

高寒阴湿区 6 个抗寒紫花苜蓿种质氨基酸积累量分析

魏双霞, 师尚礼, 康文娟, 谭谌淼

(甘肃农业大学 草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为了评价 6 个抗寒紫花苜蓿种质(GNKH-1、2 和 3、俄罗斯西伯利亚杂花苜蓿、金皇后紫花苜蓿和阿尔冈金紫花苜蓿)的种质,在青藏高原高寒阴湿区进行了播种当年的评比试验,并对地上部分叶和茎中的氨基酸含量进行分析。结果表明:氨基酸总量(T)在 GNKH-2 叶最高(23.86%),在俄罗斯西伯利亚杂花茎中最高(12.13%);必需氨基酸(E)在金皇后叶(8.55%)和茎(4.27%)中最高。供试苜蓿叶蛋白种质从高到低排序为:金皇后>GNKH-1>GNKH-3>GNKH-2>阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花;苜蓿茎蛋白品质从高到低排序为:金皇后>GNKH-1>GNKH-2>GNKH-3>俄罗斯西伯利亚杂花>阿尔冈金。综合分析表明,抗寒苜蓿材料中 GNKH-1 叶和茎蛋白质价值均最高;GNKH-3 是抗寒苜蓿材料中氨基酸评分相对最高的,叶部氨基酸评分(AAS)为 32.74,茎部为 15.94,均高于其他供试苜蓿品系;阿尔冈金和 GNKH-1 叶部 EAAI 值最高,分别为 1.2860 和 1.2847;GNKH-2(1.2872)仅次于俄罗斯西伯利亚杂花和阿尔冈金茎部的 EAAI 值(1.2881,1.2876)。

关键词:苜蓿;氨基酸总量;蛋白品质;氨基酸评分;必需氨基酸指数

中图分类号:S816.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)04-0100-08

苜蓿为多年生植物,利用年限达 5~6 年,甚至更长^[1],并且是一种高蛋白植物^[1],富含 V_A 、 V_E 和 F_e 、Ca 等营养物质,苜蓿所含蛋白质大部分存在于叶片中,含量 30%~40%,蛋白质的消化率达 70%以上,在单位面积上紫花苜蓿比谷类和油料作物能产出更多的蛋白质,是发展优质高效畜牧业的物质基础,也是人类有益健康的食用植物之一,而且紫花苜蓿所含氨基酸种类全面,研究表明,紫花苜蓿含有 18 种以上氨基酸,

包括人和动物全部必需的氨基酸和一些稀有氨基酸^[3-4]。随着我国畜牧业尤其是奶业的迅速发展,对苜蓿的需求量日益增加,但其总量供应不足,优质苜蓿尤为缺乏^[5]。张鹏^[6]、韩学俊^[7]、肖海峻^[8]等对苜蓿种质材料的氨基酸进行分析,筛选出了氨基酸含量较高的苜蓿品种。因此,从不同角度对我国苜蓿种质资源进行深入评价研究,将有助于我国苜蓿种质资源的进一步开发利用。青藏高原素有“世界屋脊”和“世界第三极”之称^[9],是我国重要的草地畜牧业基地之一,但过度放牧使天然草地产量下降,毒杂草滋生,牧草品质降低^[10]。通过对 6 份参试苜蓿种质材料在青藏高原高寒阴湿区引进种植,进行叶部、茎部氨基酸种类和含量、氨基酸组成、氨基酸评分(AAS)和必需氨基酸指数分析,评定蛋白品质和营养价值,旨在从 6 个抗寒苜蓿种质材料选育出适宜青藏高原种植的蛋白质品质较高的抗寒苜蓿新材料,为解决青藏高原地区牧草营养不平衡问题提供科学依据。

收稿日期:2018-11-15; **修回日期:**2019-06-20

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项“青藏高原社区特色生态畜牧业关键技术集成与示范(甘南社区)”项目(201203010)资助

作者简介:魏双霞(1988-),女,甘肃白银人,硕士,研究方向为草种质资源及育种。

E-mail:3529825121@qq.com

师尚礼为通讯作者。

E-mail:shishl@gsau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年 4 月~2015 年 5 月在高寒阴湿区的甘南州夏河县牧草试验站进行。夏河县位于甘南藏族自治州西北部, E 101°54′~103°25′, N 34°32′~35°34′, 地处青藏高原东北边缘, 地势由西北向东南倾斜, 海拔 3 000~3 800 m, 属于寒冷湿润性气候, 土壤类型为高寒草甸土, 有明显的腐殖质积聚, 腐殖质层厚 10 cm, 呈灰棕至黑褐色粒状-扁核状结构, 土壤有机质含量 45.14 g/kg, pH 7.87, 速效氮 50.83 mg/kg, 速效磷 10.57 mg/kg, 速效钾 230.0 mg/kg, 土壤肥力均匀。

