]等的研究结果一致。溶磷菌的解磷机理具有很多可能性。溶磷菌分泌有机酸的量及其种类的差异以及不同种类的有机酸和金属离子的螯合能力的差异均有可能是影响解磷量的关键制约因素。但是在本试验中,各菌株的溶磷能力和分泌有机酸的量、培养介质的 pH,三者之间都未表现出显著的相关性,这和林启美^[13]的研究成果具有很高的一致性。也有学者通过研究表明解磷微生物的解磷水平可能和菌株分泌的磷酸酶的活性及其产生的蛋白有关。因此,在以后的探索中可以利用传统的培养方法与现代的分子研究手段相结合,同时也需要综合地考虑解磷菌自身特性及生存状况尽可能多的因素。这些因素当中,菌株分泌 IAA 能力和产酸水平是全面了解菌株特点的基础。有相关报道指出,植物的根际周围促生菌 IAA 的产生可以通过改变细胞内环境导致细胞壁糖溶解、可塑性的增强和合成 RNA 及蛋白质来促生植物生长,同时它还可以对几丁质酶等的活性有抑制作用,有利于细菌对植物的定殖。本试验筛选的根际促生微生物部分具有极强的分泌 IAA 及有机酸的能力,分析原因可能是长期生存于松嫩草甸的偏碱性土壤中进化所造成的^[14]。因此,对于溶磷菌的种质资源的调查,建成各种牧草匹配根际促生菌溶磷研究的体系,说明其互作和促生机理,筛选并进一步培育出高效优良的溶磷及促生菌株,扩大资源库以期提供优质牧草生产服务,这将是今后研究的重点。

通过初步研究,可以确定羊草和星星草根际周围的土壤存在着很多促生菌菌株,这些菌株具有溶磷能力,这对羊草和星星草生长及松嫩草原土壤结构与性质的优化都是极其有利的。本研究中获取一株溶磷菌菌株 S19 溶磷含量为 $348.13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,同时该菌株在没有色氨酸的情况下分泌 $16.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 生长素,由此可以推断该菌

株也许对羊草和星星草甚至其它种类的牧草也有促生、提高产量或提升根际难溶性磷的利用率的作用,所以它具有开发溶磷菌菌剂的潜力。

我国对溶磷微生物的开发及利用已有一段时间,总体看来,发展并不快。其中溶磷菌的研究基础是比较差的,牧草—溶磷菌共生体系的成因与根际微生态系统中的植物、土壤和细菌间的互作需要进一步深入研究以期阐明机理。

参考文献:

- [1] 赵静,郭勇祥,廖红,等. 黄瓜磷效率评价及其基因型差异[J]. 广东农业科学, 2015, 19(9): 27-35.
- [2] 陆瑞霞 王小利 李显刚,等. 地八角根际溶磷菌溶磷能力及菌株特性研究[J]. 中国草地学报, 2012, 34(4): 101-108.
- [3] Yadav K S, Dadarwal K R. Phosphate solubilization and mobilization through microorganisms[M]// Dadarwal K R. Biotechnological approaches in soil microorganisms for sustainable crop production. Jodhpur: Scientific Publishers, 2015: 293-308.
- [4] Jones D L, Darrah P R. Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere[J]. Plant Soil, 2014, 166(2): 247-257.
- [5] 王鹏,孙剑秋,藏威. 磷细菌研究进展[J]. 河南农业科学, 2008, 9(7): 5-9.
- [6] 陈廷伟. 解磷巨大芽孢杆菌分类名称形态特征及解磷性能评述[J]. 土壤与肥料, 2005, 7(4): 7-9.
- [7] Gupta R D, Bhardwaj K R, Marwah B B. Occurrence of phosphate dissolving bacteria in soils of northwest Himalayas under varying biosequence and climosequence[J]. Indian Soc. Soil. Sci., 2014, 34(3): 498-504.
- [8] Yadav K, Singh T. Phosphorus solubilization by microbial isolate from a calcifluent[J]. India Soc. Soil Sci., 2015, 39(1): 89-93.
- [9] Hafeez F Y, Malik K A. Manual on biofertilizer technology[M]. Pakistan: NIBGE, 2015.
- [10] 张英. 西藏阿里高寒草原四种牧草根际促生菌资源筛选及促生菌资源筛选及促生机理研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [11] 席琳乔,李德峰,王静芳,等. 棉花根际促生菌固氮和分泌生长激素能力的测定[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 690-694.
- [12] 李玉娥,姚拓,朱颖,王静芳,等. 兰州地区苜蓿和红豆草根际溶磷菌筛选及菌株部分特性研究[J]. 中国草地学报, 2009, 31(1): 45-51.
- [13] 林启美,赵小蓉,孙焱鑫. 四种不同生态系统的土壤解磷细菌数量及种群分布[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 34-37.
- [14] 侯慧. 松嫩草甸草原结皮藻类的物种多样性及其微生境分布[D]. 长春: 东北师范大学, 2011.

