

施氮量和种植密度对紫花苜蓿生长及种子产量的影响

李 丽, 李 宁, 盛建东*, 王 皓

(新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:通过田间试验研究了施氮量、种植密度对紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)各器官干物质积累、氮素吸收、积累分配及种子产量的影响。结果表明:高氮稀植(N3D1)处理有利于苜蓿各器官干物质及氮素积累;氮素积累趋势因施氮量、种植密度不同而异:低氮高密、中氮高密处理下氮素积累以茎秆为中心,高氮低密处理下,花荚为氮素积累中心,施氮可显著提高干物质及氮素积累量。各处理中干物质及氮素积累量均以 N3D1 处理最高,该处理下苜蓿根、茎、叶、花荚中干物质为 8.65, 19.02, 2.35, 5.98 g · 株⁻¹, 氮素积累量分别为 12.23, 15.01, 3.62, 15.70 mg · 株⁻¹。本研究中当施氮量为 150 kg · hm⁻², 密度为 3 kg · hm⁻²时,种子产量最高达到 740.36 kg · hm⁻²。

关键词:施氮量;种植密度;紫花苜蓿;种子产量

中图分类号:S157.41;S352.2;S541.9

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0054-05

Effects of Nitrogen Fertilizer and Planting Density on Alfalfa Growth and Seed Yield

LI Li, LI Ning, SHENG Jian-dong*, WANG Hao

(College of Grassland and Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: The effect of nitrogen fertilizer and planting density on dry matter accumulation, nitrogen absorption, accumulation and distribution of alfalfa organ and seed yield was studied through field experiments. Results showed that the high level of nitrogen and low planting density (N3D1) enhanced dry matter and nitrogen accumulation of each organ. Nitrogen accumulation was varied for different nitrogen levels and planting densities. Stem was the main organ of nitrogen accumulation in the treatment of high planting density and low or medium nitrogen level. However, nitrogen mainly accumulated in flower pods in the treatment of low planting density and high nitrogen level. Dry matter and nitrogen accumulation increased with nitrogen level increasing. The highest dry matter and nitrogen accumulation were tested in treatment N3D1 compared with others. The average contents of dry matter accumulation in root, stem, leaf and flower pod of treatment N3D1 were 8.65, 19.02, 2.35 and 5.98 g · plant⁻¹, respectively. Nitrogen contents in each organ were 12.23, 15.01, 3.62, 15.70 mg · plant⁻¹, respectively. The optimal nitrogen application level and planting density were 150 and 3 kg · hm⁻². Under the optimal condition, the seed yield of alfalfa can reached 740.36 kg · hm⁻².

Key words: Nitrogen applying level; Planting density; Alfalfa; Seed yield

苜蓿(*Medicago sativa* L.)是我国种植面积最大、最重要的牧草之一,在畜牧业发展中起着举足轻重的作用。据统计我国紫花苜蓿种植面积虽然已达到 400 多万 hm²^[1],但仍不能满足市场需求,而提高苜蓿种子产量是实现苜蓿生产优质高效的前提。目前对紫花苜蓿种子产量及产量构成因子方面的研究主要集中在施肥、灌溉、密度、生长调节剂、疏枝和刈割

等方面^[2~5]。

施氮量及栽植密度作为紫花苜蓿种子丰产的因子及相应的栽培措施,对于提高苜蓿种子生产能力和生产水平具有重要意义,国内外对其已做过不少研究^[6~9]。王晓力等^[10]研究表明,从现蕾到种子成熟紫花苜蓿对氮肥的需要量增加,施氮肥可使种子产量提高 20%~30%。石凤翎等^[11]研究表明,紫花

收稿日期:2011-08-22;修回日期:2011-10-20

基金项目:“十一五”国家牧草产业技术体系;牧草良种繁育技术开发与试验示范;新疆自治区土壤学重点学科资助项目资助

作者简介:李丽(1986-),女,回族,新疆吐鲁番人,硕士研究生,研究方向为植物营养,E-mail:lili0172@sina.com; *通信作者 Author for correspondence, E-mail:sjd-2004@126.com

