

9 种豆科牧草总黄酮和总皂苷积累规律的研究

魏伯平, 张咏梅, 曹致中*

(甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要:黄酮和皂苷不仅是植物中重要的防御性次生代谢产物,而且具有显著的药理和生理活性,对于植物的抗性研究和工业化应用具有重要意义。对鹰嘴紫云英(*Astragalus cicer* L.)、红豆草(*Onobrychis viciaefolia* Scop)、百脉根(*Lotus corniculatus* L.)、小冠花(*Coronilla varia* L.)、黄花草木樨(*Melilotus officinalis* (L.) Desr.)和苜蓿(*Medicago* L.)多种豆科牧草中总黄酮和总皂苷的周年积累规律和分布特点进行研究,以期为豆科牧草建立科学的牧刈制度和合理应用提供理论依据。结果表明:总黄酮和总皂苷在不同属间和品种间的动态变化各不相同;在不同组织中的分布也不同,在整个生育时期,均为叶片中的含量多于茎秆中的。前 5 种豆科牧草的总黄酮含量显著高于苜蓿,是提取总黄酮的优质材料;红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨及苜蓿的总皂苷含量均高于小冠花和百脉根,是提取皂苷产品的优质材料。

关键词:豆科;总黄酮;总皂苷;

中图分类号:S541;Q946.83

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0088-08

Accumulation Patterns of Total Flavonoids and Saponins in Nine Legume Species

WEI Bo-ping, ZHANG Yong-mei, CAO Zhi-zhong*

(Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu Province 730070, China)

Abstract: Flavonoids and saponins not only are typical secondary metabolites, but also display obviously biological and pharmacological activities which are important to plant resistance research and industrial application. Annual accumulation patterns and distribution characteristics of total flavonoids and saponins in *Astragalus cicer* L., *Onobrychis viciaefolia* Scop, *Lotus corniculatus* L., *Coronilla varia* L., *Melilotus officinalis* (L.) Desr. and *Medicago* L. were investigated in order to provide theoretical foundation for scientific grazing and mowing systems and reasonable application of legumes. Results showed that total flavonoid and saponin contents vary from genus to genus, from cultivar to cultivar, and also from tissue to tissue. Both total flavonoid and total saponin contents in leaf tissue were greater than that in stem tissue during whole growth period of all tested legume grass. The total flavonoids contents of *Astragalus cicer* L., *Coronilla varia* L., *Lotus corniculatus* L., *Onobrychis viciaefolia* Scop and *Melilotus officinalis* (L.) Desr. were more than *Medicago* L.. While the total saponins contents of *Coronilla varia* L. and *Lotus corniculatus* L. were less than that of *Astragalus cicer* L., *Onobrychis viciaefolia* Scop, *Melilotus officinalis* (L.) Desr. and *Medicago* L..

Key words: Legumes; Total flavonoids; Total saponins

黄酮和皂苷是植物中典型的次生代谢产物,广泛存在于高等植物中^[1]。黄酮可以保护植物免受 UV 照射、渗透胁迫、氧化胁迫或热击胁迫的伤害^[2];对入侵的病原物有直接的毒杀作用;作为植物花和果实的色素,既是引诱剂,又是驱避剂^[3,4]。此外,黄酮在氧化-还原动态平衡调控中具有非常重

要的作用,表现出一定的抗癌和抗氧化活性^[3,5]。

皂苷的存在与植物对有害昆虫、软体动物和真菌病原物的抵抗有关^[1,6~8],是植物抵抗草食动物干扰的重要防御性化合物。皂苷在医学上有积极作用,具有降血压、降胆固醇^[9]、降血脂^[10]、抗炎^[11]、抗癌作用^[12]和抗 HIV-1 病毒蛋白酶的特性^[13]。因此,

收稿日期:2011-05-20;修回日期:2011-10-28

基金项目:国家科技支撑计划子课题“西北优势和特色牧草加工关键技术研究与示范”;苜蓿和小冠花生产加工贮藏关键技术研究与示范(2007BAD52B06-1-2)资助

作者简介:魏伯平(1973-),男,甘肃靖远人,博士研究生,研究方向为牧草种质资源与育种及草产品加工,E-mail: weiboping123@sina.com; *通信作者 Author for correspondence, E-mail: caozz@gsau.edu.cn

