

苜蓿形态学性状与纤维含量的相关性分析

吕文坤, 曹致中

(甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:通过田间试验及纤维含量测定, 研究苜蓿 *Medicago sativa* 主茎长、节间数、节间长等形态学性状与其纤维含量的关系, 为在田间选择低纤维苜蓿单株提供有效地优势性状。试验结果表明: 苜蓿品种(系)间, 各形态学性状、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)都具有显著性差异($P < 0.05$), 其性状变异系数依次为节间长(29.91%) > 主枝侧枝数(22.45%) > 主枝茎粗(20.82%) > 分枝数(19.76%) > 节间数(12.57%) > 主茎长(8.87%) > ADF(4.18%) > NDF(3.24%), 各形态学性状与 NDF 和 ADF 相关性分析表明, 主茎长与 NDF 和 ADF 均呈显著的正相关, 主枝侧枝数与 ADF 也呈显著正相关。其余形态学性状与 NDF 和 ADF 不存在显著相关性。

关键词:形态学性状; NDF; ADF; 相关性分析

中图分类号: S551⁺.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2009)12-0050-06

*1 苜蓿 *Medicago sativa* 蛋白质含量高达 20%~22%, 作为一种产量高、质量好、耐刈割的高蛋白饲料, 苜蓿在实现我国由“粮食作物+经济作物”的二元种植结构向“粮食作物+经济作物+饲料作物”的三元种植结构的转变中发挥着重要作用^[1-3]。但苜蓿含有高蛋白的同时, 也含有较高的纤维素, 影响了家畜对苜蓿的采食率和消化率, 同时也影响了蛋白质的吸收。为了解决此问题, 实践中可采用青贮和添加纤维素酶的方法, 以降低苜蓿的纤维含量, 提高家畜对苜蓿的消化率和家畜的生产性能^[4]。但这些方法费时, 成本较高, 因此低纤维苜蓿的选育成为解决上述问题的关键。

对苜蓿纤维含量与形态学性状进行相关性研究有利于实践中对低纤维苜蓿单株的选育, 韩路认为粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)与茎叶比呈显著正相关^[5]。Iwaasa 研究指出, 苜蓿 NDF 含量与苜蓿的枝条部位和直径有关^[6]。Kalu 研究发现, 苜蓿 NDF 含量与其各形态发育期的植株质量有极显著的线性关系^[7]。但从多个形态学性状对苜蓿纤维含量进行相关性分析, 国内还研究较少。因此通过田间试验及纤维含量测定, 研究苜蓿主茎长、节间数、节间长等形态学性状与其纤维含量的关系, 为在田间选择低纤维苜蓿单株提供有效地优势性状。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在兰化 302 农场牧草试验基地进行。试验地位于甘肃省景泰县草窝滩乡, 东经 103°33', 北纬 35°33'。该地区年平均降水量 180 mm, 年平均气温 8~10 °C, ≥ 10 °C 的年积温 3 000~3 800 °C, 属于黄河提灌区, 光照条件良好, 年太阳总辐射量 619 kJ/cm², 年日照时间 2 775.5 h, 无霜期 145 d。

试验地土壤类型为栗钙土, 土壤 pH 值 8.6, 有机质含量 25 mg/kg, 有效氮 5.4 mg/kg, 有效磷 14.25 mg/kg, 有效钾 103.7 mg/kg。

1.2 试验材料 供试材料为 2004 年 4 月播种的 4 龄苜蓿品种(系), 共 12 个, 其中国内品种(系)10 个, 分别为高蛋白苜蓿、甘农 4 号、综合种、甘农 3 号、白花苜蓿、长穗苜蓿、河西苜蓿、综 8、低纤维苜蓿和甘农 1 号。国外品种 2 个, 为德宝和哥萨克。

1.3 试验设计 试验采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 2 m × 9 m, 4 行条播, 行距 0.5 m, 小区之间相隔 0.5 m, 各区组间设置 1 m 行

收稿日期: 2009-04-02

基金项目: 国家科技支撑计划“奶牛优质饲草生产技术研究与开发”(2006BAD04A04)

