

紫花苜蓿的抗寒生理适应性研究

陶 雅¹, 玉 柱², 孙启忠¹, 赵淑芬³

(1. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 中国农业大学草地研究所, 北京 100094;

3. 林西县草原工作站, 内蒙古 赤峰 025250)

摘要:通过对 3 个紫花苜蓿 *Medicago sativa* 品种根部可溶性糖、全氮、丙二醛(MDA)、游离脯氨酸和游离氨基酸含量动态变化进行分析, 研究它们与苜蓿抗寒性之间的关系。结果表明, 苜蓿根内可溶性糖、全氮、游离脯氨酸和游离氨基酸含量会在秋冬季升高, 并在整个冬季保持较高水平, 春季返青时下降, 苜蓿根内 MDA 含量在秋季升高, 并随晚秋气温进一步下降而降低。此外, 各紫花苜蓿品种综合测定的参数说明, 阿尔冈金抗寒性最强, 金皇后次之, 甘农 3 号最差。

关键词:紫花苜蓿; 抗寒性; 生理适应性

中图分类号: S541⁺. 901

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2009)09-0151-05

*¹ 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等现象。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。试验通过对 3 个苜蓿品种可溶性糖、全氮、丙二醛(MDA)、游离脯氨酸和游离氨基酸含量动态变化进行分析, 研究苜蓿对低温的生理适应性, 并比较 3 个品种间抗寒性的差异。

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 40.4℃, 极端最低温 -32.2℃, ≥10℃年积温 2 200~2 600℃; 无霜期 120 d 左右, 年日照时间 2 966 h, 年降水量 330~350 mm, 年蒸发量 1 800 mm。土壤为栗钙土, 结构良好, 肥力适中, 有灌溉条件。

2 材料与方法

2.1 供试材料 供试苜蓿均播种于 2003 年 5

月 20 日, 共 3 个品种: 阿尔冈金、金皇后和甘农 3 号。试验材料每个品种的播种量为 15 kg/hm², 试验小区 5 m×4 m, 随机区组排列, 重复 3 次。分别于 2005 年 9 月 10 日、11 月 10 日和 2006 年 1 月 10 日、3 月 10 日、4 月 10 日、5 月 10 日进行田间取样。采样时挖出各苜蓿品种的根部, 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。在 105℃下杀青, 然后用烘箱于 80℃烘干, 并将样品用粉碎机粉碎, 混合后放入纸袋中备测^[2]。

2.2 测定项目 用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[3]。用杜马斯燃烧法快速定氮仪(型号: rapid N cube)测定全氮含量。按 Dhindsa 等^[4]的方法提取并测定 MDA 含量。用日立 835-50 型高速氨基酸分析仪测定游离氨基酸和脯氨酸含量。

3 结果与分析

3.1 各苜蓿品种根部可溶性糖含量的变化
可溶性糖是重要的低温保护物质, 其含量关系

。 收稿日期: 2009-02-20

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金; 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); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国农业科学院草原研究所)

作者简介: 陶雅(1982-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 实习研究员, 硕士, 主要从事草地生态领域的研究。

E-mail: taoya2001@126.com

通信作者: 孙启忠 E-mail: Sunqz@126.com

到苜蓿的安全越冬。3个苜蓿品种根部可溶性糖含量动态变化见图1。9月中旬,3个苜蓿品种根内可溶性糖含量均较高,为18%~23%,并随着气温的下降开始升高,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,1月为隆冬时节,平均气温为-12℃,可溶性糖含量逐渐下降,尔后随着气温逐渐回暖,可溶性糖含量继续下降,一直延续到5月中旬。对3个苜蓿品种根内可溶性糖含量进行比较,11月至翌年3月气温较低的情况下,金皇后根内可溶性糖含量最高,阿尔冈金次之,甘农3号最低。

