

施肥对苜蓿种子产量影响的研究进展

陆继肖, 孙彦

(中国农业大学 草地研究所, 北京 100193)

摘要:在查阅大量资料的基础上,系统综述了氮、磷、钾及微肥对苜蓿种子产量影响的研究进展。据调查可知,当前大多研究停留在施肥后苜蓿种子产量高低的表面分析上,对苜蓿需肥特点、肥料对苜蓿种子作用的内在机理以及苜蓿种子田测土配方施肥体系的研究较少,建议在以后的试验中加强这方面的研究。

关键词:苜蓿;施肥;种子产量

中图分类号:S551⁺.7

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2013)05-0133-05

苜蓿是一种草产量高、品质好的优质豆科牧草,而且其具有较高的生态应用价值,在水土保持、植物修复和土壤改良方面发挥着重要作用。苜蓿在我国种植历史悠久,栽培广泛。苜蓿种子生产主要集中在甘肃、陕西、内蒙古、宁夏新疆、河北等地^[1]。目前,随着农业结构调整、西部大开发和畜牧业的发展,国内落后的种子生产已不能满足市场对苜蓿种子的需求,因此如何提高苜蓿种子产量和质量成为当前的一项迫切任务^[2]。科学施肥作为提高苜蓿种子产量的一项重要管理措施,越来越受到人们的重视。但因试验材料的不同,试验地肥力的高低,气候条件的差异,以及研究者的人为影响等因素,导致研究结果不尽相同。因此,通过总结以往的研究成果,以期为今后的研究方向提供参考。

1 施氮、磷、钾肥对苜蓿种子产量的影响

1.1 氮肥

氮作为植物必需的大量元素之一,在苜蓿体内含量较高,开花前至开花期的含氮量一般不低于4.4%,苜蓿氮含量临界值为4.0%^[3]。苜蓿主要以铵态氮和硝态氮的形式从土壤中吸收氮,且对硝态氮的吸收量明显大于铵态氮^[4]。苜蓿属于豆科植物,与根瘤菌间存在共生固氮作用,大多研究表明,苜蓿的固氮量基本可以实现自给自足^[5-6]。苜蓿种子田,只需在播种当年施入氮肥,其它年份可以少施或基本不施氮肥^[7]。但有些学

者发现,从现蕾到种子成熟期紫花苜蓿对氮肥的需求量增加,而此时根瘤菌老化,固氮能力下降,易出现氮素供应不足的现象,此时施氮肥可提高种子产量20%~30%^[8]。郑红梅等^[9]也认为,进入开花期后,除需追施磷、钾肥外,还要施氮肥。在盛建东等^[10]的研究中,氮肥在现蕾期作为追肥施用(施肥梯度50,100,150 kg·hm⁻²),施氮量为150 kg·hm⁻²时,种子产量最高,说明在干旱区适时适量的施用氮肥能够满足苜蓿生育后期对氮素的需求,提高苜蓿种子产量。库尔班·尼扎米丁等^[11]的研究结果表明,少量施尿素60 kg·hm⁻²,可促进苜蓿开花结实从而提高种子产量;大量施用(180 kg·hm⁻²)时,导致营养生长过盛,苜蓿种子减产。

土壤中的氮含量不仅影响苜蓿根系的形态发育,还影响根瘤的形成。施氮过多会抑制根瘤的形成,少量施氮则能促进根瘤的形成,增加其固氮能力^[12]。Mahler等^[13]的研究发现,根瘤菌活动具有明显的周期性,但其活性变化周期与苜蓿的生长周期不一致。苜蓿越冬时(十二月到次年四月份),根瘤菌较为活跃;苜蓿生长旺盛期(七月到十月),根瘤菌反而最不活跃。根瘤菌活性的降低,导致苜蓿生长旺盛期,固氮跟不上需求,这时如果施氮可以大幅度提高苜蓿的分枝开花和种子的成熟。

关于氮肥对已建植的苜蓿种子田的影响是一个复杂的问题,了解苜蓿不同生育期的需氮规律,根瘤菌的活性周期及其固氮能力变化是把握氮肥施用量实现丰产的关键。

1.2 磷肥

磷是参与植物体内代谢与合成的基本营养元素。虽然植物体内磷的含量远低于氮和钾,但在

收稿日期:2013-01-18

第一作者简介:陆继肖(1990-),男,山东省济宁市人,在读硕士,从事牧草种子生产研究。E-mail:lu.jixiao@163.com。

通讯作者:孙彦(1965-),女,蒙古族,内蒙古自治区通辽市人,博士,副教授,从事草坪科学与管理及牧草与草坪草种子质量检验工作。E-mail:ctsoffice@yahoo.com.cn。