作者简介: 吕文坤(1983-), 男, 甘肃天水人, 在读硕士生。

E-mail: wenkunlv@yahoo.com.cn

通信作者: 曹致中

道,试验区4周种植4行甘农4号苜蓿,行距0.5 m,作为保护行,以避免边际效应对试验带来的影响。每年按期进行冬灌和春灌。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 各品种(系)苜蓿初花期形态学性状 各小区20%植株开花认为进入初花期,3个重复小区分别测定,取平均值。

主茎长:每小区用钢卷尺(精度0.001 m)随机测量10株植株从地面到最高部位的绝对高度。

主枝茎粗:每小区用游标卡尺(精度0.001 cm)随机测量10株植株主枝最粗一节的直径。

节间数:每小区随机测定10株植株主枝从基部到顶端的节间数。

节间长:每小区随机测定10株植株主枝最长一节的长度。

主枝侧枝数:每小区随机测定10株植株主枝侧枝数。

分枝数:每小区随机测量10株植株的分枝数。

1.4.2 纤维素成分分析 于初花期,分别在各小区随机齐地剪去代表性单枝200 g,重复3次,自然风干、混合、粉碎,在密封袋中贮存,利用Van Soest法对ADF和NDF含量进行测定。

1.5 数据统计和分析 试验数据采用SPSS13.0进行分析,Excel进行制图。

2 结果与分析

2.1 形态学性状 主茎长是反映苜蓿生长状况及生产性能的重要指标。从表1可以看出,各品种(系)苜蓿主茎长差异显著($P<0.05$)。12个苜蓿品种(系)初花期平均主茎长为 $[(66.76\pm 8.25)\text{cm}]$,甘农1号最高 $[(76.68\pm 8.26)\text{cm}]$,甘农3号、哥萨克和高蛋白苜蓿较高,白花苜蓿最低 $[(57.67\pm 6.88)\text{cm}]$ 。品种(系)间节间数差异显著,各品种(系)苜蓿的平均节间数为 $[(12.67\pm 1.78)\text{个}]$,其中德宝和哥萨克平均节间数较多(14.47、14.27个),甘农3号和高蛋白较少,为11.93个。节间长与苜蓿的主茎长存在正相关,节间较长的品种(系)同时具有较高的主茎长,品种(系)间节间长具有显著性差异,甘农1号苜蓿主枝节间最长 $[(6.00\pm 1.57)\text{cm}]$,德宝和低纤维苜蓿节间长较短,分别为 $[(4.27\pm 1.40)\text{cm}]$ 和 $[(4.35\pm 1.38)\text{cm}]$ 。茎粗是牧草高产的主要性状,它与牧草的适口性也有关,可以间接地反映牧草的品质状况。苜蓿茎粗与NDF含量有直接关系,通过分析得出,各苜蓿品种(系)间的主枝茎粗存在显著性差异($P<0.05$),其中哥萨克主枝最

