

# 关中地区紫花苜蓿生物量累积及土壤水分利用规律的研究

景艳<sup>1</sup>, 程积民<sup>2\*</sup>, 王倩<sup>1</sup>, 李鹏远<sup>1</sup>, 贾红勋<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 以关中紫花苜蓿为材料研究了杨凌地区紫花苜蓿地上生物量、土壤水分及它们之间相互关系。结果表明, 3年生紫花苜蓿株高与产量呈极显著正相关, 盛花期刈割时, 鲜草产量达到 40 970 kg/hm<sup>2</sup>; 紫花苜蓿生长的地上生物量以第 1 茬最高, 水分利用率以第 2 茬最高, 第 3 茬最小; 紫花苜蓿 0~2 m 土壤水分变化与降水及苜蓿不同发育期的吸收特性相关。

**关键词** 关中地区; 紫花苜蓿; 地上生物量; 土壤水分变化

中图分类号 S 154 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)10-03039-02

## Studies on Aboveground Biomass Accumulation and Water Utilization rule of Alfalfa in Guanzhong Area

JING Yan et al (College of Animal Science and Technology, Northwest A&F Science and Technology University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** The aboveground biomass and soil water content and their correlation for alfalfa in Yangling area was studied with Guanzhong alfalfa as material. The plant height and forage yield in alfalfa at 3 year ages had very significantly positive correlation. When clipping at stage of full bloom stage the fresh yield was 40970 kg/hm<sup>2</sup>. The aboveground biomass was highest in 1st cut, WUE was highest in the 2nd cut and lowest in the 3rd cut. The water changes in 0~2 m soil layer during alfalfa growth stage was related with the precipitation and absorption characteristics of alfalfa in different development periods.

**Key words** Guanzhong area; Alfalfa; Aboveground biomass; Soil moisture variation

“牧草之王”紫花苜蓿富含蛋白质和多种维生素, 具有抗旱耐寒、适口性好等特点, 是改土肥田、保持水土的重要植物。紫花苜蓿喜温暖半湿润及半干旱的气候条件, 主要分布于我国长江以北地区<sup>[1-3]</sup>。陕西关中地区农民素有种植紫花苜蓿养畜和轮作倒茬的习惯。随着畜牧业的发展和生态建设力度的加大, 种植苜蓿已经成为发展地方经济、改善生态环境的一个重要途径<sup>[4]</sup>。作为一种耗水力极强的豆科牧草, 苜蓿对土壤水分平衡的影响是生产中亟待解决的问题。在一些地区已有有关草地的此类研究报道<sup>[5-7]</sup>, 但关中地区旱地紫花苜蓿研究的报道尚少。因此, 笔者研究了紫花苜蓿在关中地区的生长发育及水分利用规律, 以期对紫花苜蓿生产和生态建设提供依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验区概况** 杨凌区五泉乡王上村地处关中中部, 位于秦岭北麓、渭河平原西部的头道塬上, 北纬 34°21', 东经 108°10', 海拔 454.8 m, 年平均日照时数 2 150 h, 年平均气温 12~14 °C, 极端最高气温 39~40 °C, 极端最低气温 -15~-21 °C, 年平均降水量 621.6 mm, 春季降水偏少, 降水主要集中在 7、8、9 月, 属暖温带半湿润气候。该区土层深厚, 通气良好, 属于黄土高原南部旱作区。试验所用苜蓿品种为关中紫花苜蓿, 该种群在理论上为关中地区最适生长品种<sup>[8]</sup>。

**1.2 试验方法** 2003 年 8 月播种苜蓿, 设 18 个小区, 小区面积 3 m×3 m, 行距 15 cm, 采用人工条播, 播种量为 15 kg/hm<sup>2</sup>, 播种深度为 2~3 cm。试验期间不灌溉、不施肥, 人工除草。2006 年自苜蓿返青开始, 每隔 10 d 测定一次, 生物量用刈割称重法测定, 留茬 3~5 cm; 0~2 m 土层土壤水分用直径 4 cm 土钻取样, 每 20 cm 取一层, 105 °C 烘干进行测定。降水资料采用武功气象站平行气候观测资料。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫花苜蓿生物量累积规律