1.2 试验材料

供试材料 GNKH-1 (Cold resistance No. 1 of alfalfa)、GNKH-2 (Cold resistance No. 2 of alfalfa) 和 GNKH-3 (Cold resistance No. 3 of alfalfa 3) 为甘肃农业大学草业学院选育的抗寒苜蓿品系, 具有较强的抗寒能力和优质高产性能。对照材料为抗寒能力强的俄罗斯西伯利亚杂花苜蓿 (*M. sativa* subsp. *varia*) (FD 2)、金皇后紫花苜蓿 (*M. sativa* cv. Golden Empress) (FD 2) 和阿尔冈金紫花苜蓿 (*M. sativa* cv. Algonquin) (FD 3), 均由甘肃农业大学草业生态系统教育部重点实验室提供。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计, 小区面积 3 m×5 m, 3 次重复, 采用深开沟, 浅覆土, 冬前耙平的播种技术: 人工开沟条播, 沟深 12~15 cm, 覆土 1~2 cm, 冬前耙平埋颈, 行距 30 cm, 播量 1.7 g/m²。适时对试验地进行锄草及病虫害防治等田间管理。播种第 2 年, 3 个抗

寒苜蓿品系返青、分枝、现蕾、开花、结荚、枯黄各物候期时间较为一致, 对照品种俄罗斯西伯利亚杂花, 金皇后和阿尔冈金各物候期时间较为一致, 但 GNKH-3 和 GNKH-2 较其他几个品种提前 10 d 进入返青, 提前 5 d 进入现蕾期, 各品种均能结荚, 种子均未成熟, 第 2 年刈割测定两茬, 第 1 年刈割测产 1 次, 测产时, 对每个小区生长状况良好的苜蓿的茎、叶各采样 1 kg, 风干混合, 3 次重复。

1.4 样品前处理

样品在 85℃ 下干燥 4 h, 磨细混匀, 取样 10 mg, 精密称定。置安瓿瓶中, 用 6 mol HCl 封管水解 [(110±1)℃] 24 h, 真空抽去过量氯化氢气体, 微量过滤器过滤, 滤渣用蒸馏水淋洗 3 遍, 合并滤液, 在水浴上蒸干, 蒸干后的残渣加入蒸馏水溶解, 并定容至 10 mL。每次吸取 50 μL 注入氨基酸自动分析仪中进行氨基酸测定。测胱氨酸时, 需将水解液用过甲酸氧化 3 h, 再上机分析。

1.5 仪器条件

氨基酸自动分析仪为日立 835-50 型。除氨柱: L4×50 mm; 分析柱: 2.6 mm×150.0 mm 不锈钢柱; 树脂: 2619 号; 柱温: 52℃; 反应温度 98℃; pH 5~5.5; 缓冲液流量: 0.230 mL/min; 柱压: 8~9 MPa; 茚三酮流速: 0.28 mL/min。

1.6 蛋白质氨基酸分析方法

氨基酸含量 100 g 草样中含有的氨基酸的 g 数。氨基酸评分 将高寒阴湿区苜蓿叶、茎中必需氨基酸含量分别与 1985 年的 WHO 的必需氨基酸需要量模式^[11-17] 进行比较, 进行氨基酸评分 (AAS), 计算公式为:

$$AAS = \frac{\text{被测蛋白质每 g 氮(或蛋白质)中氨基酸量(mg)}}{\text{理想模式或参考蛋白质中每 g 氮(或蛋白质)中氨基酸量(mg)}} \times 100\% \quad (1)$$

必需氨基酸指数 将叶和茎中蛋白质的必需氨基酸含量与模式蛋白氨基酸^[18] 进行比较, 计算必需氨基酸指数 (EAAI), 计算公式为:

$$EAAI = n \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{aai}{AAi} \right)} \quad (2)$$

式中: *aai* 为受试蛋白质中某一个必需氨基酸所占必需氨基酸总数的百分比。AAi 是模式蛋白质中此氨基酸占必需氨基酸总数的百分比。必需氨基酸指数评价蛋白源的营养价值。当 *n*=6~12, 提出的实用评价标

准是 *EAAI*>0.95 为优质蛋白源, 0.85<*EAAI*≤0.95 为良好蛋白源, 0.75<*EAAI*≤0.86 为可用蛋白源, *EAAI*<0.75 为不适蛋白源。

2 结果与分析

2.1 叶、茎氨基酸种类和含量特征

供试苜蓿材料中均检测出了 18 种氨基酸, 包括 9 种必需氨基酸。供试苜蓿材料各组分氨基酸按含量多

少排序有一定的规律性,含量最高的氨基酸都是天门冬氨酸,含量最低的氨基酸都是胱氨酸和色氨酸,这与王照兰^[19]2004 年对苜蓿材料的氨基酸分析得出的结果相一致。高寒阴湿区叶部和茎部的脯氨酸含量均比较高,这与陶雅^[20]等研究结果一致,苜蓿在寒冷环境下会积累 Pro 等氨基酸以提高苜蓿的抗寒性;而 Trp、Arg、Glu 和 Gly 茎含量高寒阴湿区较低,这可能与苜蓿样品的采集时间不同和气候区环境不同所造成。

