

不同紫花苜蓿品种可溶性糖、全氮、丙二醛含量动态变化 及其与抗寒性关系研究

陶雅^{1,2}, 孙启忠²

(1. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 2. 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010)

摘要:以国内外 6 个紫花苜蓿品种为试验材料, 研究了不同时间、不同品种根部可溶性糖含量、全氮含量及丙二醛含量的动态变化, 以了解它们与苜蓿抗寒性的关系, 并对这些指标进行了变异分析和聚类分析。结果表明, 苜蓿根内的可溶性糖含量从 9 月中旬开始升高, 11 月中旬达到最高峰, 之后开始逐渐下降, 一直延续到次年 5 月中旬, 说明可溶性糖是一种低温保护物质, 能够提高苜蓿对低温胁迫的适应。各苜蓿品种根部全氮含量从 9 月到 3 月均保持在较高水平, 4 月份有一个明显的增高, 而 5 月份显著下降, 可见全氮含量不仅关系到苜蓿对低温的抵御能力, 而且直接关系到苜蓿翌年春季的再生与返青。不同苜蓿品种根部丙二醛含量在 9 月份时较高, 而后逐渐下降, 到 1 月份出现最低值, 1 月份以后又表现出逐渐升高的趋势。另外, 对各紫花苜蓿品种抗寒性研究表明, 草原二号、龙牧 803 和润布勒苜蓿为高抗寒品种; 准格尔苜蓿和德宝为中等抗寒品种; Euver 苜蓿为低抗寒品种。

关键词:紫花苜蓿; 抗寒性; 聚类分析

中图分类号: S551⁺. 7 文献标识码: A 文章编号: 1008-0864(2008)S1-0056-05

Dynamic Variation of Soluble Sugar, Total Nitrogen and Malondialdehyde in Different Alfalfa Varieties and Their Effect on Alfalfa's Cold Resistance

TAO Ya^{1,2}, SUN Qi-zhong²

(1. Graduate School, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

2. Institute of Grassland Research, CAAS, Huhhot 010010, China)

Abstract: Six different alfalfa varieties at home and abroad were acted as materials. The dynamic changes of soluble sugar, total nitrogen and malondialdehyde was studied, so as to find out their relationships with cold resistance, and then variation analysis and cluster analysis were performed. The results indicated that the soluble sugar content increased from the middle of September and reached the peak in the middle of November, then descended gradually till the middle of May. It showed that soluble sugar was a kind of cryoprotectants, and could improve alfalfa's cold resistance. The content of total nitrogen in alfalfa root was holding a high level during September and March, and increased evidently in April, but decreased in May. It was obvious that total nitrogen was not only related to alfalfa's resistance, but also related to alfalfa's regrowing and regreening in the next year. The content of malondialdehyde was high in September, then decreased gradually and reached the minimum in January, thereafter the content of malondialdehyde represented increasing trend. In addition, the analysis of the cold resistance ability in different alfalfa varieties indicates that Caoyuan No. 2, Longmu 803 and Rambler alfalfa are varieties with high cold-resistance; Zhungeer alfalfa and Derby are varieties with middle cold-resistance; while Euver alfalfa is a variety with low cold-resistance.

Key words: alfalfa; cold resistance; cluster analysis

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 为多年生豆科植物, 是世界上栽培最早、面积最大、经济价值最高

收稿日期: 2008-02-27; 修回日期: 2008-04-10

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (nyhyzx07-022), “十一五” 国家科技支撑项目 (2006BAD16B03, 2006BAD04A04), 农业部 948 项目 (2006-G38) 资助。

作者简介: 陶雅, 硕士研究生, 主要从事草地生态领域的研究。通讯作者: 孙启忠, 研究员, 主要从事草地生产与管理研究。Tel: 0471-4926909; Email: sunqz@126.com

的牧草,有“牧草之王”的美誉^[1]。近几年,我国北方苜蓿种植面积不断扩大,苜蓿产业发展迅猛,但由于低温引起的苜蓿冻害使我国苜蓿生产蒙受了巨大的经济损失。在我国北方高纬度、高海拔地区,苜蓿普遍存在越冬率低,容易发生冻害和死亡的现象。越冬问题逐渐成为制约我国北方苜蓿草地成功建植和草地可持续利用的关键问题。因此探究苜蓿的抗寒性具有重要的理论和实际意义。