我国许多地区,磷是制约苜蓿种子产量的主要营养元素。磷在调控苜蓿生殖生长,促进结实方面起着至关重要的作用。磷在苜蓿生殖生长阶段有向生殖器官转移的趋势,各处理植株器官中含量依次为:种子>荚>叶>茎>根^[14],缺磷时植物结实少,籽粒空瘪率增加,种子产量下降。苜蓿主要吸收土壤中有机关和无机态的磷。研究表明,在有效磷含量低的地区,随着施磷量的增加苜蓿种子产量不断提高^[15]。Malli报道施磷肥可以提高苜蓿种子产量达一倍以上^[16]。吴素琴^[17]研究了不同施磷水平对苜蓿种子产量和产量组分的影响(试验田土壤为灌淤土,速效磷含量 $12.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。结果表明,除施 P_2O_5 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的处理肥效不显著外,其它各处理苜蓿种子产量均显著高于对照,其中施 P_2O_5 $360\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,实际种子产量最高可达 $1\,680.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。王显国^[18]在甘肃酒泉(土壤速效磷含量 $30.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)的研究表明,第1年施磷肥(施 P_2O_5 $60, 90, 120, 150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)并没有显著提高种子产量,但在第2年施磷试验中,种子产量得到显著提高,其中施 P_2O_5 $60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的处理得到最高种子产量 $1\,281\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比对照提高 42.5% 。李卫军等在新疆地区(土壤速效磷含量 $3.18\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)的研究表明,施用磷肥 $135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,可显著提高苜蓿种子产量,达 $564.8\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比对照增加 75% ^[14];而在土壤速效磷含量 $13.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的条件下,施用单纯的速效磷(P_2O_5),对制种苜蓿增产效果不大,过量使用会降低种子产量^[11]。Lo-eppky等^[19]在加拿大土壤含磷量不同的3个地块的研究表明,在土壤速效磷含量 $11\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的地块上,春季施磷肥可使苜蓿种子产量得到提高,其中施 P_2O_5 $121.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的处理,种子产量达到最高值,为 $640\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;而在土壤速效磷含量为 $19\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的地块上,春季施磷种子产量没有得到显著提高。

由以上研究可以看出,土壤中速效磷含量的多少在一定程度上决定了施磷对种子产量的敏感程度,从经济角度讲,应根据土壤含磷水平确定是否施用磷肥,一般来讲,当苜蓿体内磷含量低于 0.20% 时,将会表现出缺磷现象,磷含量大于 0.70% 时又会产生毒害,只有磷含量介于 $0.26\%\sim 0.70\%$ 时,才最适合苜蓿生长^[20]。在美国俄勒冈州,人们根据土壤中速效磷的含量水平,将牧草种子田划分为3个等级:低磷土壤(速效磷

含量低于 $15\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)、中磷土壤(速效磷含量在 $15\sim 25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)和磷含量高的土壤(速效磷含量高于 $25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),3种等级分别推荐施磷量 $18\sim 26\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $13\sim 18\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和零施磷^[21]。王赞文^[22]的研究结果表明,当土壤速效磷含量低于 $12.47\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,需施磷肥以保证植物正常生长,对于速效磷含量较高($22.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)的土壤,推荐前一年秋季施 P_2O_5 $120\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,生长当季追施 P_2O_5 $240\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,这种施肥方式可使苜蓿种子产量高达 $1\,523.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。同时他还发现苜蓿根部的全磷含量可以反映种子产量的情况,可以作为一个施磷肥的植物指标。