供试苜蓿材料叶部 T 平均为 22.52%,E 平均为 7.65%,E/T 平均为 33.95%,E/N 平均为 51.41%。GNKH-2 叶部 T 最高(23.86%),显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-3 次之(23.57%),也显著高于其他 4 个品种,供试苜蓿材料叶部 T 排序为:GNKH-2>GNKH-3>俄罗斯西伯利亚杂花>金皇后>GNKH-1>阿尔冈金。金皇后叶部 E 最高(8.55%),GNKH-2、GNKH-3 次之,它们显著高于其他 3 个品种,GNKH-2 是抗寒苜蓿新品系中叶部 E 最高的(8.55%),较最高的金皇后(8.55%)仅低 0.09%,供试苜蓿材料叶部 E 排序为:金皇后>GNKH-2>GNKH-3>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-1>阿尔冈金(图 1)。叶部 E/T 均低于鸡蛋蛋白(49.7%)模式,但都高于 FAO/WHO 模式标准蛋白(35.0%),金皇后叶 E/T 和 E/N 最高(39.40%和 65.00%),显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-1 是抗寒苜蓿新品系中叶部 E/T 和 E/N 最高的(36.97%、58.66%),较含量最高的金皇后(39.40%

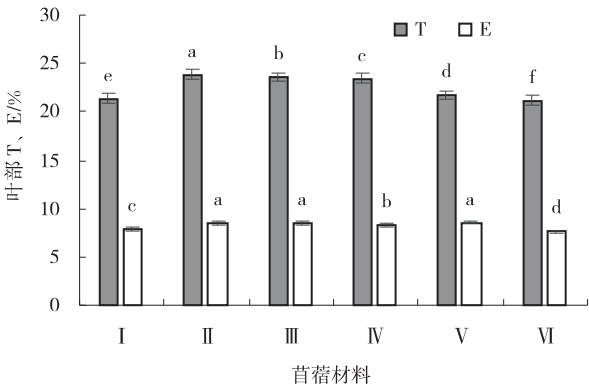


图 1 苜蓿材料叶部 T 和 E (%)

Fig. 1 The T and E in leaf type of alfalfa materials(%)

注: I - GNKH-1, II - GNKH-2, III - GNKH-3, IV - 俄罗斯西伯利亚杂花苜蓿, V - 金皇后苜蓿, VI - 阿尔冈金苜蓿; E - 必需氨基酸总量, N - 非必需氨基酸总量, T - 氨基酸总量;下同

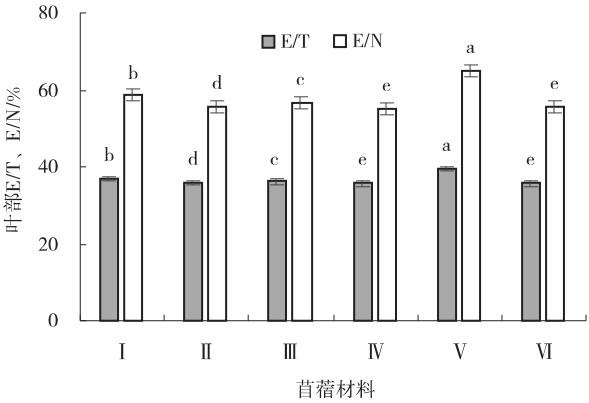


图 2 苜蓿材料叶部 E/T 和 E/N (%)

Fig. 2 The E/T and E/N in leaf type of alfalfa materials (%)

和 65.00%)低 6.15%、9.75%,抗寒苜蓿新品系显著高于俄罗斯西伯利亚杂花和阿尔冈金,由苜蓿材料叶部的 E/T 和 E/N 可知,供试苜蓿材料叶部蛋白品质排序为:金皇后>GNKH-1>GNKH-3>GNKH-2>阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花(图 2)。

综合分析供试苜蓿材料在高寒阴湿区的叶部蛋白品质表现,GNKH-1、GNKH-3 和 GNKH-2 叶部蛋白品质虽然不及金皇后紫花苜蓿,但均显著高于俄罗斯西伯利亚杂花、阿尔冈金。GNKH-1 为适宜高寒阴湿区的叶部蛋白品质最高的抗寒苜蓿新品系,GNKH-3 和 GNKH-2 仅次 GNKH-1。