#### 2.1.1 紫花苜蓿株高。植株高度既是衡量其生长发育状况

的重要标准, 又是反映草地生产能力的生产指标<sup>[9-11]</sup>。Burton 报道植株高度与产量呈正相关<sup>[12]</sup>。

从图 1 可以看出, 紫花苜蓿在分枝以前生长缓慢, 日生长量仅为 0.66 mm; 分枝以后随着气温回升, 紫花苜蓿生长加速, 个体发展明显, 日生长量达到 8.5 mm; 分枝到现蕾期生育天数为 53 d, 高度增长量达到 450 mm, 是全生育期高度增长最快的时期; 现蕾后不久, 紫花苜蓿进入开花期, 此时气温高、降水充足, 日生长量达到 9.4 mm, 10 d 内高度增长了 94 mm。试验表明, 紫花苜蓿在生育期表现为“S”型生长曲线。在返青至分枝期生长缓慢, 进入分枝期后生长速度加快。在开花期前, 苜蓿的生长速度和生长强度在变化趋势上基本一致, 而在开花期以后逐渐减缓, 3 茬的生长都符合这一规律<sup>[10-14]</sup>, 但不同茬次苜蓿高度生长速度存在明显差异, 2 茬苜蓿高度生长速度最快, 达到最大生长速度所用的时间最短。这一结果与云岚等的研究<sup>[12-14]</sup>相吻合。

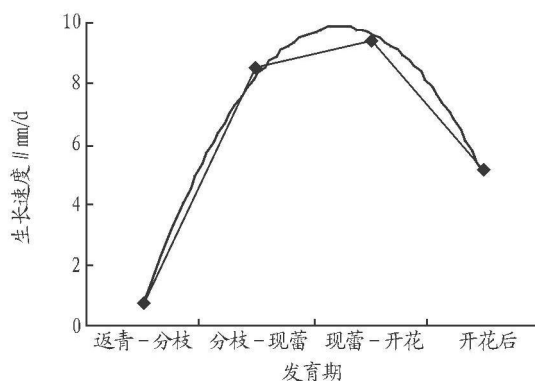


图 1 紫花苜蓿生长速度

**2.1.2 紫花苜蓿地上生物量。**研究表明, 紫花苜蓿产草量在生育期内呈现“缓慢生长—快速生长—缓慢生长”的“S”型曲线。从图 2 可以看出, 试验中 3 年生关中紫花苜蓿株高与产量呈 0.01 水平显著正相关。因头茬产量占当年产量的 50%~55%<sup>[15-17]</sup>, 故对紫花苜蓿地上生物量的报道以第 1 茬为主。2006 年试验地紫花苜蓿 2 月 27 日返青, 3 月 13 日分枝, 4 月 28 日现蕾, 5 月 15 日开花, 6 月中旬盛花期刈割, 鲜草产量达到 40 970 kg/hm<sup>2</sup>。第 1 茬从返青到刈割生长天数为 107 d, 平均日

作者简介 景艳(1979-), 女, 甘肃白银人, 硕士研究生, 研究方向: 草地生态。\* 通讯作者。

收稿日期 2006-12-29

积累干物质为  $38.3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。其中,3月中旬到4月上旬形成的干物质占17%,4月中旬占13%,4月下旬占19%;5月上、中、下旬形成的干物质分别占17%、30%、4%,可以说5月是关中第1茬紫花苜蓿干物质形成的重要时期。

