

不同温度型苜蓿产量和品质的动态分析*

蒋 骏, 贾志宽, 刘玉华, 徐春明

(西北农林科技大学 干旱半干旱农业研究中心, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 根据苜蓿干草产量和品质指标的实测值, 用非线性函数模拟和分析了冷、暖型苜蓿的干草产量和品质指标的动态变化。结果表明, 冷型苜蓿的干草产量和品质指标(除粗脂肪含量外)均优于暖型苜蓿; 在快速生长阶段, 冷型苜蓿的平均生长速率较暖型苜蓿高 40.7%, 其累积生长量在 03-28 以后开始超过暖型苜蓿, 盛花期的产草量比暖型苜蓿高出 5.3%; 冷型苜蓿的粗蛋白含量从分枝期到结荚期均高于暖型苜蓿, 盛花期约高出 0.8%; 冷型苜蓿的粗纤维含量增速较暖型苜蓿慢, 盛花期其粗纤维含量较暖型苜蓿低 4.3%; 冷型苜蓿的粗脂肪含量 05-05(初花期)前高于暖型苜蓿, 05-05 后反而低于暖型苜蓿 4.1%。

[关键词] 产草量; 粗蛋白; 粗脂肪; 粗纤维; 冷型苜蓿; 暖型苜蓿

[中图分类号] S542+.901

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)05-0030-05

作为植物生长状况与环境条件关系的综合指标, 植物的冠层温度在不同的遥感平台上得到了广泛的应用。有学者利用人造卫星遥感技术, 用植物冠层温度成功地监测了大范围的旱涝和植物病害的发生^[1,2]。张嵩午等^[3,4]应用便携式红外测温仪测定不同品种小麦灌浆期的冠层温度, 并以此将小麦分为冷型小麦和暖型小麦, 认为冷型小麦的旗叶功能期、叶绿素含量、蒸腾速率和净光合速率等均优于暖型小麦。笔者等^[5]用便携式红外测温仪测定了引自国内外的 31 个苜蓿品种主要发育期的冠层温度, 并进行了分类研究, 探讨了苜蓿不同发育期的冠层温度与同期农艺性状的偏相关关系。本研究应用非线性回归技术, 模拟、分析了典型冷、暖型苜蓿的干草产量和品质指标的动态变化, 试图为优质高产苜蓿品种的筛选提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

根据作者在 2002 年自国内外引进的 31 个苜蓿品种主要发育期冠层温度的测定和聚类分析结果^[5], 选择典型冷、暖型苜蓿品种(系)。典型冷型苜蓿品种巨人(引自美国)和典型暖型苜蓿品种北疆苜蓿(引自新疆)分枝期、现蕾期、开花期和结荚期的标准化冠层温度分别为-0.192, -1.958, -0.195,

-0.330 和 2.352, 1.570, 2.219, 0.512。

1.2 苜蓿品质与产量测定

苜蓿品质指标包括粗蛋白、粗脂肪和粗纤维含量, 均于同年 04-08~05-28 测定, 每隔 8~10 d(下雨顺延), 每个品种随机取 2 个样方(样方面积 0.15 m²)的地上部分, 送西北农林科技大学质量检测中心化验后取均值。苜蓿干草产量系同年 03-14~05-19 测定, 每隔 7 d 每个品种随机取 3 个样方(样方面积 0.15 m²)的地上部分, 经 120℃ 高温杀青, 60℃ 恒温烘干后取均值。

1.3 分析方法

采用非线性回归技术, 对每一数据系列同时采用指数函数、幂函数、双曲线函数、抛物线方程、多项式和 S 型曲线等 11 种方程进行拟合。根据拟合值与实测值的剩余平方和 Q 、决定系数 R^2 以及 F 值进行优选, 取 Q 值最小、 R^2 最大且 F 值达 0.05 显著水平的方程作为最优拟合方程。其中, 除多项式、抛物线方程外, 上述带常量函数的常量值采用迭代法^[6]和优选法^[7]确定。

2 结果与分析

2.1 苜蓿的生长动态分析

暖型苜蓿北疆苜蓿和冷型苜蓿巨人自 03-14(分枝期)~05-19(盛花期)的干草产量见表 1。

* [收稿日期] 2003-02-24

[基金项目] 农业部 948 项目“高产优质抗逆苜蓿新品种的引进及繁育(2001-372)”; 农业部结构调整重大专项“西北旱区优质高产抗逆苜蓿品种的筛选及其配套栽培技术研究”(2002-09-02A)