供试苜蓿材料茎部 T 平均为 10.42%,E 平均为 3.27%,E/T 平均为 31.31%,E/N 平均为 45.62%。俄罗斯西伯利亚杂花茎部 T 最高(12.11%),显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-3 是抗寒苜蓿新品系中茎部 T 最高的(10.57%),但较最高的俄罗斯西伯利亚杂花(12.11%)低 12.72%,供试苜蓿材料茎部 T 排序为:俄罗斯西伯利亚杂花>金皇后>GNKH-3>阿尔冈金>GNKH-2>GNKH-1。金皇后茎部 E 最高(4.30%),显著高于其他品种,GNKH-3 是抗寒苜蓿新品系茎部 E 最高的(3.42%),较最高的金皇后(4.30%)低 20.47%,供试苜蓿材料茎部 E 排序为:金皇后>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-3>阿尔冈金>GNKH-1>GNKH-2(图 3)。茎 E/T 均低于鸡蛋蛋白(49.7%)模式,只有金皇后高于 FAO/WHO 模式标准蛋白(35.0%),金皇后叶 E/T 和 E/N 最高(35.95%和 56.14%),显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-1 是抗寒苜蓿新品系中茎部 E/T 和 E/N 最高的(33.22%、49.75%),较含量最高的金皇后(35.95%

和 56.14%) 低 7.60%、11.38%，抗寒苜蓿新品系显著高于俄罗斯西伯利亚杂花和阿尔冈金，由供试苜蓿材料茎部的 E/T 和 E/N 可知，供试苜蓿材料茎部蛋白质品质排序为：金皇后 > GNKH-1 > GNKH-3 > GNKH-2 > 俄罗斯西伯利亚杂花 > 阿尔冈金(图 4)。

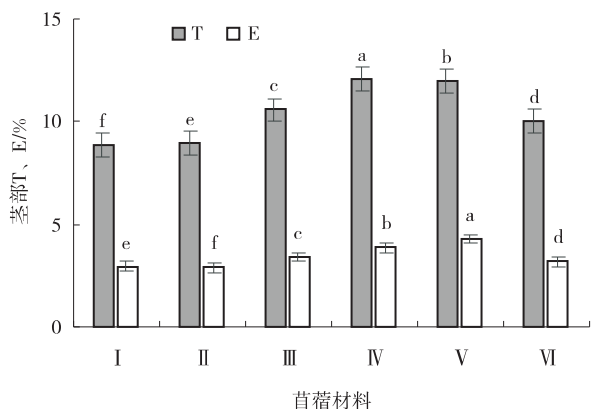


图3 苜蓿材料茎部 T 和 E (%)

Fig. 3 The T and E in stem type of alfalfa materials (%)

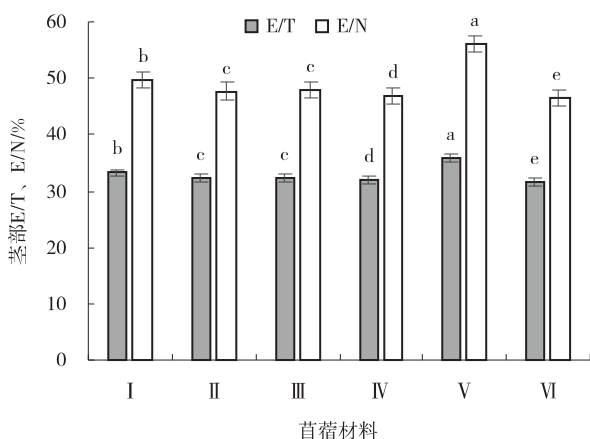


图4 苜蓿材料茎部 E/T 和 E/N (%)

Fig. 4 The E/T and E/N in stem type of alfalfa materials (%)

综合分析供试苜蓿材料在高寒阴湿区的茎部蛋白质品质表现，GNKH-1、GNKH-3 和 GNKH-2 茎部蛋白质品质虽然不及金皇后紫花苜蓿，但均显著高于俄罗斯西伯利亚杂花、阿尔冈金。GNKH-1 为适宜高寒阴湿区的茎部蛋白质品质最高的抗寒苜蓿新品系，GNKH-3 和 GNKH-2 仅次 GNKH-1。

综上所述，在高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部和茎部的蛋白质品质表现，GNKH-1 仅次于金皇后，为适宜高寒阴湿区的蛋白质品质最高的抗寒苜蓿新品系，GNKH-3 和 GNKH-2 仅次 GNKH-1。

2.2 叶和茎氨基酸评分

氨基酸评分指测试蛋白中第一限制性氨基酸的得分，一种蛋白质的氨基酸评分越接近 100，表示其含量越接近人体需要，蛋白质的营养价值也越高。将供试苜蓿材料叶部和茎部蛋白质中必需氨基酸含量与 1985 年 WHO 必需氨基酸评分模式比较^[21]，根据公式(1)计算 AAS。