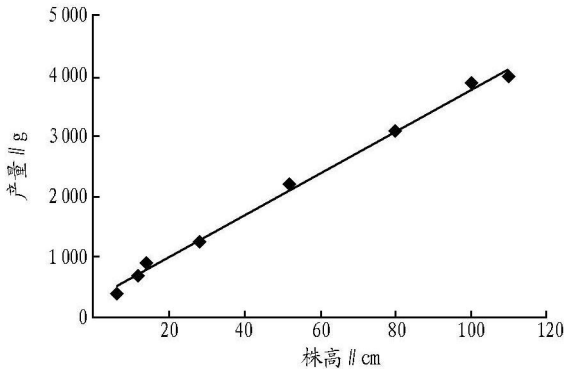


图2 紫花苜蓿株高与产量的相关关系

## 2.2 紫花苜蓿水分利用

**2.2.1 苜蓿水分利用效率。**苜蓿水分利用效率定义为苜蓿干草产量  $Y$  ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) 与农田含水量  $ET$  ( $\text{mm}$ ) 的比值。不同茬次紫花苜蓿的水分利用效率不同。研究表明,第2茬水分利用率最高,每消耗1mm水可产生  $26.79 \text{ g}/\text{m}^2$  鲜质量和  $6.08 \text{ g}/\text{m}^2$  干质量;其次是第1茬,每消耗1mm水可产生  $18.96 \text{ g}/\text{m}^2$  鲜质量和  $4.56 \text{ g}/\text{m}^2$  干质量;第3茬水分利用率较低,每消耗1mm水可产生  $12.00 \text{ g}/\text{m}^2$  鲜质量和  $2.63 \text{ g}/\text{m}^2$  干质量。由于第2茬生长期在6月下旬~8月上旬,此时气温较高、光照充足,降水较多,植物光合作用强,消耗1mm水物质积累多;而在第1茬内,温度起伏较大,且开春日照时间较少;第3茬主要是生长在连阴雨较多的秋季,光照不足,从而造成消耗1mm水物质积累低。

Daigger 等研究表明,不同茬次2~4年生紫花苜蓿的生物产量水分利用效率不同,第1~3茬依次为  $18.5$ 、 $15.9$  和  $11.6 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  [18]。国内研究显示,紫花苜蓿第1茬对其全年产量、品质的贡献率最大,但不同茬次的水分利用效率不尽相同 [11-20]。李桂荣研究表明,紫花苜蓿(生长第1年)第1~3茬的生物产量水分利用效率依次为  $10.1$ 、 $16.1$  和  $10.7 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  [19]。

**2.2.2 土壤水分变化特征。**紫花苜蓿主要根系深度约3.2m,其中0~2m深根系占94%左右 [21-22]。另据研究,2m深的土层即能储存全年的全部降水量。就地处黄土高原的关中地区而言,整个雨季平均渗透土壤深度仅为60~140cm [21-23]。因此,分析紫花苜蓿土壤水分变化特征只需取0~2m的土壤水分资料。试验地位于关中,紫花苜蓿生育期内降水434.2mm,干燥度1.2~1.6,生长第3年紫花苜蓿的生物产量水分利用效率为  $13.2 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 。参考余优森等的方法 [24-26],利用简易的水分平衡方程计算紫花苜蓿各生育阶段0~50cm土层累积水分消耗量。苜蓿现蕾~开花(5月下旬~6月上旬)是苜蓿需水的临界时段。

从图3可以看到,3~11月紫花苜蓿土层含水量的变化呈M型,2m土层水分变化在275~334mm波动,2个峰值分别为319、334mm,贮水量趋势拟合线则呈V型。土壤水分的高值一般对应于较多降水之后或耗水较少的时段(如返青至

现蕾期),土壤水分曲线一般呈波峰;而在干旱少雨时段或紫花苜蓿需水临界期(如开花至割草),土壤水分曲线呈波谷出现。这与前人的研究结果 [27-37] 相符。

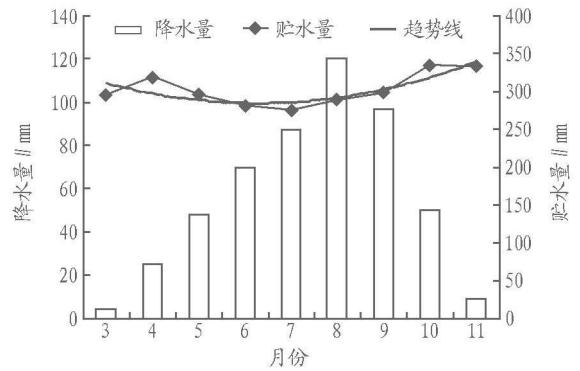


图3 0~2m土层含水量变化及降水量

## 3 结语

研究表明,紫花苜蓿株高与产量呈0.01水平显著正相关,3年生紫花苜蓿鲜草产量可达  $40970 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ;紫花苜蓿的地上生物量以第1茬最高,水分利用率以第2茬最高;紫花苜蓿2m土层实测土壤水分变化趋势曲线基本呈M型,拟合的土壤水分变化曲线呈V型。