[作者简介] 蒋 骏(1943-), 男, 江苏武进人, 研究员, 主要从事农业气象和旱地农业研究。

表 1 苜蓿的干草产量

Table 1 Dry forage yield of alfalfa g/m ²		
日期 Month-day	暖型 Warm type	冷型 Cold type
03-14	194 9	179 9
03-21	401 5	282 5
03-28	389 9	353 2
04-08	564 1	630 9
04-17	921 4	924 6
04-29	728 9	928 4
05-08	830 8	822 8
05-19	757 5	822 6

根据表 1 资料,用生长函数(S 型曲线) $Y=K/(1+e^{a-bx})$ 拟合,冷、暖型苜蓿分别得下述生长动态函数:

$Y_1=971.941/(1+e^{2.371-0.0727x})$ (1)

$Q=0.773, R^2=0.9638, F=159.79^{**}$

$Y_2=1035.979/(1+e^{1.785-0.0484x})$ (2)

$Q=0.3467, R^2=0.9634, F=158.10^{**}$

式中, Y_1, Y_2 分别表示冷、暖型苜蓿干草产量的拟合值(g/m²), x 表示以 03-01 为 1 的日序。(1), (2) 式的拟合精度高, 剩余平方和 $Q<1.0\text{ g/m}^2$, 决定系数 $R^2>0.96$, F 值均通过 0.01 显著性检验, 说明(1), (2) 式可分别模拟冷、暖型苜蓿生长动态的变化。

众所周知, 植物生长函数的一阶导数 Y' 表示植物的生长速率(PGR)。令 $Y'=0$, 可求得植物累积生长量 Y 的极值, $Y'=0$ 和 $Y=K$, K 为植物干物质累积生长的上限(理论最高产量), 对(1), (2) 式而言, K 值分别为 971.941 和 1035.979 g/m², 表明暖型苜蓿的理论最高产草量高于冷型苜蓿约 6.6%。

植物生长函数的二阶导数 Y'' 表示植物生长速率 PGR 随时间的变化。令 $Y''=0$, 可求得 PGR 的极大值点 $x_0=a/b$, 在 x_0 处, $PGR_{\max}=bk/4$ 。对(1), (2) 式而言, PGR 的极大值点分别为 $x_{01}=32.61$ (04-02), $x_{02}=36.88$ (04-06), 其相应的 $PGR_{\max}$ 分别为 17.665 和 12.535 g/m², 即冷型苜蓿的最大生长速率比暖型苜蓿高约 40.9%, 最大生长速率出现的时间早约 4 d。

植物生长动态曲线上有 2 个拐点 x_1 和 x_2 , 在 x_1 和 x_2 之间是植物快速生长阶段, 其生长量 Y 与时间

x 之间基本呈直线关系。令植物生长函数的三阶导数 $Y'''=0$, 即可求得:

$x_1=(a-\ln(2+\sqrt{3}))/b$

$x_2=(a-\ln(2-\sqrt{3}))/b$

在 (x_1, x_2) 区间对 PGR 积分, 可求得植物快速生长阶段的平均生长率 $\overline{PGR}=K/((x_2-x_1)\times\sqrt{3})$ 。

对(1) 式: $x_1=14.45$ (03-15), $x_2=50.73$ (04-20), $\overline{PGR}=15.467\text{ g/m}^2$ 。

对(2) 式: $x_1=9.67$ (03-10), $x_2=64.09$ (05-04), $\overline{PGR}=10.991\text{ g/m}^2$ 。可见, 冷型苜蓿的快速生长阶段较暖型苜蓿迟开始约 5 d, 早结束约 14 d, 快速生长阶段约比暖型苜蓿短 19 d, 但快速生长阶段冷型苜蓿的平均生长速率较暖型苜蓿高 40.7%。因此, 虽冷型苜蓿的初始产草量($x=0$ 时) 仅为 83.014 4 g/m², 但由于其快速生长阶段的平均生长速率高, 其累积生长量约在 03-28 (分枝期中期) 后开始超过暖型苜蓿, 至盛花期 (05-10) 其累积生长量反比暖型苜蓿高 5.3% (图 1)。