供试苜蓿材料叶部的苏氨酸评分最高，苏氨酸评分排序为：金皇后 (127.22) > GNKH-2 (123.25) > 俄罗斯西伯利亚杂花 (122.50) > GNKH-3 (122.12) > GNKH-1 (110.30) > 阿尔冈金 (108.55)，金皇后苏氨酸评分 (127.22) 显著高于其他品种 ($P < 0.05$)，GNKH-2 次之。供试苜蓿材料叶部的组氨酸和含硫氨基酸的 AAS 是最低的，其中金皇后和阿尔冈金叶组氨酸评分最低，分别为 33.92、33.05，表明组氨酸是它们的第一限制性氨基酸；GNKH-1、GNKH-2、GNKH-3 和俄罗斯西伯利亚杂花叶部含硫氨基酸(蛋氨酸 + 胱氨酸)评分最低，分别为 29.81、32.07、32.74、33.05，表明含硫氨基酸是它们的第一限制性氨基酸。金皇后叶部的 AAS 是最高的 (33.92)，显著高于其他品种 ($P < 0.05$)，GNKH-3 是抗寒苜蓿新品系中叶部 AAS 最高的 (32.74)，仅比金皇后低 3.47%，供试苜蓿材料叶部 AAS 排序为：金皇后 > 阿尔冈金 > 俄罗斯西伯利亚杂花 > GNKH-3 > GNKH-2 > GNKH-1(图 5)。

综合分析在高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部的氨基酸评分表现，GNKH-3、GNKH-2 和 GNKH-1 均不及所有对照，但是 GNKH-3 是抗寒苜蓿新品系中叶部氨基酸评分最高的。

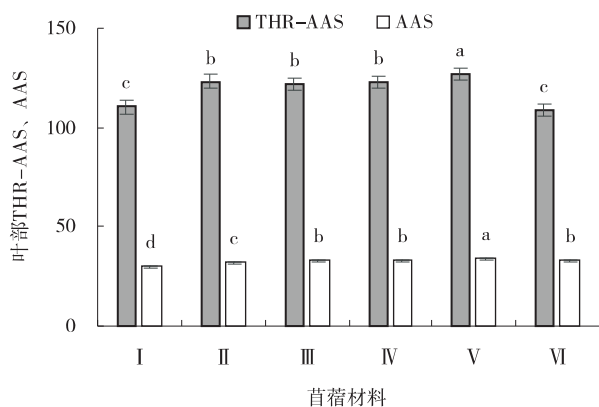


图5 苜蓿材料叶部 THR-AAS、AAS

Fig. 5 The THR-AAS、AAS in leaf type of alfalfa materials

供试苜蓿材料茎部的苏氨酸评分也最高,苏氨酸评分排序为:金皇后(60.00)>俄罗斯西伯利亚杂花(55.56)>阿尔冈金(51.02)>GNKH-3(46.67)>GNKH-1(40.00)>GNKH-2(38.89),金皇后苏氨酸评分(60.00)也显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-3是抗寒苜蓿新品系中茎部苏氨酸的评分最高的。供试苜蓿材料茎部也是组氨酸和含硫氨基酸的AAS是最低的,其中金皇后茎部组氨酸评分最低(20.63),表明组氨酸是它的第一限制性氨基酸;GNKH-1、GNKH-2、GNKH-3、俄罗斯西伯利亚杂花和阿尔冈金茎部的含硫氨基酸(蛋氨酸+胱氨酸)评分最低,分别为12.94、11.77、16.24、15.88、17.55,表明含硫氨基酸是它们的第一限制性氨基酸。金皇后茎部的AAS最高(20.63),显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-3是抗寒苜蓿新品系中茎部AAS最高的(16.24),供试苜蓿材料茎部AAS排序为:金皇后>阿尔冈金>GNKH-3>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-1>GNKH-2(图6)。

综合分析在高寒阴湿区供试苜蓿材料茎部的氨基酸评分表现,GNKH-3、GNKH-2和GNKH-1均不及对照金皇后和阿尔冈金,但是GNKH-3是抗寒苜蓿材料中茎部氨基酸评分最高的。

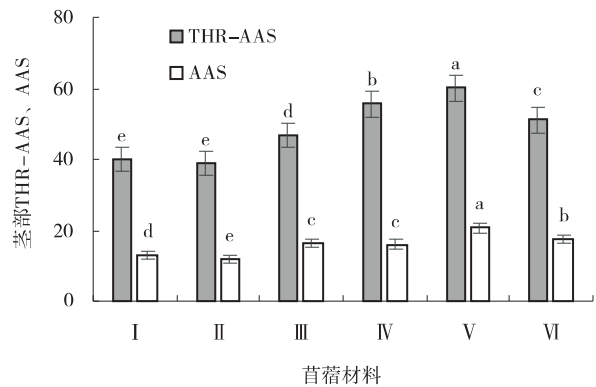


图6 苜蓿材料茎部 THR-AAS、AAS

Fig. 6 The THR-AAS、AAS in stem type of alfalfa materials

综上所述,在高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部和茎部的氨基酸评分表现,GNKH-3、GNKH-2和GNKH-1虽然不及对照金皇后和阿尔冈金,但是GNKH-3是抗寒苜蓿新品系中氨基酸评分最高的。