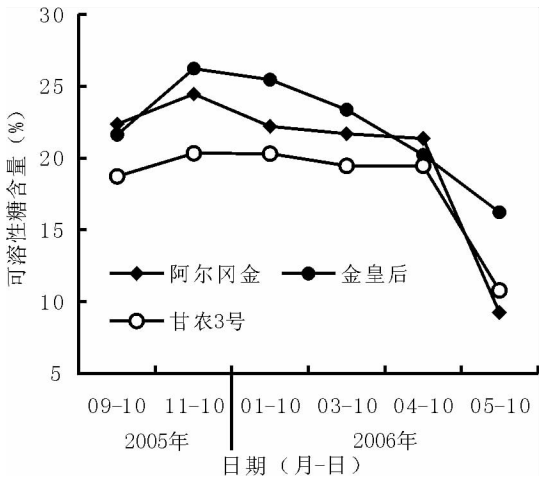


图1 不同苜蓿品种根部可溶性糖含量动态变化

3.2 各苜蓿品种根部全氮含量的变化 对3个苜蓿品种根部全氮含量分析可以看出(图2),9月3个苜蓿品种根内贮藏氮素含量大于2.1%,处于较高水平,并随着气温下降逐渐升高,到11月达到第1个峰值,均在2.4%左右,说明秋末冬初,苜蓿根部会积累大量的氮素来抵御寒冷胁迫,11月到翌年1月,随着气温进一步下降,3个苜蓿品种根内全氮含量开始降低,但在3月随着气温逐渐变暖,苜蓿根内全氮含量升高,且达另一峰值,可见苜蓿在返青之前会进一步加强了对氮素的积累,3月之后苜蓿根内全氮含量开始下降,到5月下降幅度较大。对3个苜蓿品种根内全氮含量进行比较,11月至翌年3月气温较低的情况下,阿尔冈金根内全氮含量最高,金皇后和甘农3号全氮含量相似,且均低于阿尔冈金。

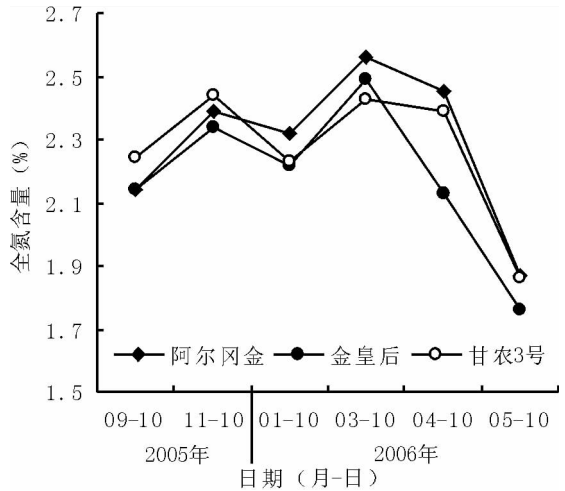


图2 不同苜蓿品种根部全氮含量动态变化

3.3 各苜蓿品种根部MDA含量的变化 MDA为膜脂过氧化产物,其含量与植物膜脂受损害程度有关。从图3可以看出,9月3个苜蓿品种根部MDA含量较高,为47~55nmol/g,此后随着气温进一步降低,MDA含量逐渐下降,直到1月出现最低值,1月以后,气温逐渐回升,苜蓿根部MDA含量呈现出逐渐升高的趋势。对3个苜蓿品种根内MDA含量进行比较,9月气温下降,苜蓿受到低温胁迫,甘农3号根内产生MDA含量最多,受害较严重,阿尔冈金和金皇后根内MDA含量相近,均低于甘农3号。