磷在土壤中向着生成溶解度低的磷酸盐方面转化,流动性较小,一次施入大量磷肥可逐年被利用。Malhi等^[23]在严重缺磷土壤(速效磷含量 $1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)上,进行每年施磷一次(施 P_2O_5 $10, 20, 30$ 和 $40\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和五年一次性施磷肥(施 P_2O_5 $50, 100, 150$ 和 $200\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)对苜蓿生长特性的研究,结果表明,2种处理都能提高苜蓿草产量、草品质、磷肥利用效率和恢复效率。张铁军^[24]对速效磷含量分别为 $7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $17\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的两块试验地1a施肥($15, 30, 45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)1次和3a施肥($45, 90, 135\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)1次的试验处理,结果表明3a施肥($45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)1次可以获得较高的产量、磷肥利用率和磷肥回收率;每年1次施肥 $30\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (实验地点2)或 $45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (实验地点1)可以获得最高的种子产量,但是其磷肥利用率和磷肥回收率则较低。因此,三年一次性和低施磷量处理组合不仅可以获得种子高产而且具有潜在的经济和环境利益。有关一次性大量施磷肥对苜蓿种子连续几年产量影响的报道较少,有待进一步探讨。

磷肥的施用效果与土壤条件密切相关,合理的施肥方式有利于提高肥料的利用效率。许多试验证明^[23, 25],沟施比撒施的效果要好,这主要是由于表面土壤容易干燥,降低了磷肥的有效性;沟施条件下,深层土壤水分状况良好,有利于根系对磷的吸收利用。

1.3 钾肥

钾与磷不同,在植物体内不形成任何稳定的结构物质,而以钾离子或可溶性盐的形式存在或被原生质胶体不稳定地吸附。钾在植物体内发挥着重要的生理功能,如促进光合作用和光合产物的运输,参与渗透调节作用,增强作物抗性等。一

般来讲,当苜蓿体内钾含量低于 1.8% 时,将会表现出缺钾现象,钾含量大于 3.8% 时又会产生毒害,只有钾含量介于 2.5%~3.8% 时,才最适合苜蓿生长^[26]。充足的钾含量对苜蓿初期生长非常重要。有报道认为,钾可以提高苜蓿的生产力和寿命^[27]。此外有研究表明,施钾可以增加根的长度和重量^[28],增大根系吸收水分和营养物质的面积,提高根系对蛋白质和糖分的贮藏能力,有利于苜蓿越冬^[29]。同时钾能增加苜蓿的根瘤数,提高根瘤的质量和固氮能力^[30]。钾的以上作用为苜蓿种子的增产奠定了生物学基础。

土壤中钾的含量会影响苜蓿的种子产量和质量。适量施钾有利于种子成熟饱满和植物抗性的增强。有研究表明,在苜蓿种子生产田中,施用不同剂量的钾肥,可提高种子产量 9.3%~11.0%,施用草木灰也可以提高种子产量^[31]。但多数学者的研究表明施用钾肥对苜蓿种子产量的影响不大。Brue-smith 等^[32]在云南地区(土壤速效磷 18.2 mg·kg⁻¹,速效钾 147.8 mg·kg⁻¹)的研究表明,不同施磷水平(施 P₂O₅ 50,150 kg·hm⁻²)都能使苜蓿种子产量得到显著提高,而施钾肥(施 K₂O 100,300 kg·hm⁻²)的各处理肥效不明显。王赞文^[24]在土壤速效钾含量较低(15.66 mg·kg⁻¹)的甘肃地区的研究发现,在不施钾条件下,“中苜 1 号”和“金皇后”两个苜蓿品种种子产量都能达到较高水平,施钾并不能显著提高苜蓿种子产量,并因此得出苜蓿种子生产对钾需求量较低的结论。王显国^[18]在该地区(土壤速效钾含量较高,147.6 mg·kg⁻¹)的研究,得出与王赞文相似的结论,同时他还发现随着施钾水平(施 K₂O 60,120,180,240 kg·hm⁻²)的提高,苜蓿种子产量呈逐渐下降的态势。在美国俄勒冈州,对于土壤速效钾含量低于 100 mg·kg⁻¹的苜蓿种子生产田,人们通常秋施 K₂O 50 kg·hm⁻²^[21]。苜蓿种子生产对钾肥需求量的研究,应当通过土壤、植物组织的钾含量分析,同时考虑种子生产过程中的田间管理措施,从而得到进一步的明确。

土壤表施钾肥是苜蓿种子田施用钾肥简单有效的方法。Peterson 等^[33]的研究表明,表施钾肥处理,苜蓿当季钾肥利用率可达 41%,是 45 cm 埋施钾肥处理的 4 倍左右。如果田间管理也比较适当的话,苜蓿根系的生长也会得到促进,从而进一步提高钾肥的利用率。