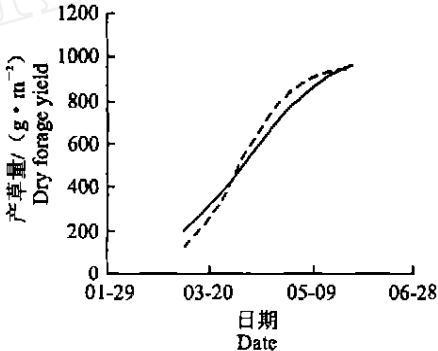


图 1 苜蓿干草产量动态变化
——, 暖型; ----, 冷型

Fig. 1 The dynamic variation curve of dry forage yield of alfalfa
——, Warm type; ----, Cold type

2.2 苜蓿的品质指标动态分析

以苜蓿的粗蛋白、粗脂肪、粗纤维含量作为苜蓿的品质指标, 在 04-08~ 05-28 测定的苜蓿品质指标结果见表 2。

表 2 苜蓿的品质指标

Table 2 Qualitative index of alfalfa														g/kg	
温型 Tempera- ture type	粗蛋白 Crude protein					粗脂肪 Crude fat					粗纤维 Crude fiber				
	04-08	04-18	05-08	05-19	05-28	04-08	04-18	05-08	05-19	05-28	04-08	04-18	05-08	05-19	05-28
暖型 Warm type	225.3	200.0	159.5	175.2	170.4	36.0	25.0	20.0	23.4	22.0	198.0	249.8	319.0	268.0	271.8
冷型 Cold type	227.8	207.2	166.9	182.0	146.4	49.6	33.3	15.9	27.2	17.0	207.9	254.0	259.5	260.5	292.4

2.2.1 粗蛋白含量的动态分析 由表 2 资料拟合的冷、暖型苜蓿粗蛋白含量动态变化公式分别为:

$$Y_3 = 336.88e^{-0.412\lg x} \quad (3)$$

$$Q = 10.19, R^2 = 0.969, F = 93.77^*$$

$$Y_4 = 321.22e^{-0.387\lg x} \quad (4)$$

$$Q = 9.72, R^2 = 0.968, F = 90.75^*$$

式中, Y_3, Y_4 分别为冷型和暖型苜蓿粗蛋白含量的拟合值(g/kg); x 为 04-01 开始的日序。(3), (4) 式的拟合精度高, 剩余平方和 $Q < 11$ g/kg, 标准差 $S < 6$ g/kg, 决定系数 $R^2 > 0.96$, F 值均通过 0.01 显著性检验, 说明(3), (4)式可代表冷、暖型苜蓿粗蛋白含量的动态变化。

对(3)式而言, 其一、二阶导数分别为:

$$Y_3' = -60.278e^{-0.412\lg x} / x,$$

$$Y_3'' = 71.063e^{-0.412\lg x} / x^2$$

对(4)式而言, 其一、二阶导数分别为:

$$Y_4' = -53.988e^{-0.387\lg x} / x,$$

$$Y_4'' = 63.062e^{-0.387\lg x} / x^2$$

由此可见: (1) 由于 $Y_3 < 0, Y_4 < 0, Y_3' > 0, Y_4' > 0$, 上述两函数值随 x 的增加而递减, 函数曲线凹向上, 即苜蓿的粗蛋白含量随苜蓿株龄的增加而减少; (2) 由 Y_3 和 Y_4 的量值可知, 冷型苜蓿粗蛋白含量下降速率大于暖型苜蓿, 当 x 取 1 和 10 时, 其下降速率约为暖型苜蓿的 1.12 倍和 1.09 倍; (3) 由图 2 可见, 从分枝期至结荚期, 冷型苜蓿的粗蛋白含量始终高于暖型苜蓿。