苜蓿在开花期和结荚期对氮肥的需要量增大,及时追施氮肥及复合肥可显著提高种子产量。郑红梅等^[12]则认为,分蘖期施肥对于紫花苜蓿种子生产尤其重要,初花期施氮肥可使种子产量提高 20%~30%。陈述明等^[13]研究表明,植株密度影响苜蓿生长期的增高和生长速度,密度的增加不利于苜蓿单株种子产量。

对于刈割用苜蓿人工草地来讲,一般在现蕾期收获,生育期短,利用其固氮作用基本可以满足植株对氮素的需求,且节省氮肥投入。但是,对于仅依靠共生固氮无法满足幼苗获得最佳光合作用需要的苜蓿种子田来说,由于生育期长,根瘤菌前期固定的氮素能否满足后期的需求有待深入研究。另外在紫花苜蓿生物量形成和营养物质累积的研究也不够深入,仅见于对刈割用苜蓿人工草地的研究^[14],关于种植密度与氮素的耦合关系对紫花苜蓿生长及种子产量的影响也值得深入研究。因此,本研究设置不

同施氮量和密度耦合试验,对苜蓿种子产量及氮素积累分配特点进行研究,以揭示苜蓿种子生产中氮素的需求及吸收规律,研究结果可为紫花苜蓿种子生产制定科学的栽培管理措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于新疆呼图壁种牛场新疆农业大学草地资源与生态实验站。该站位于呼图壁河冲洪积扇缘与冲积平原交错地带,地理位置为 N 44°18', E 86°57', 海拔 439~454 m, 该区光热资源丰富,年总辐射量为 $5.56 \times 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{cm}^{-2}$, 年日照时数 3110 h, 年日照百分率 70%。年降水 155.2 mm, 年蒸发量 2300 mm, 冬季有积雪, 生长季(4—9 月)平均气温 18.5℃。试验地自 2009 年 5 月种植, 试验地土壤基本性状如表 1 所示。

表 1 试验区土壤主要理化性质

Table 1 Soil properties of experimental site

采样深度 Sampling depth /cm	有机质 Organic /g · kg ⁻¹	碱解氮 Nitrogen /mg · kg ⁻¹	速效磷 Available phosphorus /mg · kg ⁻¹	速效钾 Potassium /mg · kg ⁻¹	全氮 Total N /g · kg ⁻¹	全磷 Total P /g · kg ⁻¹	全钾 Total K /g · kg ⁻¹	总盐 Total salt /g · kg ⁻¹	pH
0~20	19.36	14.2	37	289	1.56	0.44	1.87	13.2	7.9
20~40	14.98	10.8	28	262	1.01	0.38	2.91	12.1	7.9

1.2 试验设计及方法

本试验采用 2 因素(氮肥施用量、密度)3 水平实施方案,其中磷肥 300 kg · hm⁻²、钾肥 75 kg · hm⁻² 作为基肥一次性施入,氮肥在现蕾期作为追肥施用,灌水时撒施。氮肥施用量设 3 水平(50, 100, 150 kg · hm⁻²)一次性施入,分别记为 N1, N2, N3; 密度以第 1 年播种量计算为 3, 6, 9 kg · hm⁻², 条播, 行距为 60 cm, 分别记为 D1, D2, D3(表 2)。每个处理设置 3 次重复,共 30 个小区,每小区 20 m²。试验地供试品种为新牧 1 号。于现蕾期灌水 1 次,灌水量为 900 m³ · hm⁻²。田间管理同大田管理措施基本一致。

1.3 测定内容与方法

在紫花苜蓿生长旺盛的现蕾期(2010 年 5 月 30 日)、花期(6 月 14 日)和结荚期(7 月 22 日)采集 3 株植株样,按根、茎、叶、果实分别采样,称取各器官鲜重,随即在 100~105℃ 下杀青 15 min,然后在 70~80℃ 烘干至恒重,样品粉碎后用于养分分析。于种子成熟期,在每个处理小区选取代表性的植

表 2 试验设计

Table 2 Experimental design

处理 Treatment	水平 Level	
	氮肥	密度
	Nitrogen fertilizer/kg · hm ⁻²	Density/kg · hm ⁻²
N0D2	0	6
N1D1	50	3
N1D2	50	6
N1D3	50	9
N2D1	100	3
N2D2	100	6
N2D3	100	9
N3D1	150	3
N3D2	150	6
N3D3	150	9

