

文章编号:1003-8701(2014)05-0062-05

施氮肥对紫花苜蓿产量及饲用营养品质的影响

张磊¹, 梁卫², 陈一昊¹, 王永军^{1,3*}, 王立春^{1,3*}

(1. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 长春 130033; 2. 吉林省科学技术厅 长春 130000;
3. 玉米国家工程实验室, 长春 130033)

摘要:采用盆栽方法,研究了不同氮肥用量对紫花苜蓿鲜、干草产量及饲用营养品质的影响。结果表明:在相同磷钾肥条件下,施氮肥可同时提高鲜草与干草产量,除第一茬外,第二、三、四茬,中氮(0.18 g·株⁻¹)比高氮(0.36 g·株⁻¹)对生物量的影响显著,且随收获次数的增加,不施氮(0 g·株⁻¹)处理的鲜、干草产量较施氮下降快;中氮水平较高氮水平更利于提高粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)与粗灰分(CA)含量及产量,降低粗纤维(CF)含量,改善适口性,提高消化率,并增加总能量(GE)的产量;不同氮肥用量对苜蓿饲用营养品质的影响时期不同,中氮水平可以降低收获中期纤维蛋白比,提高饲草饲料的营养品质,高氮水平则利于降低植株初期与收获后期纤维蛋白比,提高饲草营养品质。

关键词:紫花苜蓿;氮肥;产量;饲用营养品质

中图分类号:S551+.7

文献标识码:A

Yield and Forage Nutritive Quality Improvement of Alfalfa by Nitrogen Application

ZHANG Lei¹, LIANG Wei², CHEN Yi-hao¹, WANG Yong-jun^{1,3*}, WANG Li-chun^{1,3*}

(1. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Jilin Provincial Science and Technology Department, Changchun 130000; 3. State Engineering Laboratory of Maize, Changchun 130033, China)

Abstract: The effects of different nitrogen application rate on the yield and forage nutritive quality of alfalfa were studied in an experiment of pot culture. The results showed that under the condition of the same level P and K, the fresh yield and dry yield were both increased by application of nitrogen fertilizer. and the second, the third, the fourth harvest stage, the middle nitrogen level (0.18 g·pl⁻¹) was more markedly responded than the highest nitrogen level (0.36 g·pl⁻¹) except the first harvest stage, and the yield of the lower nitrogen level (0 g·pl⁻¹) decreased quickly than the topdressing nitrogen fertilizer. With increasing of clipping times, the middle nitrogen level increased content of crude protein (CP), ether extract (EE), crude ashes (CA), and decreased the crude fiber (CF), than those of the highest nitrogen level, which improved the forage nutritive quality and the gross energy (GE) of alfalfa. Effects of the different nitrogen level on the forage nutritive quality of alfalfa were embodied in different harvest stage, the middle level reduced the ratio of the crude fiber (CF) and crude protein (CP), it was reduced by the highest level, and both the middle level and the highest level improved the forage nutritive quality of alfalfa.

Keywords: Alfalfa; Nitrogen; Yield; Forage nutritive quality

苜蓿是栽培历史悠久,种植面积较大的豆科

牧草之一,因其含有大量的粗蛋白质、丰富的碳水化合物和多种矿物质及维生素,享有“牧草之王”的美誉。氮是苜蓿正常生长所必需的大量营养元素之一,也是构成蛋白质的重要组成部分,此外核酸和叶绿体的形成也离不开氮,因此氮对苜蓿的生长、发育、产量和品质都有重要影响。作为豆科作物,苜蓿本身具有固氮功能,这导致

收稿日期:2014-04-20

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20106027,20090163)