1.4 氮、磷、钾配施对苜蓿种子产量的影响

氮、磷、钾肥按比例协调使用,可保证土壤养分正常含量,利于苜蓿的正常生长。目前,有关氮、磷、钾肥配施对苜蓿种子产量影响的研究,国内鲜见报道。现有研究中,一些学者认为,合理的配施比例可以显著提高苜蓿种子产量^[34-35]。也有一些学者的研究表明肥料配施并不能使苜蓿种子显著增产^[18]。因此,多种营养元素配合施用优化苜蓿种子田的施肥方案,在今后的研究中需要做进一步的探讨。

2 其它营养元素对苜蓿种子产量的影响

硫是蛋白质的重要组成元素,土壤中充足的硫含量是苜蓿种子增产的基础。施用硫肥可增加苜蓿根瘤的数量,提高草产量和种子产量^[36]。苜蓿的正常生长发育,不仅必需 C、H、O、N、P、K、Ca、Mg、S 等大量元素,还必需 B、Mn、Zn、Fe、Cu、Mo、Cl 等许多微量元素^[37]。硼可以促进苜蓿花器官的发育,增加花粉数量,提高花粉活力和促进花粉管的伸长,从而保证受精良好。施硼主要通过增加小花的数量和结实种子数而提高产量^[38]。钼是硝酸还原酶和固氮酶的组成成分,直接影响苜蓿根瘤的固氮作用。豆科植物对钼的需求量较大,缺乏可导致生产水平下降^[39]。李科等^[40]采用质量分数为 0.4%、0.6%、0.8% 的硼砂和 0.05%、0.07%、0.09% 的钼酸铵在苜蓿的现蕾期、初花期、盛花期进行叶面喷施。试验研究表明,硼和钼都可以显著提高苜蓿种子产量和产量组分。其中以质量分数为 0.05% 的钼酸铵处理对苜蓿种子增产效果最明显,产量达 592.31 kg·hm²,增产 35%;硼砂以质量分数为 0.8% 的处理效果较好,种子增产 15.56%。在刘香萍等^[41]的试验中,对盛花期紫花苜蓿进行叶面喷施不同质量分数的硼(0.3%、0.6%、0.9%)、钼(0.04%、0.08%、0.12%)、锌(0.6%、1.0%、1.4%),结果表明,硼、钼、锌对紫花苜蓿种子产量及其构成因素有显著效应。3 种微肥中 0.9% 硼、0.04% 钼和 0.6% 锌处理对苜蓿种子具有良好的增产效果,种子产量分别比对照增加 6.89%、26.51% 和 13.8%。在苜蓿种子生产中,一些学者通过喷施稀土来提高种子产量。如李科等^[42]采用 0.01%、0.02%、0.03%、0.04% 和 0.05% 浓度的稀土,在苜蓿的返青、分枝、现蕾、盛花期进行了叶面喷施,结果发现叶面喷施 0.03% 浓度的稀土处理效果最佳,其分枝数、结荚花序数、荚果数、

种子粒数分别比对照增加了43.81%、23.0%、18.62%和30.5%,种子产量增加17.75%。

3 讨论与建议

施肥是影响苜蓿种子丰产的重要因子,土壤中平衡充足的肥料是苜蓿种子增产的基础。目前,虽然在这方面已有较多的研究,但因土壤、气候、田间管理等影响因素较多,导致研究结果差别较大甚至相互对立。目前,大多研究停留在施肥后苜蓿种子产量高低的表面分析上,对于苜蓿需肥特点、需肥量的多少以及测土配方施肥体系的研究较少。

针对我国苜蓿种子生产现状及目前国内外的相关研究,对今后的研究方向提出建议,以期苜蓿种子产业及农牧业发展提供有益参考。

3.1 建立专业化的种子生产田

我国苜蓿种子生产一直作为草的副产品,但牧草种子生产与草产品生产所需气候条件截然不同,所以应根据苜蓿种子结实特性,选择最适区域展开种子生产,实现苜蓿种子生产的集约化、机械化和标准化。

3.2 因地制宜,合理施肥

不同地区间,由于土壤类型、土壤供肥能力、气候条件等因素的不同,种子生产性能表现出很大差异。因此,应进行苜蓿种子生产田测土配方施肥体系的建立,确定苜蓿种子目标产量需肥量、土壤肥力、肥料利用率等指标,然后根据养分平衡法,实现不同地区间的合理施肥。