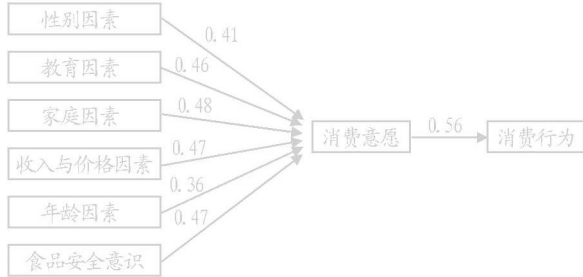
## 参考文献

- [1] 耿华珠. 中国苜蓿[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 45-51.
- [2] 陈默君, 贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京: 农业出版社, 2001: 581-586.
- [3] 贾幼陵. 中国畜牧业发展概况与前景[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
- [4] 王建华. 绿色饲料产业的发展及其在畜牧业现代化中的战略地位[J]. 草业科学, 1996(4): 5.
- [5] 恩斯明格 M E. 饲料与营养[M]. 北京: 农业出版社, 1985.
- [6] 胡耀高. 中国苜蓿产业发展战略研究[J]. 草业科学, 1996(4): 44.
- [7] 孙启忠. 试论中国苜蓿产业化[J]. 中国草地, 2001(1): 65.
- [8] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [9] 白静仁. 我国苜蓿品种资源的发展及利用[J]. 中国草地, 1990(4): 57-60.
- [10] 韩清芳. 不同苜蓿品种抗逆性、生产性能及品质特性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- [11] 韩路. 不同苜蓿品种的生产性能分析及评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.
- [12] DASTANCE N C. Effective rainfall in irrigated agriculture[M]. Rome: FAO Irrigation and Drainage, 1978.
- [13] 云岚, 云锦凤, 米福贵, 等. 苜蓿新品系产量及农艺性状初报[J]. 中国草地, 2002, 24(6): 12-20.
- [14] 杜桂娟, 刘晓宏, 侯志研, 等. 紫花苜蓿品种比较与性状分析初报[J]. 草业科学, 2005, 22(9): 45-48.
- [15] 杨培志. 二十二个紫花苜蓿品种生长早期的比较[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.
- [16] 王栋. 二十二个紫花苜蓿品种生长第二年比较研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [17] 郑红梅. 二十二个紫花苜蓿品种生长和品质特性研究及综合评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [18] DAIGGER LA, AXIHELM L S, ASHBURN C L. Consumptive use of water by alfalfa in Western Nebraska[J]. Agron J, 1970, 62: 507-508.
- [19] 李桂荣. 苜蓿需水量及水分利用效率的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2003.
- [20] 万素梅, 胡守林, 王龙昌, 等. 不同紫花苜蓿品种土壤水分动态变化研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 161-163.
- [21] 杨小利. 陇东春播紫花苜蓿生长及水分规律研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002(4): 126-130.
- [22] 李玉山. 苜蓿生产力动态及其水分生态环境效应[J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 404-410.
- [23] CAIRNS J J. Recovery and restoration of damaged ecosystem[M]. Charlottesville: Virginia University Press, 1990.
- [24] 余优森. 人工牧草气候适应性分析[J]. 农业气象, 1984, 6(1): 32-36.
- [25] 蒲金涌. 陇东旱作麦田累积耗水量变化及其产量的关系[J]. 甘肃气

步加强食品安全工作,以提高居民自身的食品安全心理程度,也是促进绿色食品消费的有效途径之一。

另外,调查还发现绿色食品消费意愿与消费行为的相关系数为 0.56,即绿色食品消费意愿越强的消费者,其相关消费行为也越频繁。

**2.4.2 影响因素模型。**根据以上分析,可以得出消费者消费绿色食品的影响因素模型。



注:图中数据是在保持其他因素不变的情况下,单个因素对消费意愿的影响。

图 5 绿色食品消费影响因素模型

### 3 研究结论与思考

#### 3.1 结论

(1)城市居民绿色食品消费行为已比较普遍,消费总量将持续上升,且越来越关注食品品质,但是对于绿色食品类加工产品的消费仍处在等待观望的阶段。

(2)家庭消费中,女性成员仍是绿色食品的购买主体。相比大农贸市场、大型超市,有近一半的城市居民更习惯在小型菜市场购买绿色食品,但三者差别不大。城市居民的维权意识增加,但运用法律手段维权的消费者比较少。

(3)食品安全观念已深入人心,大部分居民对目前市场上出售的加工产品的安全状况表示担忧,当前政府在食品安全方面所做的工作仍未达到民众期望。

(4)影响城市居民绿色食品消费行为的主要因素包括性别、文化程度、家庭状况、收入与价格、年龄、食品安全意识等。

(5)大部分城市居民赞同食品已成为人们生活的重要组成部分的说法,他们愿意在一定范围内支付更高价格来购买更安全的绿色食品。

#### 3.2 建议

(1)加强食品安全宣传,促进绿色食品消费。从目前情

况来看,消费者对于绿色食品信息的了解仍然有限,这必然影响其绿色食品的消费意愿。应通过各种途径加强绿色食品的宣传,努力开发、推广绿色食品包括深加工品种,保证消费者食品安全和健康。