表1 供试苜蓿品种(系)形态学性状表现

编号	品种	主茎长 (cm)	节间数 (个/枝)	节间长 (cm)	主枝茎粗 (cm)	主枝侧枝数 (个/枝)	分枝数 (个/株)	
1	甘农1号	76.68 ^a ±8.26	12.24 ^c ±1.43	6.00 ^a ±1.57	0.320 ^{bc} ±0.073	2	7.97 ^b ±1.73	47.00 ^{cd} ±4.36
2	哥萨克	69.27 ^{bc} ±6.54	14.27 ^{ab} ±1.62	5.29 ^{abc} ±1.38	0.404 ^a ±0.075	4	9.67 ^a ±1.91	39.67 ^d ±7.09
3	德宝	64.87 ^{cdef} ±8.43	14.47 ^a ±2.69	4.27 ^c ±1.40	0.346 ^b ±0.066	4	9.20 ^a ±3.12	42.33 ^{cd} ±4.51
4	甘农3号	71.83 ^{bc} ±4.27	11.93 ^c ±1.71	5.05 ^{abc} ±1.43	0.304 ^{bc} ±0.058	1	7.27 ^{bc} ±1.39	73.33 ^{ab} ±11.06
5	高蛋白	67.47 ^{bcd} ±5.29	11.93 ^c ±1.22	5.65 ^{ab} ±1.73	0.275 ^c ±0.061	9	5.60 ^c ±0.91	45.67 ^{cd} ±7.09
6	长穗	65.47 ^{cdef} ±4.91	12.67 ^{bc} ±1.29	4.63 ^{bc} ±1.81	0.293 ^c ±0.043	3	5.87 ^c ±1.13	41.67 ^{cd} ±16.07
7	综合种	66.33 ^{cde} ±5.30	12.33 ^c ±1.63	4.89 ^{abc} ±2.06	0.282 ^c ±0.050	6	6.47 ^{bc} ±1.85	46.00 ^{cd} ±4.58
8	低纤维	60.57 ^{fg} ±3.17	12.80 ^{bc} ±1.08	4.35 ^c ±1.38	0.274 ^c ±0.076	1	6.53 ^{bc} ±1.73	51.33 ^{bcd} ±4.16
9	河西苜蓿	62.23 ^{cde} ±5.30	12.13 ^c ±1.60	4.65 ^{bc} ±0.90	0.278 ^c ±0.069	5	6.47 ^{bc} ±1.55	47.33 ^{cd} ±13.05
10	甘农4号	63.90 ^{def} ±4.78	12.00 ^c ±1.60	5.37 ^{abc} ±1.54	0.293 ^c ±0.042	3	6.73 ^{bc} ±1.33	50.67 ^{bcd} ±14.05
11	综8	64.97 ^{cdef} ±7.02	12.87 ^{bc} ±1.60	4.52 ^{bc} ±1.12	0.312 ^{bc} ±0.076	0	6.93 ^{bc} ±1.28	75.33 ^a ±30.73
12	白花苜蓿	57.67 ^g ±6.88	12.87 ^{bc} ±1.78	4.63 ^{bc} ±1.35	0.296 ^{bc} ±0.068	8	6.33 ^{bc} ±1.40	66.00 ^{abc} ±10.53

注:同列不同字母间差异显著($P<0.05$)。

粗 $[0.404 \pm 0.0754]$ cm], 其次为德宝、甘农 1 号、综 8、甘农 3 号、白花苜蓿 $[0.3460.296]$ cm], 低纤维苜蓿最细 $[0.274 \pm 0.0761]$ cm]。主枝侧枝数最多的是哥萨克 $[9.67 \pm 1.91]$ 个], 最少的是高蛋白 $[5.60 \pm 0.91]$ 个]。12 个苜蓿品种(系)分枝数最多的是综 8 $[75.33 \pm 30.73]$ 个], 其次为甘农 3 号、白花苜蓿、低纤维和甘农 4 号(73.33、66.00、51.33 和 50.67 个), 哥萨克最少 $[39.67 \pm 7.09]$ 个]。

2.2 纤维成分 NDF 和 ADF 是评价苜蓿采食潜力和消化率的国际通用指标。NDF 指不溶于中性洗涤剂的细胞壁组分, 包括半纤维素、纤维

素、木质素、硅酸盐和极少量的蛋白质。ADF 包括纤维素、木质素和硅酸盐^[8]。12 个苜蓿品种(系)初花期 ADF 含量差异显著($P < 0.05$), 甘农 1 号苜蓿的 ADF 含量最高(39.64%), 其次是德宝(38.66%), 白花苜蓿 ADF 含量最少(34.65%) (图 1)。

12 个苜蓿品种(系)间 NDF 含量具有显著性差异($P < 0.05$), 且 NDF 含量高于 ADF, 分布于 49.58%~44.43%, 其中德宝、综合种、甘农 3 号、低纤维、哥萨克和长穗为高, 在 47% 以上。低纤维、综 8 和高蛋白含量相对较少(图 2)。