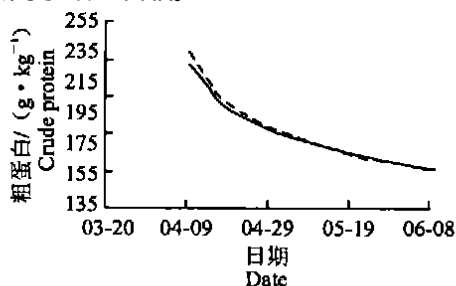


图 2 苜蓿粗蛋白含量动态变化

—, 暖型; ---, 冷型

Fig. 2 The dynamic variation curve of crude protein content of alfalfa

—, Warm type; ---, Cold type

2.2.2 粗脂肪含量的动态分析 由表 2 资料拟合的冷、暖型苜蓿的粗脂肪含量动态变化公式分别为:

$$Y_5 = 7.5 + 173.46x^{-0.69} \quad (5)$$

$$Q = 9.95, R^2 = 0.87, F = 20.08^*$$

$$Y_6 = 18.5 + 81.94x^{-0.851} \quad (6)$$

$$Q = 2.27, R^2 = 0.856, F = 17.83$$

式中, Y_5, Y_6 分别为冷、暖型苜蓿粗脂肪含量的拟合值(g/kg), x 为 04-01 开始的日序。(5), (6) 式的拟合精度高, 剩余平方和 $Q < 10$ g/kg, 标准差 $S < 6$ g/kg, 决定系数 $R^2 > 0.85$, F 值均通过 0.05 显著性检验, 故可代表冷、暖型苜蓿粗脂肪含量的动态变化。

(5), (6) 式为带常量的幂函数, 其一、二阶导数分别为:

$$Y_5' = -119.687x^{-1.69}, Y_5'' = 202.272x^{-2.69},$$

$$Y_6' = -69.731x^{-1.851}, Y_6'' = 129.072x^{-2.851}$$

由此可见: (1) 由于 $Y_5 < 0, Y_6 < 0, Y_5' > 0, Y_6' > 0$, 上述两个幂函数随 x 的增加而递减, 函数曲线凹向上, 即苜蓿的粗脂肪含量随株龄的增加而减少; (2) 由 Y_5 和 Y_6 的量值可知, 冷型苜蓿的粗脂肪含量下降速率大于暖型苜蓿, 当 x 取 1 和 10 时, 冷型苜蓿的粗脂肪含量下降速率约为暖型苜蓿的 1.716 4 和 2.486 7 倍; (3) 由图 3 可见, 冷型苜蓿的粗脂肪含量在 05-05 (初花期) 前高于暖型苜蓿, 其后反而低于暖型苜蓿。

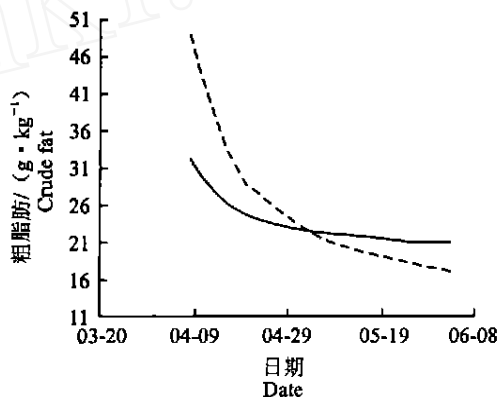


图 3 苜蓿粗脂肪含量动态变化

—, 暖型; ---, 冷型

Fig. 3 The dynamic variation curve of crude fat content of alfalfa

—, Warm type; ---, Cold type

2.2.3 粗纤维含量的动态分析 冷、暖型苜蓿粗纤维含量动态变化的最优公式为:

$$Y_7 = 161.79x^{0.136} \quad (7)$$

$$Q = 67.08, R^2 = 0.817, F = 13.39^*$$

$$Y_8 = 134.51x^{0.198} \quad (8)$$

$$Q = 98.21, R^2 = 0.871, F = 20.25^*$$

式中, Y_7, Y_8 分别为冷型和暖型苜蓿粗纤维含量的拟合值(g/kg), x 为 04-01 开始的日序。(7), (8) 式的拟合精度较高, 虽其剩余平方和在 67~100 g/kg, 但标准差 $S < 19$ g/kg, 决定系数 R^2 仍在 0.8