株 5 株,测定每株的生殖枝数、每生殖枝花序数、每花序荚果数、每荚果种子数和单株种子产量。种子成熟时对各个小区单打单收,分别记载小区产量,并测定千粒重。植物全氮用浓硫酸—双氧水消化,用常规分析方法^[15]测定;数据采用 Excel 2003 和 DPS 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理下苜蓿各器官生物量累积动态

总体来看,各处理根、茎、叶干物质积累水平均表现为 $N_3 > N_2 > N_1, D_1 > D_2 > D_3$,即随着施氮量的增加和密度的减少,各器官干物质质量不断增大;施氮量的增加,加大了新器官中干物质质量及其在植株中的分配比例,苜蓿群体间竞争较小,更有利于植株各器官干物质质量的累积^[8]。各处理中以 N_3D_1 处理的根、茎、叶及花荚中干物质质量最大,各器官干物质质量分别为 $8.65, 19.02, 2.35, 5.98 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,且除 N_3D_2 外与其他处理差异显著(表3)。

各器官在不同生育期干物质积累量均以茎秆最大,茎秆为干物质积累的主要部位。叶片在现蕾期干物质质量达到最大,平均为 $5.92 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,现蕾期至花期是茎秆、根等部位干物质快速增长的阶段,此阶段茎秆迅速增长,而花期至结荚期,由于生长中心转移,花荚部位干物质质量不断增大,花荚中干物质平均积累量为 $3.90 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$,但根部仍保持一定的积累量,叶、茎秆干物质呈下降趋势,促使籽粒充实;此期间营养生长衰落,生殖生长旺盛,干物质向花荚籽粒转运,高氮低密(N_3D_1)处理更有利于生育后期各器官干物质质量的增加,这对于提高种子产量具有重要意义。

表3 苜蓿各器官干物质质量积累
Table 3 Dry matter accumulation of alfalfa tissues $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$

器官 Organ	时期 Timing	N0D2	N1D1	N1D2	N1D3	N2D3	N2D1	N2D2	N3D2	N3D3	N3D1
根 Root	现蕾期 Aquaring stage	3.28 ^f	4.01 ^{de}	3.72 ^{ef}	3.65 ^{ef}	3.71 ^{ef}	5.41 ^b	4.20 ^{cde}	6.96 ^a	4.59 ^{cd}	7.00 ^a
	花期 Flowering phase	3.14 ^f	5.05 ^d	4.29 ^e	4.00 ^e	4.94 ^d	6.07 ^b	5.24 ^{cd}	7.34 ^a	6.05 ^b	7.67 ^a
	结荚期 Podding stage	3.90 ^g	5.40 ^{de}	4.56 ^{fg}	5.26 ^{ef}	5.06 ^{ef}	6.51 ^b	5.61 ^{cde}	8.20 ^a	6.43 ^{bc}	8.65 ^a
茎秆 Stem	现蕾期 Squaring stage	5.81 ^{gf}	8.08 ^{de}	6.85 ^{fg}	6.12 ^g	7.54 ^{ef}	12.03 ^b	9.07 ^d	12.92 ^{ab}	10.37 ^c	13.33 ^a
	花期 Flowering phase	7.06 ^g	11.89 ^{cde}	9.81 ^{efg}	8.33 ^{fg}	11.43 ^{def}	15.05 ^{bc}	13.06 ^{bcd}	15.97 ^b	13.97 ^{bed}	25.69 ^a
	结荚期 Podding stage	7.46 ^g	11.33 ^{def}	9.57 ^{efg}	8.95 ^{fg}	11.27 ^{def}	16.01 ^b	12.52 ^{cde}	16.02 ^b	15.24 ^{bc}	19.02 ^a
叶 Leaf	现蕾期 Squaring stage	3.24 ^h	4.97 ^{def}	4.38 ^{fg}	3.65 ^{gh}	4.57 ^{efg}	7.84 ^b	5.46 ^{cde}	9.26 ^a	6.33 ^c	9.47 ^a
	花期 Flowering phase	2.44 ^e	3.77 ^{cde}	3.36 ^{de}	3.00 ^{de}	3.39 ^{de}	5.26 ^b	4.17 ^{bed}	6.85 ^a	4.88 ^{bc}	7.83 ^a
	结荚期 Podding stage	0.63 ^{de}	1.07 ^{bed}	0.86 ^{cde}	0.39 ^e	0.92 ^{cde}	1.54 ^b	1.15 ^{bed}	1.58 ^b	1.54 ^b	2.35 ^a
花荚 Flower and pod	花期 Flowering phase	0.82 ^e	1.63 ^{cde}	1.27 ^{de}	0.99 ^{de}	1.5 ^{de}	2.99 ^{abc}	1.77 ^{bcd}	3.02 ^{ab}	2.36 ^{bed}	4.17 ^a
	结荚期 Podding stage	1.40 ^e	3.39 ^{cd}	2.21 ^{de}	2.17 ^{de}	2.88 ^d	5.87 ^a	4.16 ^{bc}	5.94 ^a	5.04 ^{ab}	5.98 ^a