2.3 必需氨基酸指数分析

供试苜蓿材料中阿尔冈金叶部的EAAI值最高,为1.2809,显著高于其他品种($P<0.05$),GNKH-1

(1.2799)次之,也显著高于其余品种,金皇后最低(1.2763),仅低于最高的阿尔冈金0.36%,供试苜蓿材料叶部的EAAI值大小排序为:阿尔冈金>GNKH-1>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-3>GNKH-2>金皇后。供试苜蓿材料中阿尔冈金茎部的EAAI值也最高,为1.2878,显著高于其他品种($P<0.05$),俄罗斯西伯利亚杂花(1.2822)次之,也显著高于其余品种,GNKH-2是抗寒苜蓿新品系中茎部EAAI值最高的(1.2811),仅低于最高的阿尔冈金0.52%,GNKH-3最低(1.2798),也仅低于最高的阿尔冈金(1.2878)0.62%,供试苜蓿材料茎部的EAAI值大小排序为:阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-2>金皇后>GNKH-1>GNKH-3(图7)。

综上所述,供试苜蓿材料叶部和茎部蛋白均为优质蛋白。其中,阿尔冈金和GNKH-1叶部EAAI值最高;GNKH-2茎部EAAI值仅次于阿尔冈金和俄罗斯西伯利亚杂花。

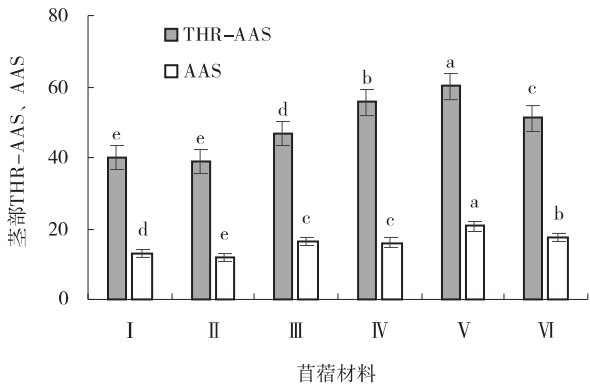


图7 苜蓿材料叶和茎部 EAAI

Fig. 7 The EAAI in leaf and stem type of alfalfa materials

3 讨论

供试苜蓿材料中的T、E、E/T、E/N含量在高寒阴湿区的表现均为叶部>茎部,这与姜健^[22]在2008年对苜蓿不同部位的氨基酸组成及含量分析得出的结论一致。供试苜蓿材料在高寒阴湿区叶部的E/T均高于FAO/WHO模式标准蛋白(35.0%),这与何金环^[23]测定的苜蓿叶必需氨基酸含量相近,说明供试苜蓿材料中的氨基酸组成平衡,饲用价值价高;在茎部的E/T除了金皇后都低于FAO/WHO模式标准蛋白(35.0%),与叶部不同,造成原因可能是与不同气候区温度、苜蓿品种和苜蓿不同部位有关。研究中测定的

叶部 E/T(35%左右)远小于邓蓉^[24]测定的苜蓿芽苗的 E/T(54%),表明苜蓿部位不同,氨基酸含量也会不同,苜蓿蛋白质的营养价值也不同。研究中供试苜蓿材料中的 T、E、E/T、E/N 含量在叶部和茎部均低于刘太宇^[25]测定的同生育期(分枝期)黄河滩区苜蓿 T、E、E/T、E/N 含量,表明苜蓿中的 T、E、N、E/T、E/N 随着温度的降低而降低,与魏小红等^[26]研究的高寒地区几种牧草氨基酸含量随季节温度的动态变化相一致;古世禄^[27]也发现海拔过高,气候变得冷凉,温度过低则不适宜谷子氨基酸的合成。

研究中叶部 AAS 含量均接近于何金玲^[28]于 2011 年测定的苜蓿叶部 AAS(30.00);茎部 AAS 远低于 30,说明茎部的营养价值不高。EAAI 是评价蛋白源的营养价值的最重要的方法之一,笔者得出供试苜蓿材料叶部和茎部均为优质蛋白,说明这些苜蓿品种都是青藏高原很好的引种牧草品种,这与何金玲用 EAAI 评价苜蓿叶部为良好蛋白源的结果一致,也与刘青广等^[29]、张利平等^[30]得出的苜蓿材料是营养价值很高的食用材料的结果也相一致,说明苜蓿叶部蛋白的氨基酸组成平衡性好,与动物体内氨基酸的组成拟合程度高,若与组氨酸和含硫氨基酸饲料合理搭配,可作为优质的蛋白饲料。

总之,苜蓿作为优质牧草,不仅可以直接青饲、调制干草,而且可以用来提取叶蛋白和维生素等,在饲料、食品、保健品和药物上具有巨大的发展潜力和巨大的经济效益,所以如何提高苜蓿的氨基酸含量继而提高苜蓿的营养价值有待我们继续研究。祝美云等^[31]分析微量元素锌对苜蓿芽氨基酸提高具有一定促进作用;徐智明等^[32]发现氨基酸复合微肥对苜蓿的营养品质也有一定的影响;王俊平等^[33]发现生长调节剂 DTA-6 有效改善了苜蓿草的营养品质。苜蓿氨基酸含量测定及品质改善方法研究及生长调节剂的作用及效果研究等方面将是下一步工作的重点。