黄酮和皂苷产品广泛应用于食品、药品、保健品、化妆品等领域,具有广阔的应用前景。但是,牧草中丰富的黄酮或皂苷成分会对家畜或家禽的生长、生殖产生一定的影响。牧草中的黄酮尤其是异黄酮对雌性动物的生殖、泌乳和产蛋的效应,视使用剂量、持续时间和动物所处的生理状态,呈现出正负双向作用^[14];异黄酮具有雌激素作用,可扰乱反刍家畜生殖机能,导致雌畜不孕。皂苷可使反刍家畜瘤胃产生臌胀病^[15,16];具有抗营养作用^[17]、溶血作用^[18]、鱼毒作用、呼吸抑制作用^[19]和自毒作用^[20],给畜牧业生产带来损失。

鹰嘴紫云英(*Astragalus cicer* L.)、红豆草(*Onobrychis viciaefolia* Scop)、百脉根(*Lotus corniculatus* L.)、小冠花(*Coronilla varia* L.)、黄花草木樨(*Melilotus officinalis* (L.) Desr.)和苜蓿(*Medicago* L.)等豆科牧草营养丰富,品质优秀,适口性好。近年来研究发现苜蓿富含苜蓿多糖、绿原酸、叶蛋白、黄酮类物质、皂苷等多种生物活性物质,而其他豆科牧草,除已知小冠花中含有 β -硝基丙酸^[21],不适宜于单胃家畜或家禽饲喂以外,对其次生代谢产物的研究鲜有报道。

由于不同牧草的种和品种、发育时期、植株部位和生长环境均对牧草中次生代谢产物的含量有较大影响^[22]。而人们对这类物质在植株中的分布和周年生长规律却并不了解。因此本试验对鹰嘴紫云英、红豆草、百脉根、小冠花、黄花草木樨、甘农 3 号紫花苜蓿品种、新疆大叶紫花苜蓿品种、低纤维苜蓿和白花苜蓿 2 个新品系苜蓿共 9 种豆科牧草的总黄酮和总皂苷含量进行了测定,从影响其含量的属或品种、生育时期及部位进行研究。揭示总黄酮和皂苷在植株中的分布及其动态变化规律,不仅对豆科牧草生产及病害防治具有重要意义,而且为生产中提取黄酮类和皂苷类产品扩大了原材料来源;为科学放牧、刈割,建立合理的牧刈制度提供理论基础;有效提取黄酮、皂苷产品,也是高效利用这些生物活性物质的重要基础,对综合利用牧草资源具有重要的理论指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试豆科牧草种植于甘肃省景泰县草窝滩乡甘肃农业大学牧草试验基地,该基地位于腾格里沙漠南缘,年平均气温 8~10℃,年降水量 180 mm,无霜

期 145 d,土壤为栗钙土,黄河提灌区。分别在分枝期、孕蕾期、初花期和结荚期,选择生长势一致、健康无病的植株分茎、叶 2 部分,盛花期的牧草分茎、叶、花 3 部分分别采收。各材料室内荫干后粉碎,过 60 目筛,备用。

1.2 试验方法

1.2.1 黄酮含量的测定 参照张咏梅^[23]的方法。总黄酮的提取采用微波辅助提取的方法,最佳提取工艺:按 1:30 固液比加入 40% 的乙醇溶液,在微波炉 500 W 功率下作用 60 s,间歇处理 2 次,进行微波辅助提取,提取液过滤后,定容至 50 mL;取 5 mL 提取液先各加 5% 的 NaNO₂ 溶液 0.3 mL,摇匀,放置 6 min;再各加 10% 的 Al(NO₃)₃ 溶液 0.3 mL,摇匀,放置 6 min;再加入 1 mol·L⁻¹ 的 NaOH 溶液 4 mL,摇匀,放置 20 min。最后在 510 nm 处测定吸光度。以浓度 C(mg·mL⁻¹)对吸光值 A 进行线性回归。标准曲线回归方程 $C = 0.1968A - 0.0094$, ($R^2 = 0.999$)。每份材料测定 5 个样,3 次重复。

1.2.2 皂苷含量的测定 参照张咏梅^[24]的方法。测试样品采用煎煮法提取总皂苷。取提取液 100 μ L,干燥后,蒸干溶剂后,加 0.2 mL 5% 的香草醛-冰乙酸溶液和 0.8 mL 高氯酸溶液。在 80℃ 水浴中反应 15 min,冰浴冷却后,各加 5 mL 乙酸乙酯,在 550 nm 处测定吸光度。以浓度 C(mg·mL⁻¹)对吸光值 A 进行线性回归。标准曲线回归方程 $C = 0.0846A + 0.0002$, ($R^2 = 0.9991$)。每份材料测定 5 个样,3 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同生长部位总黄酮和总皂苷含量的变化