以上, F 值亦通过 0.05 显著性检验, 故对冷、暖型苜蓿粗纤维含量的动态变化仍有较好的代表性。

(7), (8) 式为幂函数, 其一、二阶导数为:

$$Y_7' = 22.003x^{-0.864}, Y_8' = 26.633x^{-0.802},$$

$$Y_7'' = -19.011x^{-1.864}, Y_8'' = -21.36x^{-1.802}$$

由此可知: (1) 由于 $Y_7' > 0, Y_8' > 0, Y_7'' < 0, Y_8'' < 0$, 上述两个幂函数随 x 的增加而递增, 函数曲线凸向上, 即苜蓿粗纤维含量随株龄的增加而增高; (2) 冷型苜蓿粗纤维含量递增的速率小于暖型苜蓿, 以 x 取 1 和 10 为例, 其递增速率比暖型苜蓿小 17.38% 和 28.37%; (3) 冷型苜蓿的初始粗纤维含量虽较暖型苜蓿略高, 但在 04-20 以后, 其粗纤维含量低于暖型苜蓿, 且随时间推移, 二者的差值增大 (图 4)。

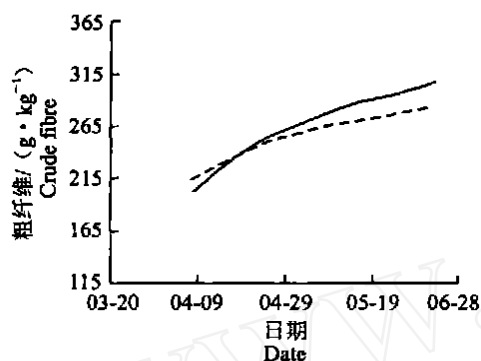


图 4 苜蓿粗纤维含量动态变化

——, 暖型; ----, 冷型

Fig. 4 The dynamic variation curve of crude fiber content of alfalfa
——, Warm type; ----, Cold type

3 结 论

(1) 冷型苜蓿的理论最高产草量和分枝初期的产草量虽较暖型苜蓿低, 但由于其快速生长阶段的平均生长速率较暖型苜蓿高 40.7%, 因此其累积生长量约在 03-28 后开始超过暖型苜蓿, 至盛花期累积生长量约比暖型苜蓿高 5.3%。

(2) 苜蓿的粗蛋白含量以指数函数和对数函数的复合函数形式随株龄增加而减少。冷型苜蓿粗蛋白含量下降速率为暖型苜蓿的 1.12 (1 d) 和 1.09 倍 (10 d), 从分枝期到结荚期, 其粗蛋白含量始终高于暖型苜蓿。

(3) 苜蓿的粗脂肪含量以带常量的幂函数形式随株龄增加而减少。冷型苜蓿的粗脂肪含量下降速率约为暖型苜蓿的 1.72 (1 d) 和 2.52 倍 (10 d), 其粗脂肪含量在 05-05 以前高于暖型苜蓿, 05-05 以后低于暖型苜蓿, 两者的差距随时间的推移而增大。

(4) 苜蓿的粗纤维含量以幂函数形式随株龄增大而增加。冷型苜蓿的粗纤维含量在分枝期前略高于暖型苜蓿, 但由于其粗纤维含量增速较暖型苜蓿小约 17.38%~28.37%, 在 04-20 (现蕾期) 以后, 其粗纤维含量反比暖型苜蓿低。

(5) 开花期是苜蓿刈割的最佳时机。以盛花期 05-10 为例, 冷型苜蓿的干草产量为 915.735 g/m², 粗蛋白、粗脂肪和粗纤维含量分别为 174.1, 21.1 和 267.2 g/kg, 其中干草产量和粗蛋白含量较暖型苜蓿偏高 5.3% 和 0.8%, 粗脂肪含量和粗纤维含量较暖型苜蓿低 4.1% 和 4.3%。可见, 除粗脂肪含量稍低外, 冷型苜蓿的产量和品质优于暖型苜蓿。