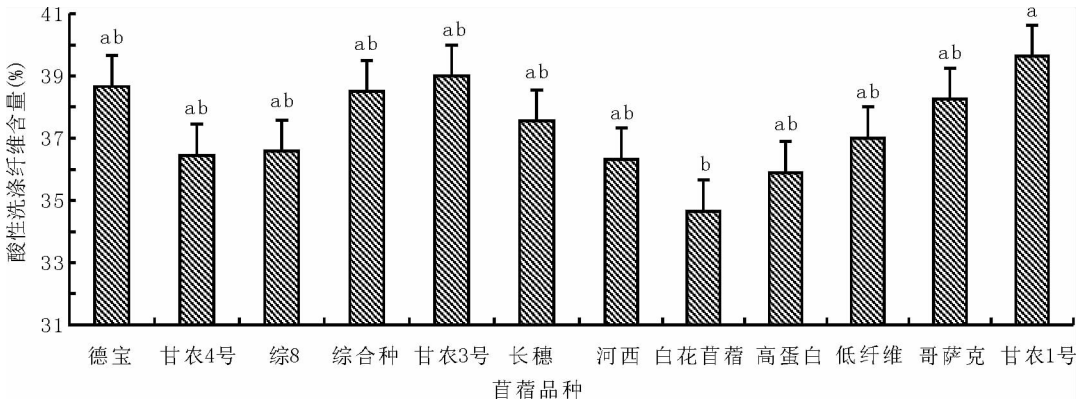


图 1 不同苜蓿品种(系)酸性洗涤纤维的含量

注:具有相同字母的表示差异不显著,具有不同字母的表示差异显著($P < 0.05$)。下图同。

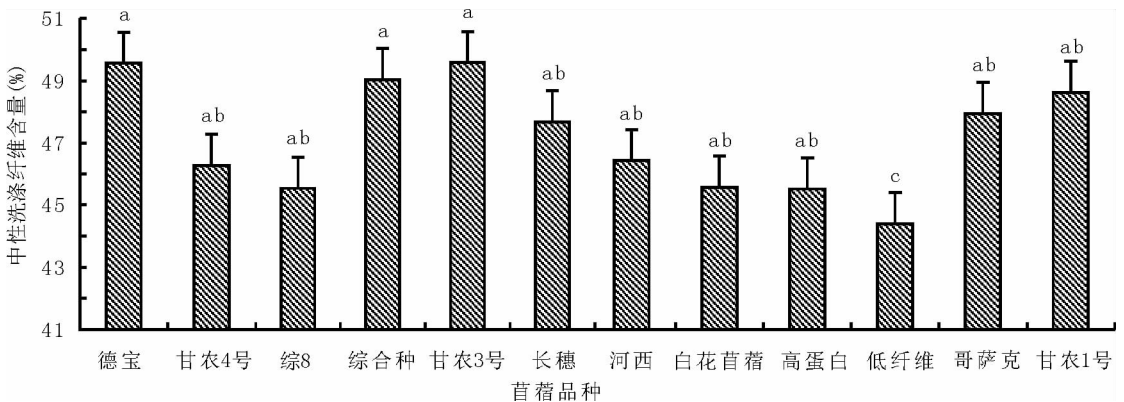


图 2 不同苜蓿品种(系)中性洗涤纤维的含量

2.3 形态学性状和纤维成分的变异分析

综 8 的总变异幅度最大, 变异系数达 17.39%, 其次为长穗苜蓿(17.08%)。总变异幅度最小的是甘农 3 号, 变异系数为 13.61%。各性状之间进行

比较, 品种间以节间长变异幅度最大, 变异系数为 29.91%, 其次为主枝侧枝数(22.45%), 所测形态学性状中, 主茎长的变异幅度最小, 其变异系数为 8.87%。ADF 和 NDF 含量的变异幅度较形态学