本试验通过对国内外 6 个不同苜蓿品种的可溶性糖含量、全氮含量、丙二醛 (MDA) 动态变化的研究,分析和比较了它们之间抗寒性的差异。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验地位于内蒙古农牧交错带,赤峰市林西县中部林西镇东 5 km 处,气候特点属温带大陆性季风气候,冬春干旱,多风沙天气,年均气温 4.3,极端最高温度 40.4,极端最低温度 -32.2,10 年积温 2 200~2 600;无霜期 120 d 左右,年日照时数 2 966 h,年降雨量 330~350 mm,年蒸发量 1 800 mm。试验地土壤为栗钙土,结构良好,肥力适中,有灌溉条件。

1.2 供试材料

供试苜蓿均播种于 2003 年,共 6 个品种,其中有 3 个国内品种(草原二号、龙牧 803、准格尔苜蓿)和 3 个引进品种(德宝、Euver 苜蓿、润布勒苜蓿)。分别于 2005 年 9 月 10 日、11 月 10 日、2006 年 1 月 10 日、3 月 10 日、4 月 10 日和 5 月 10 日取样。采集样品时挖出苜蓿的根部,取 10 cm 长的根及根茎,用自来水冲洗干净,并用吸水纸将根系上的水分吸去。

将采集到的根部样品在 105℃ 下杀青,然后用烘箱于 80℃ 烘干,并将样品用粉碎机粉碎,混匀后放入纸袋中备测。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 可溶性糖含量测定 用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[2]。

1.3.2 全氮含量测定 用杜马斯燃烧法快速定氮仪(型号:rapid N cube)测定全氮含量。

1.3.3 MDA 含量测定 按照 Dhindsa 等^[3]的方

法提取并测定 MDA 的含量。

2 结果与分析

2.1 不同苜蓿品种根部可溶性糖含量的变化

由图 1 可以看出,从 9 月中旬开始,随着气温的下降,苜蓿根内的可溶性糖含量开始升高,一直到 11 月中旬达到最高峰,此时正值初冬,苜蓿根部积累了大量的可溶性糖,说明苜蓿已做好了越冬准备。1 月份正值隆冬时节,可溶性糖含量虽较初冬有所下降,但其含量仍然较高,这表明苜蓿根内可溶性糖含量在整个冬季都保持较高的水平。翌年春,3 月中旬开始可溶性糖含量逐渐下降,一直延续到 5 月中旬。由此可见,春季随着气温回升,可溶性糖作为春季再生的能源被转移利用,苜蓿抗寒能力开始下降。

方差分析表明,6 个苜蓿品种根内可溶性糖含量存在着极显著差异 ($p < 0.01$)。草原二号、龙牧 803 中可溶性糖含量较高,其 11 月份可溶性糖含量高达 30.59 g/100 gDM 和 29.80 g/100 gDM,而 Euver 苜蓿的可溶性糖含量最低,11 月份含量为 24.86 g/100 gDM,比草原二号低 5.73%。从总体来看,国内苜蓿品种可溶性糖含量要高于引进品种。

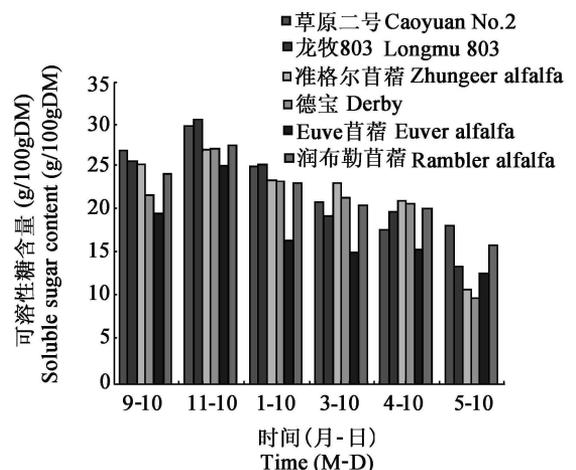


图 1 不同苜蓿品种根部可溶性糖含量动态变化

Fig 1 The dynamic changing of soluble sugar in different alfalfa varieties' roots

2.2 不同苜蓿品种根部全氮含量的变化

对不同苜蓿品种根部全氮含量分析可以看出(表 1),从 9 月到 3 月,各苜蓿品种根部全氮含量

均高于 2%,保持在较高水平,说明在整个秋冬季节,苜蓿根部会积累大量的氮来抵御寒冷胁迫,而到 4 月份全氮含量会有一个明显的增高,说明此时苜蓿根部会进一步增加对氮的积累,以便为春季返青做好准备。而到 5 月份各苜蓿品种的全氮含量发生了显著下降,下降约 30%。表明返青过程利用了大量氮,从而使苜蓿根部全氮含量在春