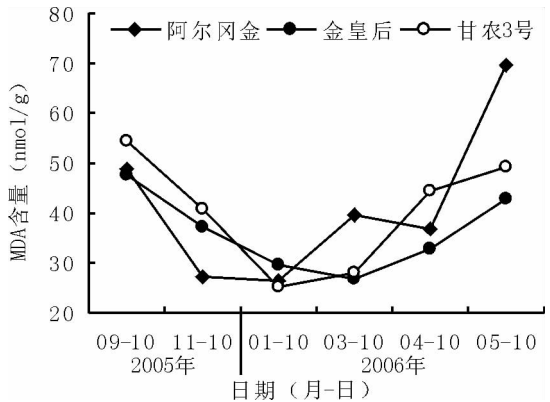


图3 不同苜蓿品种根部MDA含量动态变化

3.4 各苜蓿品种根部游离脯氨酸含量的变化 游离脯氨酸作为细胞质的渗透调节物质在

植物对抗低温胁迫时起到平衡细胞代谢的作用,以保持细胞内环境的相对稳定。从 3 个苜蓿品种根部游离脯氨酸动态变化(图 4)可以看出,9 月,各苜蓿品种根内游离脯氨酸含量较高,为 1.1%~1.4%,而到 11 月其含量降低为 0.4%~0.6%,随着温度的继续下降,1 月大部分苜蓿品种根内游离脯氨酸含量增加,说明低温会促进根部对脯氨酸的积累,1 月之后各苜蓿品种根内游离脯氨酸含量开始下降,5 月苜蓿根内脯氨酸含量下降为 0.6%左右。对 3 个苜蓿品种根内游离脯氨酸含量进行比较,11 月至翌年 3 月气温较低的情况下,阿尔冈金和金皇后根内游离脯氨酸含量相似,且均高于甘农 3 号。

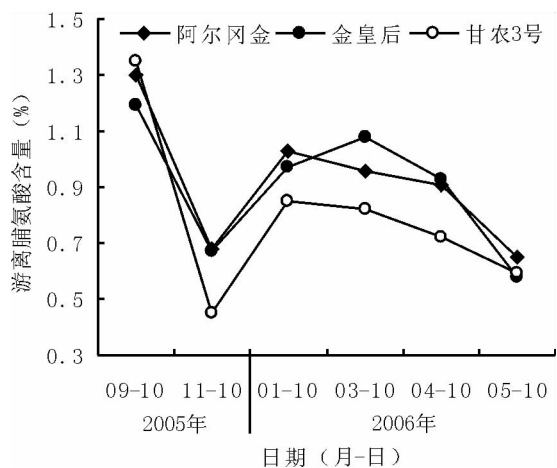


图 4 不同苜蓿品种根部游离脯氨酸含量动态变化

3.5 各苜蓿品种根部游离氨基酸含量的变化 从 3 个苜蓿品种根内贮藏游离氨基酸含量动态变化可见(图 5),9 月各苜蓿品种根内游离氨基酸含量较高,均高于 1.8%;11 月含量下降,与脯氨酸含量变化相似;而 11 月到翌年 1 月,3 个苜蓿品种根内游离氨基酸含量逐渐增加,说明随着温度的降低,苜蓿增加对游离氨基酸的积累;3 月后,苜蓿根内游离氨基酸含量逐渐开始下降,一直延续到 5 月。对 3 个苜蓿品种根内游离氨基酸含量进行比较,11 月至翌年 3 月气温较低的情况下,阿尔冈金根内游离氨基酸含量最高,金皇后次之,甘农 3 号最低。

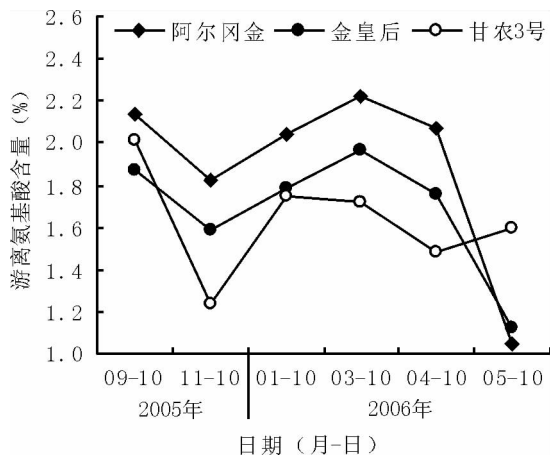


图 5 不同苜蓿品种根部游离氨基酸含量动态变化

4 讨论与结论

4.1 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^[5-6]。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,豆科牧草根内会积累较多的可溶性糖^[7],并在冬季保持较高水平,到了早春其含量开始降低^[8-10]。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^[11-12]。