4 结论

(1)由 E/T 和 E/N 可知,高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部蛋白品质排序为:金皇后>GNKH-1>GNKH-3>GNKH-2>阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花;供试苜蓿材料茎部蛋白品质排序为:金皇后>GNKH-1>

GNKH-3>GNKH-2>俄罗斯西伯利亚杂花>阿尔冈金。GNKH-1 为适宜高寒阴湿区的蛋白品质最高的抗寒苜蓿新品系,GNKH-3 和 GNKH-2 仅次于 GNKH-1。

(2)高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部的 AAS 排序为:金皇后>阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-3>GNKH-2>GNKH-1;供试苜蓿材料茎部的 AAS 排序为:金皇后>阿尔冈金>GNKH-3>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-1>GNKH-2。GNKH-3 是抗寒苜蓿新品系中氨基酸评分最高的。

(3)高寒阴湿区供试苜蓿材料叶部 EAAI 值大小排序为:阿尔冈金>GNKH-1>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-3>GNKH-2>金皇后;供试苜蓿材料茎部 EAAI 值大小排序为:阿尔冈金>俄罗斯西伯利亚杂花>GNKH-2>金皇后>GNKH-1>GNKH-3。供试苜蓿材料蛋白均为优质蛋白。

参考文献:

- [1] 魏双霞. 3 个抗寒苜蓿新品系在甘肃高寒地区的适应性及生产性能评价[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.
- [2] 李寿臣,唐洪光. 紫花苜蓿食用营养与人体健康[J]. 中国食物与营养,2004,10(12):45—46.
- [3] 于林青. 3 种苜蓿形态特征及变异分析[J]. 草原与草坪,2008(3):29—33.
- [4] 陈立波,赵来喜,等. 苜蓿优质高产栽培技术与综合利用[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001.
- [5] 孙启忠,王晓力,玉柱,等. 新形势下的我国苜蓿产业发展对策[C]//成都:中国草学会饲料生产专业委员会第十六次学术研讨会,2011:22—28.
- [6] 张鹏. 甘肃省苜蓿产业化发展及苜蓿芽营养成分研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.
- [7] 韩学俊,王文乾,陈鉴文,等. 几种豆科牧草氨基酸含量分析[J]. 草业科学,1989,03:48—49.
- [8] 肖海峻,孟利前. 紫花苜蓿种子游离氨基酸含量的研究[J]. 当代畜牧,2003(8):26—27.
- [9] 李蕴玉. 畜禽生产[M]. 石家庄:河北科技出版社,2009:179—191.
- [10] 韩立辉,尚占环,任国华,等. 青藏高原“黑土滩”退化草地植物和土壤对秃斑面积变化的响应[J]. 草业学报,2011,20(1):1—6.
- [11] 刘玉,宋俊梅,曲静然. 豆腐酸浆中高产蛋白微生物的氨基酸营养分析[J]. 中国粮油学报,2005,20(2):49—52.
- [12] 何志谦. 人类营养学(第二版)[M]. 北京:人民卫生出版

- 社,2001.
- [13] Pellet P L. Nutritional Evaluation of Protein Foods[M]. The United National University,1980
- [14] L 佩特利. 蛋白质食物营养评价[M]. 北京:人民卫生出版社,1984:43—175.
- [15] 张东杰,夏关茹. 苜蓿的营养功能及在功能食品中的应用[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(4):69—72.
- [16] 李造哲,马青枝. 紫花苜蓿品种氨基酸含量的特征研究[J]. 内蒙古农牧学院学报,1996,17(3):110—112.
- [17] 王世宽,潘明,任路遥. 鼠曲草的氨基酸含量的测定与营养评价[J]. 氨基酸和生物资源,2005,27(1):37—39.
- [18] 刘志皋. 食品营养学[M]. 北京:轻工业出版社,1991.
- [19] 王照兰,杜建材,李青丰,等. 12 份苜蓿种质材料的氨基酸分析[J]. 中国草地,2004,26(1):28—33.
- [20] 陶雅,孙启忠,李峰,等. 氨基酸与苜蓿抗寒性[C]//中国草学会饲料生产委员会第 15 次饲草生产学术研讨会论文集,2009:100—104.
- [21] Energy and protein requirements, Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organization Technical Report Series724, Reprinted 1991,World Health Organization,Geneva 1985.
- [22] 姜健,杨宝灵,王冰,等. 苜蓿不同部位的氨基酸组成及含量分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(29):12643—12644.
- [23] 何金环,李凤玲. 聚合草的氨基酸组成及评价研究[J]. 中国草地学报,2011,33(4):152—155.
- [24] 邓蓉,蒋秀全,张定红,等. 紫花苜蓿芽苗营养成分分析[J]. 贵州农业科学,2009(4):118—119.
- [25] 刘太宇,聂芙蓉,刘庆华,等. 黄河滩区 6 种牧草不同生育期粗蛋白和氨基酸含量的动态分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(1):11—16.
- [26] 魏小红,王静,马向丽,等. 高寒地区牧草碳水化合物及氨基酸含量季节动态研究[J]. 草业学报,2005,14(3):94—99.
- [27] 古世禄,古晓红. 不同土壤与海拔高度对谷子(粟)蛋白质氨基酸组成的影响[J]. 生态农业研究,2000,8(3):32—35.
- [28] 何金环,李凤玲. 聚合草叶蛋白的提取及饲用价值评价研究[J]. 河南农业科学,2011,40(4):152—155.
- [29] 刘青广,曾凡枝,田丽萍,等. 苜蓿叶蛋白的营养及其功能特性研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2007,25(6):753—756.
- [30] 张利平,吴建平,汪晓娟,等. 紫花苜蓿芽及其产品中氨基酸含量的测定与营养分析[J]. 食品科技,2006,31(12):141—144.
- [31] 祝美云,王艳萍,王成章,等. 用 HPLC 法测定富铁锌苜蓿芽氨基酸的含量[J]. 食品科学,2007(8):438—441.
- [32] 徐智明,曹致中,张文旭. 氨基酸复合微肥对苜蓿生产和营养品质的影响[J]. 草业科学,2007,24(10):43—46.
- [33] 王俊平,翟志席,何钟佩,等. DTA-6 对紫花苜蓿粗蛋白和氨基酸含量的调控作用[J]. 中国农业大学学报,2003,8(3):25—28.