性状而言,变幅较小,变异系数分别为4.18%和3.24%。在ADF含量方面,甘农1号苜蓿变异幅度最大,变异系数达5.31%,甘农3号变异幅度最

小,变异系数为3.89%。NDF方面,高蛋白苜蓿变异幅度最大,变异系数为3.38%,德宝和甘农3号的变异幅度最小,变异系数为3.10%(表2)。

表2 供试苜蓿品种(系)形态学性状和纤维成分变异系数

品种	主茎长	节间数	节间长	主枝茎粗	主枝侧枝数	分枝数	ADF	NDF	平均值
甘农1号	10.77	11.68	26.17	22.88	21.71	9.28	5.31	3.16	13.87
哥萨克	9.44	11.35	26.09	18.66	19.75	17.87	3.96	3.21	13.79
德宝	13.00	18.59	32.79	19.19	33.91	10.65	3.90	3.10	16.89
甘农3号	5.94	14.33	28.32	19.11	19.12	15.08	3.89	3.10	13.61
高蛋白	7.84	10.23	30.62	22.51	16.25	15.52	4.22	3.38	13.82
长穗	7.50	10.18	39.09	14.78	19.25	38.56	4.03	3.23	17.08
综合种	7.99	13.22	42.13	17.94	28.59	9.96	3.94	3.14	15.86
低纤维	5.23	8.44	31.72	27.77	26.49	8.10	4.09	3.47	14.42
河西苜蓿	8.52	13.19	19.35	25.00	23.96	27.57	4.17	3.31	15.63
甘农4号	7.48	13.33	28.68	14.44	19.76	27.73	4.15	3.32	14.86
综8	10.80	12.43	24.78	24.36	18.47	40.79	4.14	3.34	17.39
白花苜蓿	11.93	13.83	29.16	23.24	22.12	15.95	4.37	3.35	15.50
平均	8.87	12.57	29.91	20.82	22.45	19.76	4.18	3.24	15.23

2.4 苜蓿初花期农艺性状与纤维成分的相关性分析 苜蓿各形态学性状与纤维素成分相关性分析表明,主茎长与NDF和ADF呈显著性正相关,且相关系数最大,分别为0.626和0.789。侧枝数与ADF呈显著正相关,但与NDF相关性不显著。节间数、茎粗、节间长和分枝数与NDF和ADF的相关性不显著。NDF与ADF呈极显著正相关,相关系数为0.828(表3)。各形态学性

状之间,主茎长与节间长呈显著性正相关,节间数与侧枝数和茎粗呈极显著的正相关。侧枝数与茎粗呈极显著的正相关。各形态学性状与NDF和ADF的回归方程见图3,从方程参数可以看出,主茎长每增加1cm,NDF和ADF分别增加0.2204%和0.2295%,主枝侧枝数每增加1枝,ADF增加0.6848%。

表3 供试苜蓿品种(系)农艺性状和纤维成分相关系数

类项	节间数	侧枝数	茎粗	节间长	分枝数	NDF	ADF
主茎长	0.124	0.390	0.362	0.707*	-0.115	0.626*	0.789*
节间数		0.759**	0.780**	-0.374	-0.323	0.193	0.175
侧枝数			0.918**	0.053	-0.225	0.535	0.585*
茎粗				0.118	-0.209	0.432	0.431
节间长					-0.190	0.155	0.235
分枝数						-0.205	-0.253
NDF							0.828**