注:不同小写字母表示同行平均值差异显著($P < 0.05$),下同

Note: Different letters in the same row mean significant difference at the 0.05 level, the same as below

2.2 不同密度和氮素水平对苜蓿氮素积累分配的影响

不同处理下苜蓿各器官氮素累积总趋势一致,即不同器官氮素积累水平均表现为 $N_3 > N_2 > N_1, D_1 > D_2 > D_3$ 。苜蓿各器官氮素积累量随着施氮量的增大及密度的减小而不断增大;各处理氮素积累量也以 N_3D_1 处理最高,其中,根、茎、叶及花荚中氮素积累量分别为 $12.23, 15.01, 3.62, 15.70 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$,且与其他处理差异显著(表4)。

各处理苜蓿根、茎、花荚中氮素积累主要集中在花期至结荚期,而叶片氮素积累最大的时期为现蕾期,平均为 $11.73 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$,说明现蕾期是刈割牧草的最佳收获期。结荚期地上部分各器官氮素积累量随施氮量和栽植密度而异:低氮高密、中氮高密处理下花荚部位积累量小于茎秆,但其他处理下花荚氮素积累量均大于其他器官,在结荚期是氮素积累的中心,这说明低氮高密度情况下不利于氮素向生殖器官的转移及积累,提高施氮量,花荚等部位氮素

积累量明显增大并与低氮处理差异显著,这可能是由于氮肥的不足,营养生长差,氮素分配给蕾和花荚的比例小的原因。花期之后植株体内的氮素由叶片、茎秆逐渐转移到荚中,表明施氮肥主要通过影响叶片、茎秆的氮素吸收积累变化从而调控营养体的增长及其向生殖器官的转移。

2.3 不同氮素和密度水平对苜蓿种子产量的影响

不同氮素和密度水平对苜蓿种子产量的影响如表5所示。分析各处理的结果表明,不同氮素水平种子产量 $N_3 > N_2 > N_1, N_3$ 水平下种子产量较 N_2, N_1 和 N_0 水平增幅分别为 $9\%, 23\%$ 和 29% ;不同密度水平下 $D_1 > D_2 > D_3$,增幅分别为 25% 和 16% 。其中,各处理以 N_3D_1 处理(即施氮量为 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,密度为 $3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)的种子产量最高,达到 $740.36 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,并且除 N_2D_1 处理之外,与其他处理差异显著($P < 0.05$)。表明高氮低密处理是干旱区苜蓿种子生产较适合的组合模式。