作者简介:张磊(1986-),男,研究实习员,主要从事玉米生理生态研究。

通讯作者:王永军,男,副研究员,博士,E-mail:yjwang2004@126.com

王立春,男,研究员,博士,E-mail:wlc1960@163.com

了苜蓿生产中关于氮肥施用的一个误区,认为在苜蓿的生长过程中不需要增施氮肥,施氮反而会造根瘤菌固氮能力下降,引起田间病害加重,最终导致苜蓿产量降低、品质变差。

近些年来随着畜牧业迅速发展,苜蓿种植面积逐年加大,合理施肥已成为苜蓿生产管理中提高产量、改善品质的重要措施。但是,前人对苜蓿矿质营养的研究多集中在磷、钾两个方面,对氮肥的研究结果存在较大分歧。很多研究观点认为,氮肥不增加苜蓿产量,甚至导致减产^[1,16-18]。如张积祥与彭文栋等认为施氮肥以及氮磷肥配施对增产均无效果,单施磷肥效果显著^[1-2];进一步对苜蓿施氮、磷、钾肥效应的研究表明,氮肥为负效应,而磷肥呈现显著的正效应^[3]。也有与上述研究结论相反的报道,认为对当年建植的苜蓿,追施氮磷钾可以显著提高其干草产量和植株高度,且随施入量增加,干草产量呈上升趋势^[4]。此外,人们就其他矿质元素对其产量与品质影响也做出了大量研究,如张洪荣就微量元素对紫花苜蓿的效应做了探讨^[5-6];汪诗平等就硫肥对紫花苜蓿生产性能和品质的影响做出探讨,明确了硫肥可提高粗蛋白质含量,改善品质,缩短刈割间隔^[7]。然而,N、P、K是苜蓿需求量最多的三大元素,它们是提高产量、改善品质的关键。为此,本研究着重探讨不同氮肥用量对苜蓿产量和品质的影响,以期苜蓿高产优质提供合理施用氮肥的理论依据。

1 材料与方方法

1.1 供试材料及设计

试验于2012~2013年在吉林省农业科学院农业资源与环境研究所实验站进行,供试材料为紫花苜蓿公农一号,采用盆栽。盆直径20 cm,高度30 cm,每盆种植7株。土壤基础肥力:水解氮 $46.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷 $9.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $47.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质2.06%。氮肥处理设计为3个水平N0、N1和N2,施纯N量分别为 $0 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 、 $0.18 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 、 $0.36 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$;KH₂PO₄、K₂SO₄分别为 $0.076 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 和 $0.69 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 作为基肥一次施入,N肥为尿素,平均分4次于刈割后施入。

2012年5月16日播种,至2013年9月26日整个生长季节共收获4次(第一、二、三、四茬分别在6月29日、8月1日、9月1日和9月26日刈割),分别用H1、H2、H3、H4表示,达到始花期(10%植株开第一朵花)时收获,收获时留茬高度为5cm,刈

割后对N1与N2处理追施氮肥并浇透水。收获部分分为茎、叶、花等3部分称鲜重后于105℃杀青,75℃烘干,48 h后称重,经40目筛粉碎后供室内分析用。

1.2 测定方法

评价紫花苜蓿饲用营养品质采用概略养分分析法,并以5大饲用营养成分的产量来综合衡量。其中,粗蛋白(CP)含量测定采用GB2905-82半微量凯氏定氮法;粗脂肪(EE)含量测定采用索氏抽提残余法;快速法测定粗纤维(CF)含量;直接灰化法测定粗灰分(CA)含量;无氮浸出物(NFE)含量及总能量(GE)产量分别由下式计算:

$$\text{NFE}\% = (1 - \text{CP}\% - \text{EE}\% - \text{CA}\% - \text{ADF}\%) \times 100\%$$

$$\text{GE} (4.2 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{G}^{-1}) = (\text{CP} \times 5.7 + \text{EE} \times 9.4 + \text{CF} \times 4.2 + \text{NFE} \times 4.2) / 100$$

2 结果与分析

2.1 氮肥用量对收获生物量的影响

2.1.1 鲜物质与干物质产量

由图1可看出,不同氮肥用量对4茬干物质总产量的影响表现为N1 > N2 > N0,N1比N2每株增产2.93%,比N0每株增产18.44%。从产量构成来看,均表现为第一茬占主导地位,随刈割次数增加产量逐渐下降。第一茬干物质产量随氮肥用量增加而增加,为N2 > N1 > N0,表明在幼苗期固氮能力较弱,不足以满足自身生长需要,需要追施氮肥来满足其初期植株建成需要;第二茬至第四茬N1水平干物质产量最高,第三茬与第四茬表现出相同趋势,均为N1 > N2 > N0,说明在中氮水平即可满足植株需要。不同氮肥用量对四茬鲜物质产量的影响与干物质表现出相似趋势。