分别对包括苜蓿 4 个品种(或品系)在内的 9 种豆科牧草不同部位的总黄酮和总皂苷含量进行了测定。结果如表 1 所示,小冠花、百脉根、红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨 5 种豆科牧草的总黄酮含量普遍高于苜蓿(甘农 3 号和新疆大叶 2 个品种、低纤维苜蓿和白花苜蓿 2 个新品系)。其中,鹰嘴紫云英植株中总黄酮含量最高,平均为 13.64 mg·g⁻¹,尤其是叶片含量丰富,达到了 16.96 mg·g⁻¹,是苜蓿的近 3 倍。其次为小冠花和红豆草,分别为 10.65 mg·g⁻¹和 10.67 mg·g⁻¹。相对而言,苜蓿的总黄酮含量较低,叶片大致为 5.7~6.7 mg·g⁻¹,茎

为 $2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右,全株平均大致在 $4 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间。这几种豆科牧草茎、叶、花各部位总黄酮含量有极显著差异($P < 0.01$),在整个生育时期,均为叶中黄酮含量高于茎中。花中的含量有高有低,百脉根花色金黄、灿烂夺目,含有丰富的黄酮,含量达到

了 $19.57 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,是苜蓿花的近 5 倍,极显著高于茎和叶片中的含量。其他牧草总黄酮含量均为叶片 $>$ 花器 $>$ 茎秆。小冠花、百脉根、红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨等牧草叶片可以作为提取总黄酮产品的原料。

表 1 多种豆科牧草各部位总黄酮和总皂苷的平均含量

Table 1 Total flavonoid and total saponin contents in different parts of several legumes $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

部位 Parts	种 Species						
	小冠花 <i>Coronilla varia</i> L.	百脉根 <i>Lotus corniculatus</i> L.	鹰嘴紫云英 <i>Astragalus cicer</i> L.	红豆草 <i>Onobrychis viciaefolia</i> Scop	黄花草木樨 <i>Melilotus officinalis</i> (L.)Desr	苜蓿 <i>Medicago</i> L.	
总黄酮 Total flavoniod	茎 Stem	5.89	4.57	7.62	8.11	6.23	2.17
	叶 Leave	14.12	10.79	16.96	13.74	13.12	6.12
	花 Flower	8.4	19.57	10.68	7.14	8.04	4.13
总皂苷 Total saponin	茎 Stem	6.38	9.06	10.86	9.73	9.62	9.92
	叶 Leave	8.57	10.93	12.65	11.77	13.48	13.13
	花 Flower	14.03	15.17	16.94	8.81	12.55	24.19

小冠花、百脉根的总皂苷含量低于红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨及苜蓿(甘农 3 号、低纤维苜蓿、新疆大叶和白花苜蓿)。这 9 种豆科牧草茎、叶、花各部位总皂苷含量有显著差异。9 种豆科牧草总皂苷含量均为叶片高于茎秆。除红豆草的花中总皂苷低于茎和叶,只有 $8.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 以外,其他豆科牧草总皂苷含量均为花器 $>$ 叶片 $>$ 茎秆。甘农 3 号紫花苜蓿花器中总皂苷含量最多,为 $28.17 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;白花苜蓿和新疆大叶的花次之,分别为 $22.70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $21.70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨及苜蓿可以作为提取总皂苷产品的原料。

根、鹰嘴紫云英、红豆草这 4 种豆科牧草在整个生育时期,总黄酮变化均不相同。小冠花各部位总黄酮随着植株的生长其含量逐渐增加,在盛花期达到最高(叶片中为 $18.45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),到结荚期,叶片中的含量相比盛花期有所回落。小冠花总皂苷含量的变化趋势是孕蕾期和结荚期有 2 个高峰。孕蕾期总皂苷最高,茎和叶片中分别含有 $7.96 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $9.94 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。盛花期含量最低,茎和叶片中分别含有 $3.63 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $7.10 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。花中含量远远大于茎和叶中的,达到 $14.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。小冠花叶片中的总黄酮和总皂苷均高于茎中的,且总黄酮含量更为丰富,盛花期最多,远多于皂苷,这一时期的地上产草量也最大,是提取黄酮的优良原料;但是青饲或放牧时应减少母畜的饲喂量,防止流产或不孕。