Analysis of amino acid accumulation of six cold resistant alfalfa strains in cold and humid area

WEI Shuang-xia, SHI Shang-li, KANG Wen-juan, TAN Shen-miao

(College of Pratacultural Science/Key Laboratory of Grassland Ecosystem of Ministry of Education/ Sino-U. S. Center for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Gansu Agricultural University, Lanzhou, 730070)

Abstract In order to evaluate the quality of six cold-resistant alfalfa strains (GNKH-1, GNKH-2, GNKH-3, *Medicago sativa* subsp *varia*, *M. sativa* cv. Golden Empress and *M. sativa* cv. Algonguin), a comparison experiment was conducted in the year of sowing in the cold and humid area of Qinghai-Tibet plateau, and the contents of amino acids in the above-ground parts(leaves and stems)were analyzed. Result showed that the highest

Effects of high temperature stress on physiological and biochemical characteristics of five forages

LI Long-xing¹, WANG Zhi-wei², CHEN Ying²

(1. Guizhou grassland technology extending stations, Guizhou Guiyang 550025; 2. Guizhou Institute of Prataculture, Guizhou Guiyang 550006)

Abstract: This study was conducted to examine the effects of physiological and biochemical characteristics of five forages under high temperature stress (38°C/30°C). The relative enzyme activity, malondialdehyde content, chlorophyll content and other physiological indexes were determined under high temperature stress. The results showed that under high temperature stress, the activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD), the content of soluble protein (SP) and glutathione (GSH) of five forage species showed a trend of first rising and then declining, while the content of malondialdehyde (MDA) continued to rise, the content of chlorophyll (SPAD) showed a significant decline. The adaptability of *Paspalum notatum* Flugge and *Paspalum wetsfeteini* to high temperature stress was significantly better than that of *Festuca elata*, *Lolium multiflorum* and *Dactylis glomerata*.

Key words: forage; high temperature stress; physiological indices

+++++
(上接 106 页)

contents of total amino acids were observed in leaf of GNKH-2 (23.86%) as well as in stem of *M. sativa* subsp. *varia* (12.11%). Both the leaf and stem of *M. sativa* cv. Golden Empress contained the most essential amino acids, with each reaching 8.55% and 4.30%, respectively. The protein quality priority in leaf tended to decrease in the order *M. sativa* cv. Golden Empress > GNKH-1 > GNKH-3 > GNKH-2 > *M. sativa* cv. Algonquin > *M. sativa* subsp. *varia* and that in stem was *M. sativa* cv. Golden Empress > GNKH-1 > GNKH-3 > GNKH-2 > *M. sativa* subsp. *varia* > *M. sativa* cv. Algonquin. Comprehensive analysis showed that the leaf and stem of GNKH-1 gave the highest protein values; GNKH-3 ranked number 1 in terms of amino acid score (AAS), reaching 32.74 in leaf and 16.24 in stem; the essential amino acids index (EAAI) in leaf of GNKH-1 (1.279 9) and *M. sativa* cv. Algonquin (1.280 9) exceeded that of all other tested materials; EAAI in stem of GNKH-2 (1.281 1) was only 0.52% lower than that of Algonquin (1.287 8), which presented the highest EAAI in all tested materials.

Key words: alfalfa; total amino acid content; protein quality; AAS; EAAI