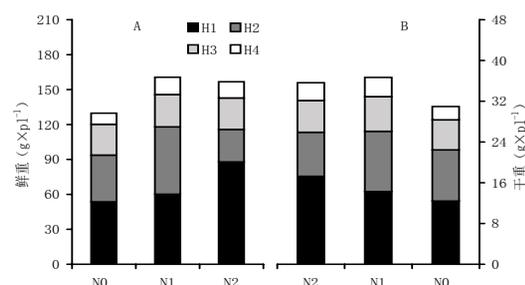


图1 施氮对紫花苜蓿收获生物量的影响

A,干重;B,鲜重;H1,H2,H3,H4
分别表示第一、二、三、四茬收获期

2.1.2 产量构成

不同氮肥用量对产量构成的影响存在较大差异。从干物质质量来看,茎干物质产量与叶片的变化趋势相同,均为N1最高,N2次之,N0最低;茎

在总产量构成中所占比例最高,叶片次之。茎与叶片的鲜物质产量表现出与干物质产量相同变化趋势(图2)。

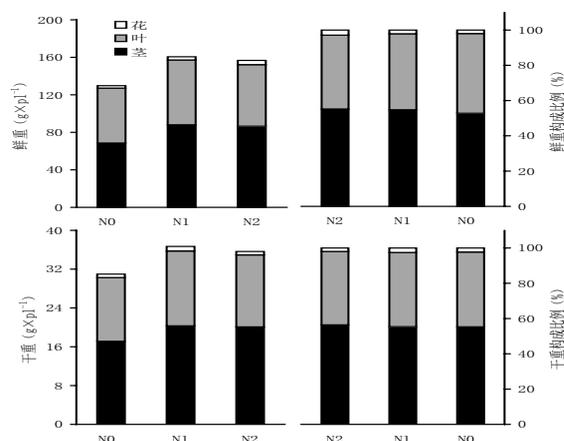


图2 施氮对紫花苜蓿产量组成的影响

2.2 氮肥用量对紫花苜蓿饲用营养价值的影响

2.2.1 饲用营养品质

CP是牧草中含氮物质的总和,粗蛋白质含量的高低是反映饲草饲料营养价值的重要指标之

一;EE富含热能,是提供能量的重要物质;结构性碳水化合物构成了CF,也是反刍性草食动物的主要能源物质;NFE主要包括糖类和淀粉等易消化的非结构性碳水化合物;CA是无机物质的总称,在动物体活动中发挥重要作用,概略养分分析法就是以五大营养成分含量高低来综合评价饲料的饲用营养价值。由表1可以看出,第一茬叶片中CP含量与施氮量呈正相关,随着氮肥用量的增加,N2比N1高出1.05%,比N0高出1.87%;第二茬叶片中CP含量N1高于N0,而高氮肥用量的肥效下降;第三、四茬两种氮肥用量均表现出追肥效应,中氮水平更利于提高叶片中CP含量,叶片中CP含量高于茎,而较花次之。各收获时期氮肥处理对茎与花蕾的影响与叶片相同。EE含量与CA含量的变化趋势与CP一致,与CF相反。中量追施氮肥可以降低CF含量,可以改善适口性,提高消化率。NFE含量由氮肥处理对CP、EE、CA及CF含量共同影响所决定,对氮肥处理响应无规律性变化。

表1 施氮对紫花苜蓿饲用营养成分含量的影响

收获时期	器官	氮肥处理	营养成分				
			粗蛋白CP	粗脂肪EE	粗纤维CF	粗灰分CA	无氮浸出物NFE
H1	茎	N0	4.19	2.05	47.12	11.61	35.02
		N1	4.94	2.88	46.74	13.55	31.89
		N2	5.36	3.30	46.36	14.95	30.03
	叶	N0	13.81	6.40	35.25	19.21	25.33
		N1	14.63	7.01	34.90	19.56	23.90
		N2	15.68	8.26	34.40	21.26	20.39
	花	N0	17.00	10.25	40.07	15.10	17.58
		N1	17.35	12.76	37.13	18.51	14.26
		N2	17.72	15.38	35.71	20.15	11.04
H2	茎	N0	6.37	6.91	43.79	14.61	28.32
		N1	6.42	7.19	42.99	16.70	26.70
		N2	6.36	5.92	44.06	14.44	29.22
	叶	N0	15.83	8.89	26.40	20.67	28.20
		N1	16.17	10.51	26.18	22.33	24.81
		N2	14.74	6.54	28.72	17.57	32.42
	花	N0	16.83	12.93	38.54	23.38	8.32
		N1	17.77	16.15	29.74	25.24	11.09
		N2	15.99	10.22	39.83	22.33	11.63
H3	茎	N0	5.97	4.18	45.74	14.48	29.63
		N1	6.80	8.30	44.34	18.37	22.19