注:*表示显著水平为5%;**表示显著水平为1%。

3 讨论

3.1 由于品种(系)间遗传组成的不同,导致参试苜蓿初花期各形态学性状、ADF和NDF含量在

相同的气候、土壤、栽培管理条件下表现出显著的差异性。品种(系)间遗传性的不同对选择低纤维苜蓿单株,培育高消化率的苜蓿新品系具有一定

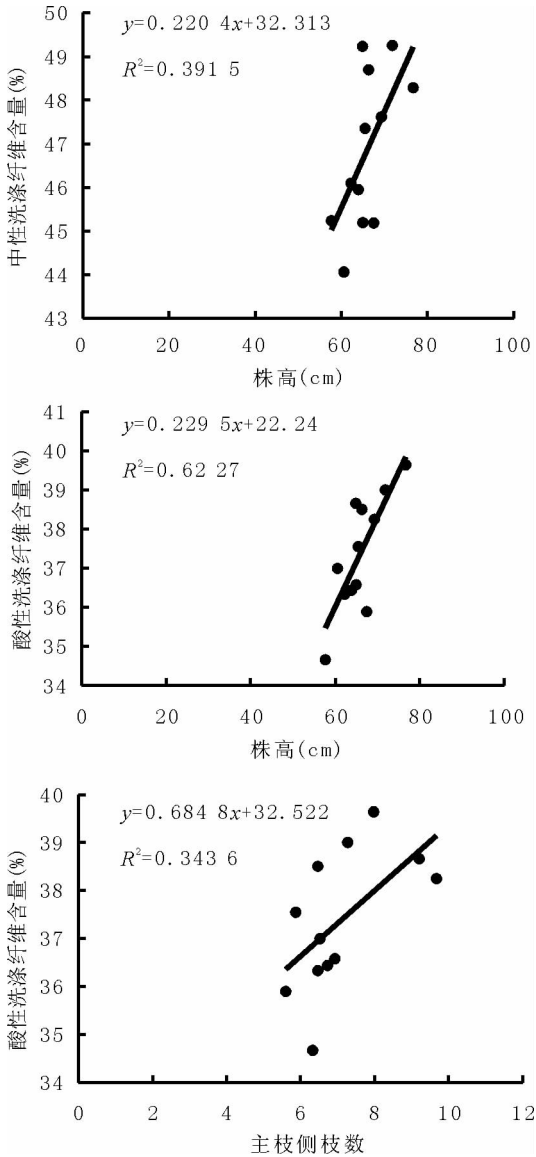


图3 苜蓿形态学性状与纤维成分的关系

的参考意义。

3.2 苜蓿的品质与形态发育密切相关, Kalu 等^[7]

研究发现苜蓿品质中的 NDF 和 ADF, 与其各形态发育阶段植株干物质的平均质量有极显著的线性关系; Rodney 等^[9] 利用苜蓿各形态发育阶段的最长主茎长度和节间数对苜蓿各化学成分进行了预测, 表明苜蓿主茎长和节间数与 NDF 和 ADF 具有显著的正相关性; 徐玉鹏等^[10] 利用灰色预测研究发现苜蓿的主茎长与粗纤维含量具有较大的关联度, 对粗纤维含量的影响也较大。本试验在主茎长方面与上述研究结果相一致, 因此可以将

主茎长作为苜蓿纤维含量的表型选择依据, 使低纤维苜蓿单株的选择趋于简单化。但节间数与 NDF 和 ADF 没有表现出相关性, 其原因可能是苜蓿品种(系)间节间数在试验中没有与主茎长表现出显著的相关性, 主茎较长的品种(系)并不一定具有较多的节间数, 并且节间数在品种(系)间变异较小。也可能与苜蓿的生长环境有关, 环境因素如温度、辐射、水分、肥料对牧草的形态发育和品质均构成影响。据 Thorvaldsson^[11] 的研究, 水分胁迫将延缓牧草茎的发育, 提高叶茎比, 使牧草品质提高。

3.3 Iwaasa 等^[6] 对苜蓿茎的剪断力与其形态、化学组成的关系研究发现, 主茎基部有较粗的直径和较大的剪断力, 并具有较高的 NDF 和 ADF。研究中发现, 苜蓿茎粗与 NDF 和 ADF 相关性不显著, 这可能是因为苜蓿主茎上部和下部的直径不同, 其细胞壁化学成分及组织结构也不同, 最粗一节的茎粗并不能代表整个单枝。Guines 等^[12] 认为, 苜蓿主茎的加粗能够更好地为植株地上部提供一种机械支撑, 但这种支撑并不依靠高含量的木质素来实现, 有关苜蓿茎粗与 NDF 和 ADF 的关系还需进一步研究。

3.4 遗传变异系数是准确显示各性状变异程度的指标之一。遗传系数高, 选择潜力大。据于林清等^[13] 对苜蓿形态及变异分析的研究, 苜蓿品种形态学性状的主要变异来源于主茎长、节间长、叶宽因素和叶型指数。本研究发现品种(系)间形态学性状存在丰富的遗传变异, 其中以节间长、主枝侧枝数、主枝茎粗变异幅度较大, NDF 和 ADF 变异较小。