季下降。

方差分析表明,6 个苜蓿品种的全氮含量存在着显著差异 ($p < 0.05$)。在秋冬季节,草原二号、准格尔苜蓿和德宝根部的全氮含量较高,尤其是准格尔苜蓿,其 11 月、1 月的全氮含量接近 3%,而 Euver 苜蓿和润布勒苜蓿根内的全氮含量相对较低,为 2.1%左右。

表 1 不同苜蓿品种根部全氮含量动态变化

Table 1 The dynamic changing of total nitrogen in different alfalfa varieties' roots

苜蓿品种 Varieties of alfalfa	全氮含量 Total nitrogen content (%)					
	9月 10日 Sep. 10 th	11月 10日 Nov. 10 th	1月 10日 Jan. 10 th	3月 10日 Mar. 10 th	4月 10日 Apr. 10 th	5月 10日 May. 10 th
草原二号 Caoyuan No. 2,	2.56	2.44	2.19	2.24	2.57	1.46
龙牧 803 Longmu 803	2.09	2.53	2.17	2.50	2.71	1.67
准格尔苜蓿 Zhungeer alfalfa	2.39	2.88	2.95	3.10	2.62	1.77
德宝 Derby	2.62	2.56	2.45	2.30	2.45	1.32
Euver 苜蓿 Euver alfalfa	2.05	2.16	2.21	2.17	2.39	1.78
润布勒苜蓿 Rambler alfalfa	2.03	2.18	2.26	2.49	2.65	1.96

2.3 不同苜蓿品种根部 MDA 含量的变化

MDA 为膜脂过氧化产物,其含量与植物受逆境胁迫程度有关。从图 2 可以看出,9 月份不同苜蓿品种根部 MDA 含量较高。秋季,由于气温下降,苜蓿受到低温胁迫,膜脂遭到破坏,苜蓿根部 MDA 水平升高。此后随着气温逐渐降低,MDA 含量逐渐下降,直到 1 月份出现最低值,可见苜蓿经过抗寒锻炼后,体内的抗寒机制逐渐启动,细胞抗膜脂过氧化能力增强,从而减小了低温对膜脂的损害,MDA 含量降低。1 月份以后,气温逐渐回升,苜蓿根部 MDA 含量表现出逐渐升高的趋势。

对不同苜蓿品种根部 MDA 含量进行方差分析,6 个苜蓿品种的 MDA 含量存在着显著差异 ($p < 0.05$)。德宝、Euver 苜蓿中的 MDA 含量较高,

证明膜脂受到低温胁迫后受损较严重。而草原二号、龙牧 803 和润布勒苜蓿在秋冬季节根部 MDA 含量较低,1 月份均在 24 nmol/g DM 左右。准格尔苜蓿根部 MDA 含量季节性变化幅度较小,9 月份含量低于其他品种,仅为 42.67 nmol/g DM,说明秋季受低温胁迫影响最小。

2.4 不同苜蓿品种抗寒性综合分析

秋冬季可溶性糖含量、全氮含量和 MDA 含

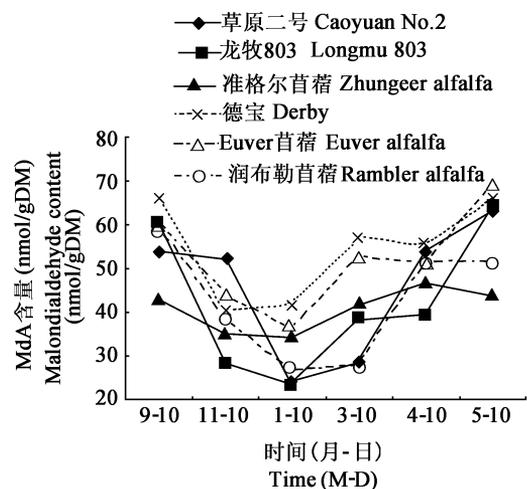


图 2 不同苜蓿品种根部 MDA 含量动态变化

Fig. 2 The dynamic changing of malondialdehyde in different alfalfa varieties' roots