表 4 苜蓿各器官氮素积累

Table 4 Nitrogen accumulation of alfalfa tissue

mg · 株⁻¹

器官 Organ	时期 Timing	N0D2	N1D1	N1D2	N1D3	N2D3	N2D1	N2D2	N3D2	N3D3	N3D1
根 Root	现蕾期 Squaring stage	1.88 ^h	3.86 ^{def}	3.10 ^{fg}	2.79 ^{gh}	3.35 ^{efg}	5.94 ^b	4.19 ^{cde}	8.63 ^a	4.88 ^c	8.85 ^a
	花期 Flowering phase	2.32 ^g	4.58 ^{cde}	3.71 ^{ef}	3.27 ^{fg}	4.35 ^{de}	5.82 ^b	4.91 ^{bcd}	7.25 ^a	5.82 ^b	8.23 ^a
	结荚期 Podding stage	5.86 ^g	10.74 ^{de}	8.10 ^{fg}	9.23 ^{ef}	9.84 ^{ef}	14.64 ^b	11.68 ^{cde}	18.37 ^a	13.40 ^{bc}	20.05 ^a
茎秆 Stem	现蕾期 Squaring stage	3.16 ⁱ	5.38 ^{ef}	4.38 ^{gh}	3.71 ^{hi}	4.97 ^{fg}	8.90 ^c	6.26 ^e	10.26 ^b	7.46 ^d	11.83 ^a
	花期 Flowering phase	2.67 ⁱ	5.52 ^{efg}	4.42 ^{gh}	3.35 ^{hi}	5.16 ^{fg}	8.28 ^{bc}	6.27 ^{def}	9.08 ^b	7.67 ^{bcd}	17.36 ^a
	结荚期 Podding stage	6.95 ^g	12.22 ^{def}	9.80 ^{efg}	9.11 ^{fg}	12.04 ^{def}	20.68 ^b	13.38 ^{de}	20.94 ^b	18.10 ^{bc}	26.46 ^a
叶 Leaf	现蕾期 Squaring stage	5.66 ^g	9.84 ^{de}	8.17 ^{ef}	6.59 ^{fg}	8.66 ^e	15.82 ^b	10.85 ^{cd}	18.99 ^a	12.65 ^c	20.03 ^a
	花期 Flowering phase	3.56 ^g	6.21 ^{def}	5.20 ^{efg}	4.65 ^{fg}	5.41 ^{efg}	9.10 ^c	6.90 ^{de}	11.93 ^b	8.13 ^{cd}	14.18 ^a
	结荚期 Podding stage	1.48 ^{fg}	3.03 ^{cdef}	2.37 ^{efg}	0.97 ^g	2.60 ^{defg}	4.60 ^{bc}	3.43 ^{bcde}	4.88 ^b	4.60 ^{bc}	7.55 ^a
花荚 Flower and pod	花期 Flowering phase	1.32 ^e	3.25 ^{de}	2.30 ^{de}	1.69 ^e	2.81 ^{de}	6.21 ^{bc}	3.49 ^{cde}	6.59 ^b	4.77 ^{bcd}	11.86 ^a
	结荚期 Podding stage	4.18 ^h	12.84 ^{ef}	8.39 ^{gh}	7.86 ^{gh}	10.90 ^{fg}	23.26 ^{bc}	15.89 ^{de}	25.21 ^{ab}	19.98 ^{cd}	27.74 ^a

表 5 施氮量和密度对苜蓿种子产量的影响

Table 5 Effects of nitrogen fertilizer and density on alfalfa production

处理 Treatment	产量 Production/kg · hm ⁻²	处理 Treatment	产量 Production/kg · hm ⁻²
N0D2	427.75 ^c	N2D2	555.10 ^{bc}
N1D1	520.49 ^{bc}	N2D3	469.45 ^{bc}
N1D2	449.62 ^{bc}	N3D1	740.36 ^a
N1D3	417.36 ^c	N3D2	556.22 ^{bc}
N2D1	607.28 ^{ab}	N3D3	514.34 ^{bc}

3 讨论

紫花苜蓿的干物质积累及分配是形成产量的基础,反映了养分的有效吸收状况。苜蓿干物质积累量随施氮量增大及密度的减小而不断增大,但不同生育期各器官干物质累积趋势不同。茎秆干物质积累量与氮素积累趋势不同步,在稀植处理下有利于干物质积累高峰提前,这可能与稀植优化了种群结构,并且一定的施氮供应满足了植株对氮素的积累,有利于促进苜蓿开花结荚,氮素向生殖器官的发育,这是促进种子产量提高的基础。茎秆是干物质及氮素积累的主要部位,显著高于其他各器官干物质积累量,这与史纪安等^[16]研究结果一致。