2.2 不同牧草总黄酮和总皂苷含量的动态变化

2.2.1 小冠花总黄酮和总皂苷含量 小冠花、百脉

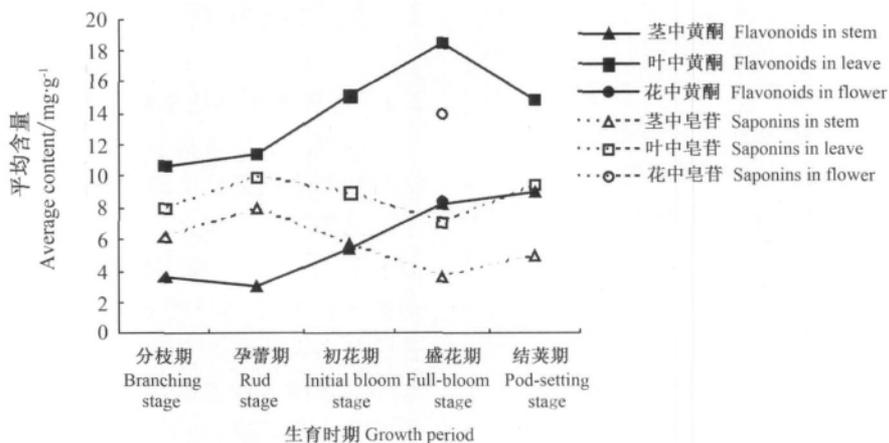


图 1 小冠花总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 1 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Coronilla varia* L.

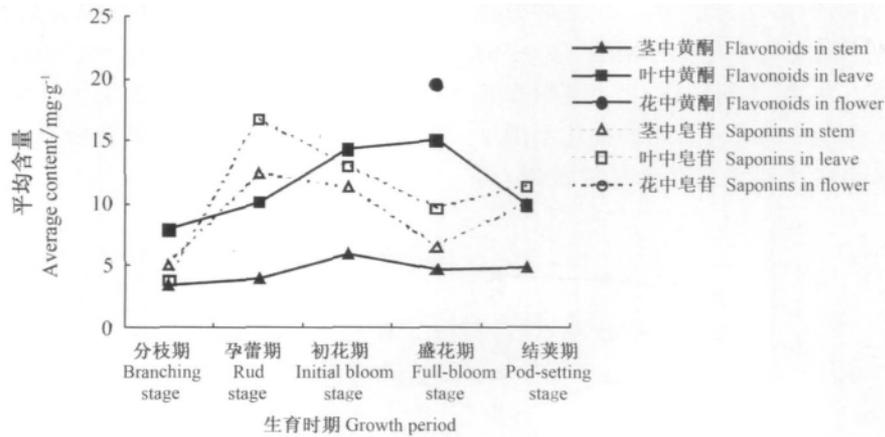


图 2 百脉根总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 2 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Lotus corniculatus* L.

2.2.2 百脉根总黄酮和总皂苷含量 百脉根总黄酮含量茎和叶的变化并不一致。叶中的总黄酮含量与小冠花的相似,随生育时期的推进含量逐渐升高,盛花期达到最高为 $15.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,此后又下降到孕蕾期的含量水平;而茎中的含量比较平稳,始终保持在 $4.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右。百脉根总皂苷的变化趋势也与小冠花相近:在分枝期含量最低,孕蕾期最高,茎与叶片中分别达到 12.34 和 $16.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;而后开始下降,到盛花期后又开始上升。虽然,孕蕾期的百脉根皂苷含量丰富,但结合地上部分生物量考虑,不宜作为提取皂苷的原材料,而青饲时应适当减少饲喂量,防止反刍家畜腹胀病的发生;盛花期总黄酮含量最高,可作为提取总黄酮的原料。

2.2.3 鹰嘴紫云英总黄酮和总皂苷含量 鹰嘴紫云英叶片中总黄酮含量的变化呈典型的“V”字形。

分枝期、孕蕾期、盛花期和结荚期含量均较高,分别为 $18.90 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $19.54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $18.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $18.73 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,初花期最低,只有 $8.71 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。茎中总黄酮含量的变化不同于叶片中,始终在 $7.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右变动。鹰嘴紫云英茎和叶片中总皂苷含量变化趋势一致,呈“V”字形变化。分枝期、孕蕾期、盛花期和结荚期总皂苷含量较高,初花期时含量最低,茎和叶分别是 $5.93 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $9.49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。盛花期皂苷含量最高,茎秆和叶片中总皂苷分别达到 $12.62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $14.71 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,且花器中的含量高于茎秆和叶片中,达到 $16.94 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。初花期的鹰嘴紫云英枝嫩叶绿,营养丰富,同时总黄酮和皂苷含量均最低,对家畜生长的干扰最小,这一时期宜青饲或放牧;盛花期产草量最高、总黄酮和总皂苷含量也较高,宜作为工业原材料提取黄酮和皂苷产品。