〔参考文献〕

- [1] 李登科 遥感技术在病虫害调查中的应用[A] 刘安麟, 范建忠, 刘海英, 等. 农业遥感与农业气象研究[C] 北京: 气象出版社, 2000 25- 28
- [2] 张树营, 白光弼 NOAA/AVHRR 资料在陕西省干旱动态监测中的应用[A] 刘安麟, 范建忠, 刘海英, 等. 农业遥感与农业气象研究[C] 北京: 气象出版社, 2000 55- 58
- [3] 张嵩午. 小麦温型现象研究[J] 应用生态学报, 1997, (8): 471- 474
- [4] 张嵩午, 王长发. 冷型小麦及其生物学特征[J] 作物学报, 1999, (5): 608- 615
- [5] 蒋 骏, 贾志宽, 许秀娟. 苜蓿冠层温度的聚类分析[J] 干旱地区农业研究, 2002, (4): 17- 20
- [6] 王道龙, 杨素钦. 用二次插值法模拟“S”型曲线[J] 中国农业气象, 1989, (1): 52- 54
- [7] 魏淑秋. 农业气象统计[M] 福州: 福建科学技术出版社, 1985 147- 150

The dynamic analysis of dry forage yield and qualitative indices for different temperature type alfalfa

JIANG Jun, JIA Zhi-kuan, LIU Yu-hua, XU Chun-ming

(Research Center of Agriculture in the Arid and Semi-Arid Areas, Northwest Sci-Tech University of

Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract Based on the measurement data of dry forage yield and qualitative indices of alfalfa, their dynamic variation was simulated and analyzed by nonlinear function. The result shows that the cold type alfalfa is superior to the warm type alfalfa in dry forage yield and quality except for crude fat content. During rapid growth period, the cumulative growth quantity of cold type alfalfa exceeded warm type alfalfa because mean rate of growth of cold type alfalfa is by 40.7% higher than that of warm type alfalfa. The dry forage yield of cold type alfalfa is by 5.3% than that of warm type alfalfa during full flowering period. The crude protein content of cold type alfalfa is higher than that of warm type alfalfa from branching period to pod forming period and this is by 0.8% higher than that at full flowering period. The increase rate of crude fiber content of cold type alfalfa is lower than that of warm type alfalfa and this is by 4.3% lower than that at full flowering period. Before May 5, the crude fat content of cold type alfalfa is higher than that of warm type alfalfa but then this is by 4.1% lower than that after May 5 (early flowering period).

Key words: dry forage yield; crude protein content; crude fat content; crude fiber content; cold type alfalfa; warm type alfalfa

欢迎订阅 2004 年《西北植物学报》

《西北植物学报》主要刊登植物学研究取得的创新成果,介绍本学科国内外发展动态和有关植物学领域的创新理论,讨论植物资源利用和保护的理论及实践,以促进本学科基础理论和应用创新技术的发展,为经济建设服务。《西北植物学报》立足西北,面向全国,侧重于刊载秦岭、黄土高原、青藏高原等区域植物多样性研究、分子生物学和植物化学研究、药用植物成分分析鉴定、提取及其组织培养、栽培的研究,干旱、半干旱地区植物抗旱性的内部机理调控和生态学等研究,作物遗传育种基础理论研究及植物学与其它学科、特别是与应用学科的结合、交叉性的研究论文。《西北植物学报》被《BA》、《CA》、《CABS》、《Agris》、《Agricola》、《PK》、《Plant Breeding Abstract》等国外检索数据库、期刊收录。

《西北植物学报》为 BIOSIS® 数据库基本期刊,《CA》(国际化学文摘)千名榜期刊。

《西北植物学报》为从事植物学、农林、医药、环境科学等学科研究的科研人员和大专院校师生提供最新创新成果信息,将使您的研究视野更加开阔,事业更上一层楼。

《西北植物学报》是您的创新成果迈向国际植物学、农林科学研究领域的桥梁。

《西北植物学报》科学出版社出版,“中国期刊方阵”期刊,第二届国家期刊奖百种重点期刊。

本刊为月刊,国内邮发代号:52-73,国外发行代号:BM 5897,每期定价:15.00 元;A4 开本,全铜版纸印刷,每期 160 个印刷页码,信息量大,论文涉及学科范围广,应用理论基础性强。

来稿请挂号寄:陕西省西安市咸宁中路 125 号;陕西省杨凌农业高新技术产业示范区 《西北植物学报》编辑部

http://dnyx.chinajournal.net.cn E-mail: dnyx@chinajournal.net.cn xbzwxb@vip.163.com

漏订或补订本刊的单位或个人,可直接向编辑部来函汇款订阅。

邮政编码:712100 电话:(029)7092016 传真:(029)2160911

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net