本试验条件下,氮素在各器官的分配随施氮量增大、播种密度的降低及生长发育中心转移而变化,高氮低密(N3D1)处理更有利于苜蓿营养器官氮素吸收及其向花荚籽粒的转运和积累。这可能是因为高密度条件下,苜蓿单株分枝过多,群体间竞争激烈,不利于各器官氮素积累。

作物施肥量的确定受到作物产量水平、土壤供肥量和栽培技术等综合因素的影响。对于氮肥在苜蓿种子增产中的作用认识不一,田新会等^[9]认为苜蓿种子田需施用少量氮肥可使种子产量显著提高(47 kg · hm⁻²),而 MacLeod^[17]和 Rassini^[18]研究

表明在建植苜蓿中无需施氮肥,施肥对苜蓿种子产量的影响不明显。本研究的施氮量为 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于氮素的需求,提高苜蓿种子产量,这可能与干旱区土壤物候条件有关。

播种密度方面,Rumbaugh^[19]研究认为紫花苜蓿种子田播种行距是 30 cm,播量为 1 kg · hm⁻²时,能显著提高种子产量。Dovart^[20]认为苜蓿种子田播量为 2.5 kg · hm⁻²,并进行疏枝可显著提高种子产量。本试验结果表明,苜蓿种子田适宜播种密度为 3 kg · hm⁻²,该播种密度下较高密度水平苜蓿各器官干物质及氮素积累均有明显优势。

4 结论

苜蓿不同器官干物质质量及氮素积累量均随施氮量的增加及密度的减小而增大;随生育时期推进氮素积累趋势因施氮量、种植密度不同而异:低氮高密、中氮高密处理下氮素积累以茎秆为中心,高氮低密处理下以花荚为中心,施氮可显著提高干物质及氮素积累量;结荚期苜蓿氮素积累量达到最大值,盛花期至结荚期应追施氮肥以利于籽粒饱满,从而达到增产的目的。本试验中干物质及氮素积累量以 N3D1 处理最高,该处理下苜蓿根、茎、叶、花荚中干物质为 8.65, 19.02, 2.35, 5.98 g · 株⁻¹,氮素积累量分别为 12.23, 15.01, 3.62, 15.70 mg · 株⁻¹。

干旱区苜蓿种子生产较适宜的施氮量与密度组合为 N3D1,即施氮量为 150 kg · hm⁻²,播种密度为 3 kg · hm⁻²,此时种子产量高达 740.36 kg · hm⁻²;高氮稀植组合优化了苜蓿种群间物质生产和分配动态,提高了群体生产力,苜蓿种子可获高产。

(下转 62 页)