续表 1

收获时期	器官	氮肥处理	营养成分					
			粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗纤维 CF	粗灰分 CA	无氮浸出物 NFE	
H3	茎	N2	6.56	6.31	44.66	15.02	27.45	
		N0	14.91	10.61	25.99	18.88	29.62	
	叶	N1	16.12	13.85	28.74	23.92	17.37	
		N2	15.22	12.80	27.46	21.40	23.12	
		花	N0	14.25	12.24	41.51	15.84	16.16
			N1	17.11	14.66	36.76	20.94	10.53
H4	茎	N2	17.00	14.33	38.90	20.45	9.32	
		N0	6.57	0.52	44.55	14.29	34.07	
		N1	6.70	1.20	41.94	26.53	23.63	
	叶	N2	6.59	1.07	43.80	14.83	33.72	
		N0	13.74	2.52	34.69	15.04	34.00	
		N1	13.83	2.94	31.93	24.37	26.93	
	花	N2	13.76	2.80	34.34	18.15	30.95	
		N0	14.08	5.87	42.15	12.45	25.45	
		N1	16.88	10.78	37.25	17.21	17.88	
		N2	15.06	9.63	39.17	16.53	19.61	

2.2.2 饲用营养成分的产量

由图 3 可以看出,CP 的总产量对不同氮肥处理的响应为 $N1 > N2 > N0$, $N1$ 、 $N2$ 粗蛋白质产量分别比 $N0$ 增加 25.37%、23.46%,中氮水平 CP 产量最高。EE、CA 的产量对氮肥的响应与 CP 相同,CF 与 NFE 的产量表现出随着氮肥用量的增加而增加的趋势。

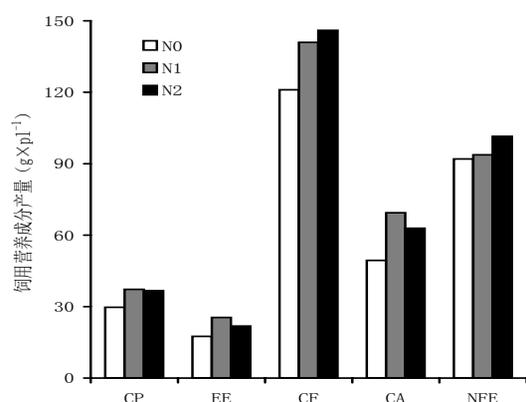


图 3 施氮处理对饲用营养成分产量的影响

2.2.3 纤维蛋白比

为进一步明确氮肥对苜蓿饲用价值的影响,对粗蛋白质和粗纤维的含量进行了不同收获时期之间纤维蛋白比^[8]的比较。从表 2 可以看出:第一茬与第四茬的纤维蛋白比 $N2 < N1 < N0$,第二茬

与第三茬 $N1 < N0 < N2$,表明在植株幼苗期需要增施氮肥来满足植株生长的需要;在收获中期植株根系固氮能力加强,降低了对追施氮肥的依赖;在生育后期,固氮能力有所下降,而对追加的氮肥依赖性增强,并且呈现出随着施氮量的增加纤维蛋白比降低的趋势。

表 2 施氮处理对纤维蛋白比的影响

氮肥处理	收获时期			
	H1	H2	H3	H4
N0	4.98	3.38	3.83	3.91
N1	4.79	3.22	3.25	3.50
N2	4.40	3.53	3.84	3.35