(2)鼓励绿色食品产品进入超市,将超市作为其零售主渠道。绿色食品进入超市进行销售是大势所趋。超市进货量大,食品摆放集中,利于食品安全质量检查和责任追踪。同时超市经营原则是薄利多销,价格比较适中,并不会过大增加消费者负担,这些都对促进绿色食品消费有利。此外,还应积极发展社区生鲜便利店、生鲜食品配送等既方便消费者又有利于改善农产品安全状况的流通与服务形式。

(3)制定和完善财政补贴等政策,鼓励绿色食品生产。目前我国绿色食品生产的主体是以家庭为基本生产经营单位的农民,其抗击市场风险的能力弱,产品开发能力不强,经营管理水平有限。考虑到绿色食品的正外部性,即社会公益性,政府应制定相关补贴政策,健全科技服务体系,扶持绿色食品生产。

#### 参考文献

- [1] 马骥,林富强.城镇居民食物消费结构的地区比较[J].消费与流通,2002(6):11-13.
- [2] 王田,梅洪常,张伟.影响消费的诸因素分析及模型化描述方法研究[J].消费经济,2005(5):4-8.
- [3] 王华书,徐翔.微观行为与农产品安全[J].南京农业大学学报:社会科学版,2004,4(1):23-28.
- [4] 张云华,孔祥智,罗丹.安全食品供给的契约分析[J].农业经济问题,2004(8):13-16.
- [5] 张志华.我国绿色食品市场发展存在的问题与对策分析[J].农业经济问题,2001(6):33-34.
- [6] 张晓勇,李刚,张莉.中国消费者对食品安全的关切[J].中国农村观察,2004(1):11-12.
- [7] 李勇,任国元,杨万江.安全农产品市场信息不对称及政府干预[J].农业经济问题,2004(3):6-8.
- [8] ABDULAI, AWUDU, DEVENDRA K J, et al. Household food demand analysis in India[J]. Journal of Agriculture Economics, 1999, 50, 316-327.
- [9] BUZY J C. Contingent valuation in food policy analysis[J]. Journal of Agricultural and Applied Economics, 1995, 27(2): 613-625.
- [10] DEY, MADAN M. Analysis of demand for fish in Bangladesh[J]. Aquaculture Economics and Management, 2000(4):63-79.
- [11] TIMOTHY J R, PAUL M. Patterson a bilateral comparison of fruit and vegetable consumption: United States and Canada[J]. Journal of Agricultural and Resource Economics, 2005, 30(2): 333-349.

(上接第 3040 页)

象,1993(4):22-23.

- [26] 白文明.灌溉对于干旱沙区紫花苜蓿生物学特性的影响[J].生态学报,2002,22(8):247-253.
- [27] 仇化民,林日暖,邓振镛.黄土高原牧草耗水规律研究[M].北京:气象出版社,1999.
- [28] 方德彪,邓振镛,仇化民等.甘肃东部旱作农业区土壤水分补给量的研究[J].干旱地区农业研究,1996,16(2):41-47.
- [29] VOLLENCE J J, CHERNEUY J H, JOHNSON K D. Yield components, plant morphology and forage quality of alfalfa as influenced by plant population[J]. Crop Science, 1987, 27: 321-326.
- [30] BIRAN I B, BRAVDO I, BUSHKIN H, et al. Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and

soil moisture[J]. Agronomy Journal, 1981, 73: 85-90.

- [31] 李跃进,李绍良,王国贤.内蒙古南部黄土丘陵区土壤水分与苜蓿生长关系的研究[J].中国草地,1990(6):32-36.
- [32] 刘法涛,杨志忠.地下水位与紫花苜蓿根深关系及其灌溉方法[J].中国草地,1995(3):48-49.
- [33] AUCKLY K L, GUIJENS J C. Alfalfa yield response to ground water after termination of irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1995, 98(5): 364-366.
- [34] TANNER B. Alfalfa stem density and leaf growth during water stress[J]. Agron J, 1983, 75: 799-805.
- [35] SHEESLY G W. Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation[J]. Crop Sci, 1992, 32: 1381-1387.
- [36] 范文波,朱保荣,王振华,等.弃耕地苜蓿耗水规律的研究[J].节水灌溉,2003,2(4):9-10.