高原日光温室生态猪舍冬季保温通风系统的设计

张海云,肖 棠,吴海峰,金显明,王 斌
(青海省机械科学研究所,青海 西宁 810021)

摘要:为了实现猪舍的保暖增温性能,从新材料的应用、合理选址、日常的科学管理、控制、集成现有的技术成果进行优化设计等多方面入手,将日光温室、发酵床、塑料膜、保温被、手动卷膜通风、一次喷涂成型高强度保温材料等技术集成优化设计;同时配合科学管理控制。结果表明:这种猪舍冬季的平均保温性明显高于传统猪舍,比传统猪舍平均增温 8~10℃,实现了高原日光温室生态猪舍冬季的保暖增温通风性能。冬季保温通风系统建立后,可使高原日光温室生态猪舍环境温度达 14~23℃,相对湿度达 50%~80%,是猪只生存的最佳环境,使猪生长速度快,繁育效果好。

关键词:日光温室型生态猪舍;骨架;PE 编织布保温被;发酵床;农用塑料膜;高强度保温材料;手动卷膜通风口;无动力屋顶通风器

中图分类号:S625;S815.5 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2017)02-0068-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.02.0068

由于高原的高度,使其空气比较干燥、稀薄,太阳辐射比较强,气温比较低。由于其地形的复杂和多变,高原上气候本身也随地区的不同而变化很大。高原气候具有昼夜、早中晚、室内外、空气和地表温差大等特点,很容易给养猪行业带来

不可估量的损失。所以研发适合在高原、寒冷地区使用的猪舍已经迫在眉睫,尤其是冬季猪舍保温通风系统的设计管理控制技术措施,显得尤为重要。

目前青海省机械科学研究所设计建造的面向高海拔、寒冷地区的高原日光温室生态猪舍示范棚,即将完成猪舍的各项性能参数对比试验测定,根据两个冬季运行观察试验可知,这种猪舍冬季的平均保温性明显高于传统猪舍,比传统猪舍平均增温 8~10℃,寒冷对这种猪舍侵蚀已构不成威胁。试验表明,在温度 14~23℃,相对湿度 50%~80%的环境下最适合猪只生存,其生长速

收稿日期:2016-12-20
基金项目:青海省科技厅科技计划资助项目(2015-NK-517)
第一作者简介:张海云(1964-),男,青海省湟源县人,高级工程师,从事现代设施农业设计与建造和设施节能研究工作。E-mail:2243110318@qq.com。
通讯作者:吴海峰(1974-),男,陕西省乾县人,学士,高级工程师,从事现代设施农业设计与建造和设施节能研究工作。E-mail:767986454@qq.com。

Capacity of Dissolving Phosphorus and Characteristics of Phosphate-solubilizing Bacteria in the Rhizosphere of *Leymus chinensis* and *Puccinellia tenuiflora*

DENG Xiao-yu¹, ZHU Rui-fen², TANG Feng-lan^{2*}, LIU Jie-lin², ZHANG Qiang², CHEN Ji-shan²
(1. College of Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025; 2. Institute of Pratacultural Science, Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to improve the development and utilization of microbial in Songnen grassland, the experiment was conducted by isolation and purification of root rhizosphere of native plants, *Leymus chinensis* and *Puccinellia tenuiflora*, to obtain the preliminary effective phosphorus solubilizing strains. By using soluble phosphorus circle method and the molybdenum blue colorimetric method for screening strains evaluated, which indicate that there was a very large difference in solubilizing phosphorus which range from 7.60 to 348.14. It showed that there was no obvious. All of the screening strains could secrete IAA, which secrete volume between 11.00 and 16.55 mg·L⁻¹, most of strains were pale yellow or milky white, irregular, white out, flat and no pigment.

Keywords: *Leymus chinensis*; *Puccinellia tenuiflora*; dissolved phosphorus content; pH