量三个指标的值可以反映不同苜蓿品种抗寒能力的强弱。在不同时间段这三个指标的值有差异,通过对秋冬季不同时段不同苜蓿品种之间这三个指标的变异分析可知(表 2),1 月份各指标的变异系数均大于 9 月和 11 月,因此,1 月份不同苜蓿品种的可溶性糖含量、全氮含量和 MDA 含量可以较好地反映出不同苜蓿品种间抗寒性差异,从而可作为鉴定苜蓿抗寒性的合理指标。

表 2 不同时间不同苜蓿品种各指标的变异系数

Table 2 Each index's variation coefficient of different alfalfa varieties in different time

指标 Index	变异系数 Coefficient of variation (%)		
	9月 10日 Sep. 10 th	11月 10日 Nov. 10 th	1月 10日 Jan. 10 th
可溶性糖含量 Soluble sugar content	10.85	6.80	12.81
全氮含量 Total nitrogen content	10.59	9.99	11.63
MDA含量 Malondialdehyde content	13.10	118.55	21.65

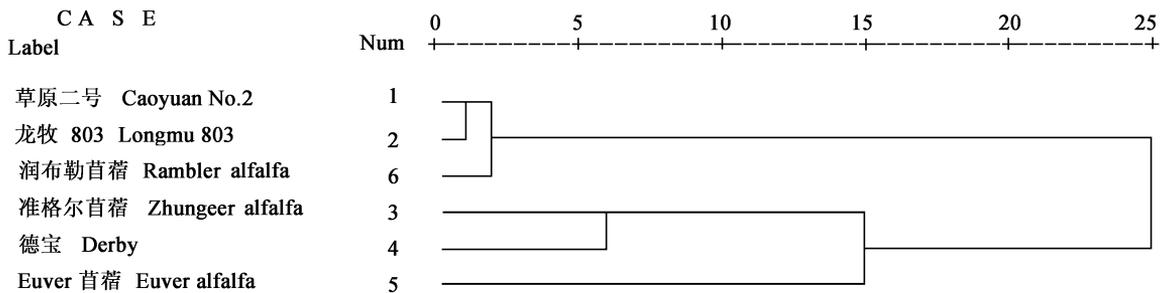


图 3 不同苜蓿品种抗寒性聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis on cold-resistance of different alfalfa varieties

综合以上分析,以 2006 年 1 月 10 日可溶性糖含量、全氮含量和 MDA 含量值对 6 个苜蓿品种进行抗寒性聚类分析(见图 3)。聚类结果将 6 个苜蓿品种分为三大类,即高抗寒品种、中等抗寒品种和低抗寒品种。高抗寒品种包括草原二号、龙牧 803 和润布勒苜蓿;中等抗寒品种包括准格尔苜蓿和德宝;Euver 苜蓿为低抗寒品种。

3 讨论

苜蓿的不同品种对寒冷的抵抗能力是不同的,在低温条件下,苜蓿会发生生理和生化等方面的变化。在寒冷胁迫下所有植物组织中的可溶性糖含量都会升高,这是一个普遍现象^[4]。秋季随着气温下降苜蓿根中可溶性糖含量持续增加,尤其是在 11 月间,豆科牧草根内会积累较多的可溶性糖^[5],并在冬季保持较高水平,到了早春其含量开始降低^[6~8]。可溶性糖能够提高细胞液的浓度,增加细胞持水组织中的非结冰水,从而降低细胞质的冰点,还可缓冲细胞质过度脱水,保护细胞质胶体不至于遇冷凝固^[9,10],可见可溶性糖是一种低温保护物质,它的含量与植物的抗寒性密切

相关。全氮含量在秋冬季节保持较高水平,而在返青季节会有明显的下降,这说明一方面秋冬季节全氮含量的增加是苜蓿根部对寒冷适应的重要生理反应,它关系到苜蓿对低温的抵御能力,另一方面苜蓿再生及返青时所消耗的氮均来自于根部,其含量直接关系到翌年春季苜蓿的再生与返青^[11,12]。在低温胁迫下,苜蓿体内活性氧自由基的积累超出一定限度时,就会引起膜质过氧化,其产物丙二醛(MDA)会大量积累。在本试验中,9 月份气温下降,各苜蓿品种根部积累大量的 MDA,而后由于苜蓿经过抗寒锻炼,体内的抗寒机制逐渐启动,低温保护物质开始增加,从而控制了细胞内膜脂过氧化,减小了低温对膜脂的损害,MDA 含量降低^[13]。1 月份以后,可能由于低温保护物质逐渐减少及其他抗氧化保护作用减弱,MDA 含量又开始逐渐升高。