2.3 氮肥用量对紫花苜蓿总能量的影响

GE 是 CP、EE、CF 和 NFE 等四项养分指标的综合反映,高氮水平下 $N2$ 处理的 GE 产量比 $N1$ 高 $2.83 \times 10^6 \text{ J 株}^{-1}$,但二者差异不显著; $N2$ 处理比 $N0$ 高 $39.48 \times 10^6 \text{ J 株}^{-1}$,这与氮肥处理对不同器官收获产量的影响相对应,即不同器官的收获生物量和各饲用营养成分含量协同作用的结果,产量占主导地位。不同氮肥处理中茎占总能量的比例均超过 54%,表明茎是构成收获的紫花苜蓿总能量

的主体,也说明对茎增产效果明显的氮肥处理有利于获得更多的能量。

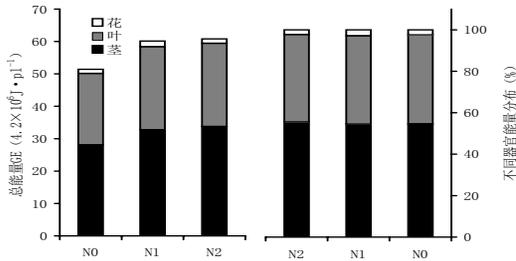


图4 施氮处理对总能量的影响及不同器官对能量形成的贡献

3 讨论与结论

氮素是牧草产量与品质形成的关键要素之一^[10-12]。在本研究中,施入相同磷钾肥条件下,适量追施氮肥可以提高苜蓿产草量,与前人研究结果不同^[1-3]。第一茬草对总产量的贡献最大,氮肥对其影响最大,随着施氮量的增加,产量增加。郑子英等研究认为施入磷、钙肥可以提高粗脂肪含量,粗蛋白含量对氮肥响应不明显^[13],而本研究表明,追施氮肥可以提高植株CP、EE与CA含量,降低CF含量,改善适口性,提高消化率。氮肥使收获生物量和饲用营养成分含量协同(CP、EE、CA)提高,尽管降低了CF的含量,但收获生物量增产的幅度高于其含量降低的幅度,最终CF的产量是增加的。GE是CP、EE、CF和NFE等4项指标的综合反映,对茎增产效果明显的氮肥处理有利于获得更多的能量。

关于苜蓿品质性状之间的关系,吴自立等提出纤维蛋白比来确定牧草的最佳利用时期,使其发挥出最大的经济效益^[8]。韩路等认为,影响品质性状的主要因子是粗纤维和粗蛋白质,粗蛋白质含量高,粗纤维含量低,则产草量高,牧草营养价值也就高,适口性变强,品质更优^[14];万素梅等指出,纤维素是影响蛋白质的主要限制因子^[15]。通常认为纤维蛋白比值越低则饲用营养品质越高,反之则越低。纤维蛋白比上限与下限明确的界定,还需进行生物活体瘤胃试验,取得相关消化率方面指标来确定,有待于进一步研究。

牧草营养价值主要取决于蛋白质、矿物质和粗纤维含量的多少。蛋白质和矿物质含量越高,粗纤维含量越低,牧草的营养价值就越高。虽然对茎增产效果明显的氮肥处理有利于获得更多的能量,但其纤维化程度的提高在一定程度上降低了适口性。所以,在苜蓿幼苗期与收获后期追施

氮肥,在获得较高产量的同时,又能提高饲用营养品质。在紫花苜蓿优质高产栽培过程中,以磷、钾肥充足供应为前提,以适量追施氮肥为宜。本研究是在盆栽控制条件下进行的,旨在从理论上揭示氮肥对苜蓿产量和品质的影响,而关于最佳施肥量的确定,尚需根据大田土壤肥力实际状况,进一步试验方能更具生产指导意义。

本研究表明,施氮可提高苜蓿一个生长季内的总鲜草和干草产量,以中氮水平(纯氮0.18 g 株⁻¹)的增产效果显著;中量施氮的增产作用主要表现在第二、三、四茬的草产量。中量施氮更有利于提高粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量,明显降低粗纤维的含量,降低中期收获苜蓿草的纤维蛋白比,改善饲用品质。综合5项饲用营养品质指标,中量施氮即可获得较高的能量产量。

参考文献:

- [1] 张积祥,李松.紫花苜蓿NP肥配施研究[J].草业科学,1990,7(4):70-72.
- [2] 彭文栋,牛海文,董其军,等.水地紫花苜蓿草地氮磷配比试验效益[J].草业科学,1994,11(12):39-41.
- [3] 贾恒义,彭祥林,雍绍萍,等.沙打旺、苜蓿对氮磷钾的效应[J].草业科学,1994,11(5):42-45.
- [4] 刘贵河,张杏杏,王堃,等.氮、磷、钾肥料配施对紫花苜蓿产量的影响[J].河北北方学院学报(自然科学版),2005,21(4):32-35.
- [5] 张洪荣,周志宇.微量元素对紫花苜蓿的效应[J].草业科学,1990,7(4):43-46.
- [6] 张洪荣,周志宇,李琪.磷、锌、硼、钴对苜蓿肥效与施用技术研究[J].草业科学,1991,8(6):37-39.
- [7] 汪诗平,陈默君.硫肥对紫花苜蓿生产性能和品质的影响[J].四川草原,1996(2):23-30.
- [8] 吴自立,宋淑明,程平.红豆草和抗旱苜蓿草产量及其营养动态分析[J].草业科学,1989,6(4):51-56.
- [9] Gerwig J L, G H Ahlgren. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of alfalfa[J]. Agronomy Journal, 1958(50): 291-294.
- [10] Chin-Tain Lee, Dale Smith. Changes in the concentration of nitrogenous fraction in alfalfa herbage with advance in maturity. Agronomy Journal, 1972(64): 326-327.
- [11] Rhykerd C L, Noller C H. The role of nitrogen in forage production [A]. The Science of Grassland Agriculture(Third edition), [C]. The Iowa State University Press/Ames, Iowa, USA, 1973:416-423.
- [12] 孙启忠,桂荣.影响苜蓿产量和品质诸因素研究进展[J].中国草地,2000,22(1):57-63.
- [13] 郑子英,卢利坤,玛丽亚.苜蓿施肥试验[J].新疆畜牧业,1994(1):16-19.
- [14] 韩路,贾志宽,韩清芳,等.紫花苜蓿主要性状的对应分析[J].中国草地,2003,25(5):38-42.
- [15] 万素梅,黄庆辉,王龙昌,等.紫花苜蓿部分主要性状与蛋白质含量关系研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):118-121.

(下转第79页)

升。Kott^[26]和孙丹^[27]等研究认为,小孢子培养过程中会产生有毒物质,抑制了胚胎发生和发育,而活性炭起到吸附这些有毒物质的作用。

参考文献:

- [1] Leister D, Ballvora A, Salamini F, et al. A PCR-based approach for isolating pathogen resistance genes from potato with potential for wide application in plants[J]. *Nat Genet*, 1996(14): 421-429.
- [2] Sato T, Nishio T, Hirai M. Plant regeneration from isolated microspore culture of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*)[J]. *Plant Cell Rep*, 1989(8): 486-488.
- [3] 王秀英, 巫东堂, 赵军良, 等. 大白菜游离小孢子培养研究进展[J]. *蔬菜*, 2012(7): 46-49.
- [4] 曹鸣庆, 刘凡. 园艺学年评(第2卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 63-90.
- [5] 申书兴, 赵前程, 刘世雄, 等. 四倍体大白菜小孢子植株的获得与倍性鉴定[J]. *园艺学报*, 1999, 66(4): 232-237.
- [6] 王秀英, 巫东堂, 赵军良, 等. 影响大白菜游离小孢子培养若干因素的研究[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2009, 29(3): 243-247.
- [7] 徐艳辉, 冯辉, 张凯. 大白菜游离小孢子培养中若干因素对胚状体诱导和植株再生影响[J]. *北方园艺*, 2001(3): 6-8.
- [8] 张凤兰, 钉贯靖久, 吉川宏昭. 环境条件对白菜小孢子培养的影响[J]. *华北农学报*, 1994, 9(1): 95-100.
- [9] 曹鸣庆, 李岩, 刘凡. 基因型和供体植株生长环境对大白菜游离小孢子胚胎发生的影响[J]. *华北农学报*, 1993, 8(4): 1-6.
- [10] 王秀英, 巫东堂, 赵军良, 等. 大白菜品种间小孢子培养胚诱导率比较[J]. *山西农业科学*, 2008, 36(12): 67-68.
- [11] 栗根义, 高睦枪, 赵秀山, 等. 大白菜游离小孢子培养[J]. *园艺学报*, 1993, 20(2): 167-170.
- [12] 蒋武生, 张晓伟, 原玉香, 等. 大白菜游离小孢子培养技术研究进展及应用[J]. *河南农业科学*, 2009(9): 151-154.
- [13] 石淑稳, 周永明, 吴江生, 等. 甘蓝型油菜小孢子培养、染色体加倍、试管苗继代越冬和田间移栽配套技术的研究及其在油菜育种中的应用[J]. *中国农学通报*, 2001, 17(2): 57-59.
- [14] 耿建峰, 侯喜林, 张晓伟, 等. 影响白菜游离小孢子培养关键因素分析[J]. *园艺学报*, 2007, 34(1): 111-116.
- [15] 刘公社, 李岩, 刘凡, 等. 高温对大白菜小孢子培养的影响[J]. *植物学报*, 1995, 37(2): 140-146.
- [16] 李菲, 张淑江, 章时蕃, 等. 大白菜游离小孢子培养胚胎发生中的加倍机制[J]. *园艺学报*, 2006, 33(5): 974-978.
- [17] 蒋武生, 原玉香, 张晓伟, 等. 提高大白菜游离小孢子胚诱导率的研究[J]. *华北农学报*, 2005, 20(6): 34-37.
- [18] 刘凡, 莫东发, 姚磊, 等. 遗传背景及活性炭对白菜小孢子胚胎发生能力的影响[J]. *农业生物技术学报*, 2001, 9(3): 297-300.
- [19] 蒋武生, 姚秋菊, 张晓伟, 等. 活性炭和振荡培养对提高大白菜胚诱导率的影响[J]. *河南农业科学*, 2008(4): 1-3.
- [20] 付文婷, 张鲁刚, 胥宇建, 等. 大白菜游离小孢子胚诱导及植株再生[J]. *西北植物学报*, 2010, 19(3): 139-143.
- [21] 赵建平, 姚祥坦. 花粉发育时期与取样时期对白菜小孢子胚诱导的影响[J]. *中国园艺文摘*, 2008(6): 56-58.
- [22] 卢钢, 曹家树. 白菜和芜菁杂种小孢子培养研究[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2001, 27(2): 161-164.
- [23] 李岩, 刘凡, 曹鸣庆. 通过游离小孢子培养方法获得小白菜三个变种的胚胎及植株[J]. *华北农学报*, 1993, 8(3): 92-97.
- [24] 申书兴, 梁会芬, 张成合, 等. 提高大白菜小孢子胚胎发生及植株获得率的几个因素研究[J]. *河北农业大学学报*, 1999, 22(4): 65-68.
- [25] 韩阳, 叶雪凌, 冯辉. 提高大白菜小孢子植株获得率的研究[J]. *园艺学报*, 2005, 32(6): 1092-1094.
- [26] Kott L S, Polsoni L, Beversdorf W D. Cytological aspects of isolated microspore culture of *Brassica napus*[J]. *Can J Bot*, 1988(66): 1658-1664.
- [27] 孙丹, 王涛涛, 叶志彪, 等. 基因型和活性炭对大白菜小孢子胚胎发生的影响[J]. *湖北农业科学*, 2005(6): 73-75.

(上接第 66 页)

- [16] Chin-tian L, Smith D. Influence of Nitrogen fertilizer on stands, yield of herbage and protein, and Nitrogenous fractions of field-grown Alfalfa[J]. *Agronomy Journal*, 1972(64): 527-530.
- [17] Jenkins M B, Botttomtey P J. Seasonal response of uninoculated alfalfa to N fertilizer: soil N, nodule turn over, and symbiotic effectiveness of *Rhizobium meliloti*[J]. *Agronomy Journal*, 1984(76): 959-963.
- [18] 谢勇, 孙洪仁, 张新全, 等. 坝上地区紫花苜蓿氮、磷、钾肥料效应与推荐施肥量[J]. *中国草地学报*, 2012(2): 52-57.