4.2 在整个田间越冬过程中,苜蓿根内全氮含量始终随温度的变化而发生变化 可见苜蓿根内氮素的积累与气温的变化密切相关。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根部,其含量直接关系到翌年春季苜蓿的再生与返青^[13-14]。

4.3 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 MDA 会大量积累^[15]。试验中,9 月气温下降,各苜蓿品种根部积累大量的 MDA,尔后苜蓿经过抗寒锻炼后,体内的抗寒机制逐渐启动,各种保护酶类积极适应变化,活性增高,细胞抗膜脂过氧化能力增强^[16],从而减小了低温对膜脂的损害,

MDA 含量降低,1 月后,随着气温转暖,根内低温保护物质及保护酶类含量逐渐降低^[9],细胞抵抗膜脂过氧化能力开始下降,而试验区 3—5 月仍然会出现零下低温,造成膜脂损害,MDA 含量又开始逐渐升高。

4.4 游离脯氨酸是水溶性最大的氨基酸,在发生低温、干旱、盐渍时,大部分植物均会积累大量的脯氨酸,来保持细胞持水和生物大分子结构的稳定性,适应逆境^[17-19]。试验中,11 月气温降低,脯氨酸含量却表现出了明显下降,这是由于大部分脯氨酸是在叶部合成,然后运送到根部及根颈部^[20-21],9 月苜蓿还存在地上部分,当温度降低时,地上部分会合成大量的脯氨酸运至根部抵御寒冷胁迫,因此脯氨酸含量较高,11 月苜蓿的地上部分已经枯萎,不能为根部提供脯氨酸,只能靠根部合成,然而其合成能力远不如地上部分,因此表现为含量减少,而 1 月其含量又升高,说明低温会促进根部对脯氨酸的积累。

4.5 秋冬季节苜蓿根部会积累大量的游离氨基酸抵御胁迫。游离氨基酸也是渗透调节物质,可使冰点降低,保护细胞不易结冰,在低温时保护植物细胞免受低温伤害,而到了春季,气温上升,游离氨基酸含量下降,可以转变成蛋白类物质和结构性物质加以利用^[22]。

4.6 通过对 3 个苜蓿品种根内可溶性糖、全氮、MDA、游离脯氨酸和游离氨基酸含量的比较可以看出,阿尔冈金在低温胁迫下可溶性糖、全氮、游离脯氨酸和游离氨基酸含量等低温保护物质积累较为明显,且膜质过氧化水平较低,受害较轻,说明其抗寒能力较强,金皇后次之,甘农 3 号最低。

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]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2004:1-5.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Dhindsa R S,Dhindsa P P,Thorpe T A. Leaf senescence;correlated with increased levels of membrane

- Permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. Journal of Experimental of Botany,1981,32:93-101.
- [5] Hanson A A. Alfalfa and alfalfa improvement[M]. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Inc. , 1988:260-284.
- [6] 代会平,杨知建,胡勇. 狗牙根抗寒性研究进展[J]. 草业科学,2007,24(11):87-91.
- [7] Li R, Volence J J, Joern B C,*et al.* Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover and birtsoot troil [J]. Crop Science, 1996, 36: 617-623.
- [8] 耿华珠. 中国苜蓿[M]. 北京:中国农业出版社,1995:38-44.
- [9] 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.
- [10] 蒲金涌,姚晓红,汪丽萍,等. 紫花苜蓿根系生长特性研究[J]. 草业科学,2008,25(10):43-47.
- [11] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2001:279-288.
- [12] 孟繁静,刘道宏,苏业瑜. 植物生理生化[M]. 第 4 版. 北京:中国农业出版社,1995:366-369.
- [13] Ourry A, Kim T H, Boucaud J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. [J]. Plant Physiology,1994, 105:832-838.
- [14] Catherine D, Yves C, Paul N. Alfalfa root nitrogen reserves and regrowth potential in response to fall harvests [J]. Crop Sci. ,2003, 43: 181-194.
- [15] 杜永吉,于磊,孙吉雄,等. 结缕草 3 个品种抗寒性的综合评价[J]. 草业学报,2008,17(3):6-16.
- [16] 杨秀娟. 紫花苜蓿抗寒性评价及其对秋冬低温胁迫的生理反应[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [17] 王娟,李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J]. 植物学通报,2001,18(4):459-465.
- [18] Stewart C R, Larher F. Accumulation of amino acids and related compounds in relation to environmental stress[J]. Biochemistry of Plants,1980(5): 609-635.
- [19] 赵瑞雪,朱慧森,程钰宏,等. 植物脯氨酸及其合成酶系研究进展[J]. 草业科学,2008,25(2):90-97.
- [20] Stef M, Trcka I, Vratny P. Proline biosyntheses in

winter plants due to exposure to low temperatures
[J]. Biol. Plant,1978,20:119-128.

[21] Yelenosky G. Accumulation of free proline in citrus
leaves during cold hardening of young trees in con-

trolled temperature regimes[J]. Plant Physiology,
1979,64:425-427.

[22] 江福英,李延,翁伯琦. 植物低温胁迫及其抗逆性
生理[J]. 福建农业学报,2002,17(3):190-195.

The study on physiological adaptability to cold resistance of alfalfa

TAO Ya¹, YU Zhu², SUN Qi-zhong¹, ZHAO Shu-fen³

(1. Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences,
Huhhot 010010, China;

2. Grassland Research Institute, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

3. Linxi Grassland Working Station, Chifeng 025250, China)

Abstract: The dynamic change of soluble sugar content, total nitrogen, malondialdehyde, free proline and free amino acid in root of three alfalfa (*Medicago sativa*) varieties were analyzed to find out their relationships with cold resistance of alfalfa. The results indicated that the content of soluble sugar, total nitrogen, free proline and free amino acid increased from late autumn and early winter, and kept higher level during the entire winter, then decreased in regreen time in the next spring, the content of malondialdehyde increased in autumn and decreased with the falling of temperature in late autumn. Moreover, the integrated determination parameters of all alfalfa varieties suggested that the cold-resistance of Algonquin was the best, Gold Empress took the second place, and Gannong No. 3 was the worst.

Key words: alfalfa; cold resistance; physiological adaptation

西藏启动建立草原生态保护奖励机制试点工作

8月22日西藏自治区正式启动了建立草原生态保护奖励机制试点工作,成为全国首个建立草原生态保护奖励机制的省区。

根据财政部、农业部对《西藏自治区建立草原生态保护奖励机制试点工作2009年度实施方案》的批复,将确定在西藏那曲地区聂荣县、安多县、班戈县,阿里地区措勤县、日喀则地区仲巴县建立以草定畜奖励、薪柴替代补贴、牲畜配装电子耳标和草原生态监测制度为主要内容的草原生态保护奖励机制。同时明确日喀则地区康马县、昌都地区八宿县作为试点工作对比县,开展草原生态监测工作。

这批试点县均为西藏畜牧业生产的核心区,也是民众对草原资源依赖程度较高的地区。草原生态保护奖励资金主要由地方财政承担,直接发放到户。

建立草原生态保护奖励机制,是解决西藏草地畜牧业经济发展中草畜矛盾与生态压力,进而彻底改善草原生态环境问题的基本战略对策,同时也是构建西藏生态安全屏障、建设生态文明、实现科学发展的重大战略任务。