前一定要晾干,使水分含量控制在15%以下为宜。

4.2 苜蓿草捆霉变后粗蛋白质的含量增加,推测是由于微生物蛋白积累所致。增加的蛋白对饲喂家畜是否有促进作用目前尚未知,还需进一步的研究。

4.3 苜蓿草捆霉变后粗脂肪和可溶性糖含量降低,霉菌增长与粗脂肪含量和可溶性糖含量有较强的负相关性。

参考文献

- [1] 王鑫,马永祥,李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特性[J]. 草业科学,2003,20(10):39-40
- [2] 苑会珍. 饲料霉变的预防及脱毒[J]. 江西畜牧兽医杂志,2006(1):26-27
- [3] 牛建忠,周禾,史德宽. 苜蓿草捆含水量、密度及尿素对其质量的影响[J]. 草地学报,2006,14(1):34-38
- [4] 陈鹏飞,戎郁萍,玉柱,等. 微波测定紫花苜蓿含水量初步研究[J]. 中国草地学报,2006,28(3):53-55
- [5] 傅彤. 微生物接种剂对玉米青贮饲料发酵进程及其品质的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2005
- [6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2005
- [7] 宁开桂. 实用饲料分析手册[M]. 北京:中国农业出版社,2002
- [8] 魏金涛,齐德生. 饲料霉变品质变化及其评价指标探讨[J]. 饲料工业,2006,27(11):49-51
- [9] 贾玉山,格根图,张晓娜,等. 复合型天然防霉剂对苜蓿干草贮藏期营养价值的影响[J]. 草地学报,2011,19(1):122-126
- [10] 何云,霍文颖,张海棠,等. 紫花苜蓿的营养价值及其影响因素[J]. 安徽农业科学,2007,35(11):3243-3244
- [11] 许庆方,王保平,董宽虎,等. 淋雨对苜蓿干草品质的影响[J]. 草地学报,2010,18(6):848-853
- [12] Garaleviciene D, Pettersson H, Augonyte G, et al. Effects of mould and toxin contaminated barley on laying hens performance and health [J]. Archive of Animal Nutrition, 2001, 55(1):25-42
- [13] 齐德生,于炎湖,刘耘,等. 霉变豆粕的品质研究[J]. 粮食与饲料工业,1999(1):23-25
- [14] 陈喜斌. 蛋白质溶解度评价发霉豆粕品质[J]. 饲料工业,2001,22(10):38-39
- [15] Hart K J, Collins M, Vanzant E S, et al. Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage [J]. Crop Science, 2004, 44(3):914-919
- [16] Arinze E A, Schoenau G J, Sokhansanj S, et al. Aerodynamic separation and fractional drying of alfalfa leaves and stem [J]. Drying Technology, 2003, 21(9):1669-1698
- [17] Sheaffer C C, Martin N P, Lamb J F S, et al. Leaf and stem properties of alfalfa entries [J]. Agronomy Journal, 2000, 92(4):733-739
- [18] Coblenz W K, Fritz J O, Bolsen K K, et al. Quality changes in alfalfa hay during storage in bales [J]. Dairy Science, 1996, 79(5):873-885
- [19] 杨玉芬,卢德勋,许梓荣,等. 日粮纤维对肥育猪消化道发育和消化酶活性的影响[J]. 福建农业学报,2003,18(1):34-37

(责任编辑 李美娟)

(上接 57 页)

参考文献

- [1] 卢欣石,孟林. 中国苜蓿产业发展 20 年[C]. 第三届中国苜蓿发展大会论文集,2010
- [2] Wang Y R, Hampton J G, Sun J. Effect of topography and phosphorus on seed yield and quality of alfalfa in China [J]. Journal of Applied Seed Production, 1996, 14:53-57
- [3] 李拥军,阎继淳. 灌溉次数、播种密度对留种紫花苜蓿生长发育和种子产量的影响[J]. 草业学报,1998,7(3):29-33
- [4] 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
- [5] Solanki R M, Patel R G. Influence of irrigation, sowing methods and phosphorus on quality of alfalfa [J]. Forage Research, 1998, 24(2):77-81
- [6] Hwang S F, Gossen B D. Seedbed preparation, timing of seeding, fertility and root pathogens affect establishment and yield of alfalfa [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2002, 82:371-381
- [7] Solanki R M, Patel R G. Effect of irrigation, methods of sowing and levels of phosphorus on growth and yield of Lucerne [J]. Gujarat Agricultural University Research Journal, 1999, 24(2):13-18
- [8] 吴素琴. 影响苜蓿种子丰产的主要因子研究[J]. 草业科学,2004,21(1):10-14
- [9] 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
- [10] 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):25
- [11] 石凤翎,吴永敷. 不同环境条件下紫花苜蓿种子产量及质量性状的研究[J]. 中国草地,2000,21(3):34-38
- [12] 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):36
- [13] 陈述,李卫军,李雪峰. 密度对苜蓿生长发育及种子产量的影响[J]. 新疆农业科学,2005,42(3):189-191
- [14] 孙启忠,韩建国,桂荣. 科尔沁沙地敖汉苜蓿地上生物量及营养物质累积[J]. 草地学报,2001,9(3):165-170
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:25-114
- [16] 史纪安,刘玉华,贾志宽. 紫花苜蓿第一茬地上部分干物质生长过程与有效积温的关系[J]. 草业科学,2009,26(8):81-86
- [17] 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
- [18] Rassini J B, Freitas A R. Growth of lucerne with different potassium fertilizer rates [J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 1998,27(3):487-490
- [19] Rumbaugh M D. Effects of population density on some components of yield of alfalfa [J]. Crop Science, 1995(3):423-424
- [20] Dovrat A D, Levanon D, Waldman M. Effect of plant spacing on carbohydrates in roots and on components of seed yield in alfalfa [J]. Crop Science, 1969(9):33-34

(责任编辑 刘云霞)