可溶性糖、全氮以及 MDA 含量都会随气温的季节性变化而发生改变,而且不同苜蓿品种间这三个指标值都存在显著差异,因此这三个指标可以作为鉴定苜蓿抗寒性的合理指标。经过对 6 个苜蓿品种抗寒性综合分析可知:草原二号、龙牧 803 和润布勒苜蓿为高抗寒品种;准格尔苜蓿和

德宝为中等抗寒品种; Euver苜蓿为低抗寒品种。

参 考 文 献

- [1] 韩清芳,贾志宽. 紫花苜蓿种质资源评价与筛选 [M]. 陕西杨凌:西北农林科技大学出版社, 2004, 1 - 5.
- [2] 张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2004, 65 - 67.
- [3] Dhindsa R S, Dhindsa P P, Thope T A. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. J. Exp. Bot., 1981, 32: 93 - 101.
- [4] Hanson A A. Alfalfa and alfalfa improvement [M]. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Inc., 1988, 260 - 284.
- [5] Li R, Volence J J, Joem B C, et al. Seasonal changes in non structural carbohydrates, protein and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover and birdsfoot trefoil [J]. Crop Sci., 1996, 36: 617 - 623.
- [6] 耿华珠. 中国苜蓿 [M]. 北京:中国农业出版社, 1995, 38 - 44.
- [7] 梁慧敏,夏 阳,梁月香. 碳水化合物含量和过氧化物酶活性变化与苜蓿耐寒性的关系 [J]. 甘肃农业大学学报, 1995, 30(4): 307 - 311.
- [8] 赵宇光,吴渠来,许令任,等. 冷季紫花苜蓿和黄花苜蓿抗冻性的变化 [J]. 中国草原, 1986, 3: 15 - 18.
- [9] 潘瑞炽. 植物生理学 [M]. 北京:高等教育出版社, 2001, 279 - 288.
- [10] 孟繁静,刘道宏,苏业瑜. 植物生理生化 (第四版) [M]. 北京:中国农业出版社, 1995, 366 - 369.
- [11] Ounry A, Kim T H, Boucaud J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. [J]. Plant Physiol., 1994, 105: 832 - 838.
- [12] Dhont C, Castonguay Y, Nadeau P. Alfalfa root nitrogen reserves and regrowth potential in response to fall harvests [J]. Crop Sci., 2003, 43: 181 - 194.
- [13] 周瑞莲,程国栋. 高寒山区牧草根中丙二醛、渗透调节物、多胺季节动态与抗冻力关系研究 [J]. 植物生态学报, 2004, 24(5): 554 - 559.

2008世界草地与草原大会

“2008世界草地与世界草原大会”将于2008年6月29日-7月5日在内蒙古呼和浩特市举行。此次会议是国际草地大会(IGC)和国际草原大会(IRC)首度联袂举办的重要会议,也是在世界范围内进行的一次关于世界变化中草原与草地的多功能性的研讨会。由中国草学会、内蒙古自治区政府共同主办。

大会期间,除学术研讨会外,还将组织会前与会后考察,并举办草业博览会,现将有关事项通知如下:

1 研讨会

时 间:2008年6月28~29日

地 点:呼和浩特国际会展中心

主要议题:

自然资源管理模式的转变——从资源的丰富性到功能的完整性

中国西部草原改良与收益

草原教育与民生——探索创新高等教育与牧民经济发展机遇

温带草原保护的十年计划

农牧民技术培训——发展中国的草地推广系统

生态系统可持续性的标准与监测指标体系——以中国西北部、蒙古和北美草原的生态系

统服务价值评价标准为例

草地生态资源评价与监测的方法

2 学术报告主题

草原(草地)资源与生态

草原(草地)的生产系统

草原(草地)的居民与政策

3 论文征集

论文应以电子文本的格式递交大会学术部(2008igc_irc@lzu.edu.cn)。大会出版论文集要求论文长度限制为印刷版一页(以A4纸标准),特邀报告限6页,大会报告不超过8页,包括关键词、图表、表格以及参考文献。

海报尺寸为0.9m×1.1m。已注册的作者在指定展出日可展出2份海报。

4 联系方式

地 址:北京市海淀区圆明园西路2号

中国农业大学中国草学会2008世界草原草地大会秘书处(100094)

电话/传真:010-62731666,62732799

E-mail: secretariat2008@hotmail.com, secretariat2008@yahoo.com.cn

在线注册:www.igc-irc2008.org

也可传真、邮寄注册表格。