3.3 延长研究年限

苜蓿为多年生牧草,应注意一些缓控释肥的肥效以及长期施肥的累积效应等。以磷肥为例,磷在土壤中移动性差,流失量和植物吸收利用量都很小,因此,对于一次性大量施磷肥是否可以连续几年提高种子产量以及长期施用的积累肥效,都有待进一步研究。

3.4 加强相关机理的研究

目前的研究大多止步于施肥对苜蓿种子产量和产量组分的表观比较,对于肥料如何提高种子产量的内在机理研究较少。氮、磷、钾等大量元素是苜蓿生长必需的,硼、钼、锌等微量元素也不可或缺,探究各元素间的拮抗与协同作用,对苜蓿合理配方施肥具有重要意义。因此,应加强施肥对苜蓿种子产量影响的内在机理研究,为合理施肥提供理论依据。

参考文献:

- [1] 孙启忠,桂荣,那日苏.我国西北地区苜蓿种子产业化发展优势与对策[J].草业科学,2000,17(2):65-69.
- [2] 王志锋,徐安凯,杨允菲.我国苜蓿种子丰产研究现状[J].草业科学,2007,24(7):43-50.
- [3] 汪诗平,陈默君.氮肥对苜蓿生产性能和品质的影响[J].中国草地,1992,(3):74-77.
- [4] Barber L D, Joern B C. Supplemental nitrogen effects on alfalfa regrowth and nitrogen mobilization by corn roots [J]. Crop Science, 1996, 36: 1217-1223.
- [5] Macleod L B. Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, regrowth, and Carbohydrate content of the storage organs of alfalfa and grass[J]. Agronomy Journal, 1965, 57: 345-350.
- [6] 刘小飞,李科云.氮磷钾不同施用量对苜蓿、黑麦草、玉米产量和营养价值的影响研究进展[J].四川草原,2005(6):17-19.
- [7] 陈宝书.牧草饲料作物栽培学[M].北京:中国农业出版社,2001:218-219.
- [8] 王晓力,王静.紫花苜蓿种子生产田间管理关键技术[J].内蒙古草业,2004,16(1):23-25.
- [9] 郑红梅,呼天明.紫花苜蓿种子高产栽培技术[J].种子世界,2004(5):35-36.
- [10] 李丽,李宁,盛建东,等.施氮量和种植密度对紫花苜蓿生长及种子产量的影响[J].草地学报,2012,20(1):54-62.
- [11] 库尔班·尼扎米丁,朱进忠,李卫军,等.氮、磷肥对制种苜蓿种子增产效应的研究[J].新疆农业科学,2009,46(1):152-155.
- [12] Tenber L R, Phillips D A. Predicted and actual yield and nitrogen concentration of alfalfa indifferent nitrogen environments[J]. Crop Science, 1988, 31: 1459-1464.
- [13] Maller R L, Wollum A G. Seasonal variation of rhizobium meliloti in Alfalfa hey and cultivated fields in North Carolina [J]. Agron. J., 1982, 74: 428-431.
- [14] 陈强,柳卫东,李卫军.不同磷肥处理对苜蓿种子产量的影响[J].新疆农业科学,2007,44(2):231-234.
- [15] 韩建国.实用牧草种子学[M].北京:中国农业大学出版社,1997:193-194.
- [16] Malli S. A special handing techniques increases effectiveness of phosphorus fertilizer on alfalfa [J]. Better Crops with Plant Food, 1997, 81(4): 9-11.
- [17] 吴素琴.紫花苜蓿丰产关键因子及产量构成因素的研究[D].甘肃:甘肃农业大学,2004:34-50.
- [18] 王显国.密度调控、施肥、刈割等措施对紫花苜蓿种子产量和质量的影响[D].北京:中国农业大学,2005:59-77.
- [19] Loepky H A, Horton S. Forage seed yield response to N and P fertilizers and soil nutrients in northeastern Saskatchewan [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1999, 79: 265-271.
- [20] Smith D. The establishment and management of alfalfa [M]. Madison WI: University of Wisconsin Bulletin, 1986: 542.
- [21] Youngbegr H. Techniques of seed Production in Oregon [M]. Seed Production. London-Boston: Butterworths, 1980:

- 207-208.
- [22] 王赞文. 灌溉、施肥、疏枝等对紫花苜蓿种子产量和质量的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2003: 47-56.
- [23] Malhi S S, Zentner R P, Heier K. Banding increases effectiveness of fertilizer P for alfalfa production[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2001, 59(1): 1-11.
- [24] 张铁军. 施磷肥、喷施生长调节剂、播种密度等措施对紫花苜蓿种子产量的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2009: 18-27.
- [25] 刘彦, 刘建文, 张康林, 等. 苜蓿不同施肥处理的增产效果观察[J]. 湖北畜牧兽医, 2010(7): 6-8.
- [26] Smith D. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K values[J]. Agron. J., 1975, 67: 60-64.
- [27] 赵永志, 贺建德, 杨立国, 等. 施肥对紫花苜蓿产量及效益的影响[J]. 北京农业科学, 2002(3): 26-27.
- [28] Matches A G, Nott G O, Bula R J. Vegetative development of alfalfa seedlings under varying levels of shading and potassium fertilization [J]. Agronomy Journal, 1962, 54: 541-543.
- [29] Jung G A., Smith D. Influence of soil potassium and phosphorus content on cold resistance of alfalfa [J]. Agronomy Journal, 1959, 51: 585-587.
- [30] Collins M, Duke S H. Influence of potassium fertilization rate and form of photosynthesis and nitrogen fixation on alfalfa (*Medicago sativa*) [J]. Crop Science, 1981, 21: 481-485.
- [31] Meyers N L, Kopecky M J. Industrial wood ash as a soil amendment for crop production [J]. Tappi Journal, 1998, 81(4): 123-130.
- [32] Brue-Smith J, Yang G R, Huang B Z, et al. FAO design K, B, P trials in the mid-altitude of Yunnan Province, Southern China[C]//ChenXiong. Proceedings of the VI International Grassland Congress, Versailles: Alfred Friendly Press Fellowships, 1989: 553-554.
- [33] Peterson L A, Smith D. Recovery of K₂SO₄ by alfalfa after placement at different depths in a low fertility soil[J]. Agronomy Journal, 1973, 65: 769-772.
- [34] 田新会, 杜文华. 氮、磷、钾肥对紫花苜蓿种子产量及产量构成因素的影响[J]. 中国草地学报, 2008, 30(4): 16-20.
- [35] 鞠晓峰, 刘香萍, 李国良, 等. 不同磷、钾肥配比对紫花苜蓿种子产量的影响[J]. 饲草与饲料, 2012(3): 85-87.
- [36] Diaz Zorita M, Fernandez Canigia M V. Sulfur and nitrogen in the implantation of perennial pastures in the Argentine Sandy Pampean Region [J]. Coencia del Suelo, 1998, 16(2): 103-106.
- [37] 胡华锋, 介晓磊, 刘世亮, 等. 喷施微肥对苜蓿微量元素含量及积累量的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(1): 15-19.
- [38] Sherrell C G. Effects of boron application on seed production of New Zealand herbage legumes [J]. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 1983, 11: 113-117.
- [39] 张耀鸿. 微量元素肥料的功能以及施用方法[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(19): 120-121.
- [40] 李科, 朱进. 硼、钼元素对苜蓿种子的增产效果[J]. 草业科学, 2009, 26(1): 61-63.
- [41] 刘香萍, 李国良, 杜广明, 等. 喷施硼、钼、锌对紫花苜蓿种子产量的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(12): 2167-2169.
- [42] 李科, 朱进. 喷施稀土对苜蓿种子增产效果的研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(4): 286-288.
- [43] 曾庆飞, 贾志宽, 韩清芳, 等. 施肥对苜蓿生产性能及品质影响的研究综述[J]. 草业科学, 2005, 22(7): 8-14.

Research Progress on the Effect of Fertilization on Seed Yield of Alfalfa

LU Ji-xiao, SUN Yan

(Grassland Research Institute of China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: Based on literature and investigative trial results, the effects of N, P, K and micronutrients on seed yield of alfalfa were summarized. According to the survey that most of the studies stayed on a comparison of the level of seed yield of alfalfa after fertilization. There were few studies on the fertilizer characteristics, the internal mechanism of fertilizers on the alfalfa seed and soil testing and fertilizer recommendation. It suggested focusing on those aspects in the future research.

Key words: alfalfa; fertilization; seed yield