4 结论

苜蓿品种(系)间, 各形态学性状以及 NDF 和 ADF 都具有显著性差异, 其性状变异系数依次为节间长(29.91%)>主枝侧枝数(22.45%)>主枝茎粗(20.82%)>分枝数(19.76%)>节间数(12.57%)>主茎长(8.87%)>ADF(4.18%)>NDF(3.24%), 各形态学性状与 NDF 和 ADF 相关性分析表明, 主茎长与 NDF 和 ADF 均呈显著的正相关, 主枝侧枝数与 ADF 也呈显著正相关, 可作为选择低纤维苜蓿单株的形态学性状, 其余

性状与 NDF 和 ADF 不存在显著的相关性。

参考文献

- [1] 杨玲玲,王成章.苜蓿产品在食品及饲料工业中的应用[J].草业科学,2008,25(3):85-88.
- [2] 张玉发.苜蓿将成为新世纪的朝阳产业[J].草业科学,2002,19(2):29-30.
- [3] 王秀领,阎旭东,徐玉鹏,等.影响苜蓿干草中蛋白质含量的因素研究[J].草业科学,2008,25(3):47-50.
- [4] 李向林,万里强.苜蓿青贮技术研究进展[J].草业学报,2005,14(2):9-15.
- [5] 韩路.不同苜蓿品种的生产性能及评价[D].杨凌:西北农林科技大学,2002.
- [6] Lwaase A D,Beauchemin K A,Acharya S N. Shearing force of alfalfa stems; effect of cultivar and shearing site[J]. Can. J. Plant Sci.,1999,79:49-55.
- [7] Kalu B A,Gary W F. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality [J]. Crop Sci.,1981,21:267-271.

- [8] 张丽英.饲料分析及饲料质量检验技术[M].北京:中国农业出版社,2007:70-71.
- [9] Rodney W,Hintz,Albrecht K A. Prediction of Alfalfa Chemical Composition from Maturity and Plant Morphology[J]. Crop Science Society of America, 1991,31:1561-1565.
- [10] 徐玉鹏,赵忠祥,王秀领,等.紫花苜蓿品质性状和农艺性状的相关性研究[J].草业科学,2008,25(7):46-49.
- [11] Thorvaldsson G. The effects of weather on nutritional value of timothy in northern Sweden[J]. Acta Agric. Scand,1987,37:305-319.
- [12] Guines F,Julier B,Ecalte C. Among and within-cultivar variability for histological traits of lucerne (*Medicago sativa* L.) stem[J]. Euphytica,2003,130:293-301.
- [13] 于林清,汪慧,张旭婧,等.3种苜蓿形态特征及变异分析[J].草原与草坪,2008(3):29-31.

Correlation analysis between morphological characters and fiber content of alfalfa

LV Wen-kun, CAO Zhi-zhong

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The relationship between morphological characters (caulis length, internode number and internode length) and fiber content (NDF and ADF) of alfalfa was studied for breeding purpose. The results indicated that the differences of morphological characters, NDF and ADF contents among varieties were significant ($P < 0.05$). The coefficients of variation were internode length (29.91%) > number of caulis and lateral branch (22.45%) > caulis diameter (20.82%) > number of lateral branch (19.76%) > number of internode (12.57%) > caulis length (8.87%) > ADF content (4.18%) > NDF content (3.24%). The caulis length positively correlated with NDF and ADF contents. Number of caulis and lateral branch positively correlated with ADF content. The rest characters did not show significant relationships with ADF and NDF contents.

Key words: morphological character; NDF; ADF; correlation analysis

南志标教授当选为中国工程院院士

据中国工程院 12 月 2 日消息,兰州大学草地农业科技学院、甘肃草原生态研究所南志标教授增选为中国工程院院士。至此,兰州大学草地农业科技学院、甘肃草原生态研究所拥有两位中国工程院院士。