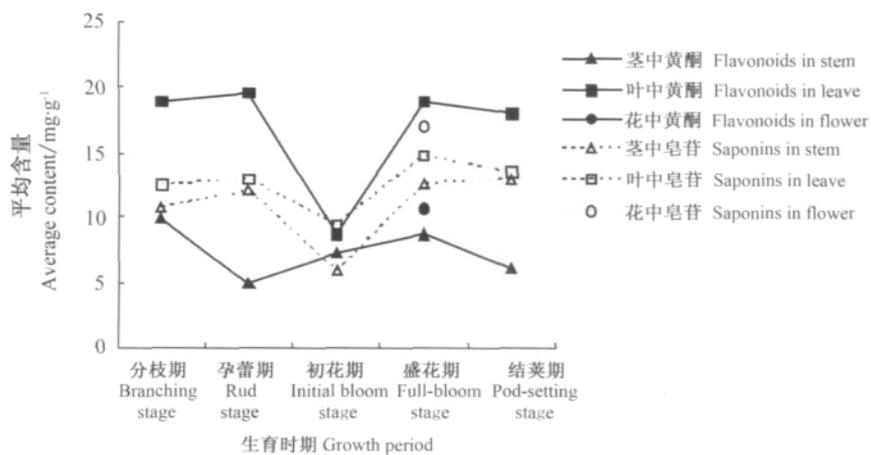


图 3 鹰嘴紫云英总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 3 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Astragalus cicer* L.

2.2.4 红豆草总黄酮和总皂苷含量 红豆草中总黄酮随生育时期的不同变化不是十分剧烈。叶中的含量平稳而缓慢的上升,结荚期最高;茎中黄酮在盛花期有所下降。红豆草中总皂苷含量的变化不同于其他牧草。孕蕾期和盛花期总皂苷含量较接近,高

于初花期和结荚期。初花期总皂苷含量最低,茎和叶中分别只有 $7.08 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $10.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。盛花期时,花中的皂苷低于茎与叶中的,也远远低于百脉根、小冠花和鹰嘴紫云英花中的含量,只有 $8.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

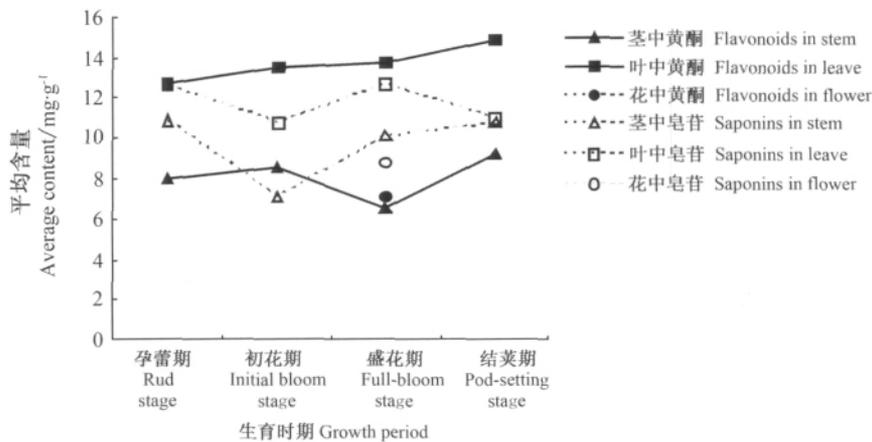


图4 红豆草总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 4 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Onobrychis viciaefolia* Scop

2.2.5 低纤维苜蓿(新品系)总黄酮和总皂苷含量 低纤维苜蓿新品系总黄酮含量的变化不大,叶片中含量在 $5 \sim 6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,茎中含量在 $1.7 \sim 2.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间。低纤维苜蓿新品系茎秆和叶片的总皂苷含量变化较为复杂。叶片中的皂苷含量由分枝

期至初花期逐渐上升,初花期达到最高,为 $14.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,而后又开始下降。茎秆中皂苷含量在分枝期至孕蕾期略有上升,之后又开始下降至初花期达到最低,为 $7.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,初花期至结荚期时又有所回升。

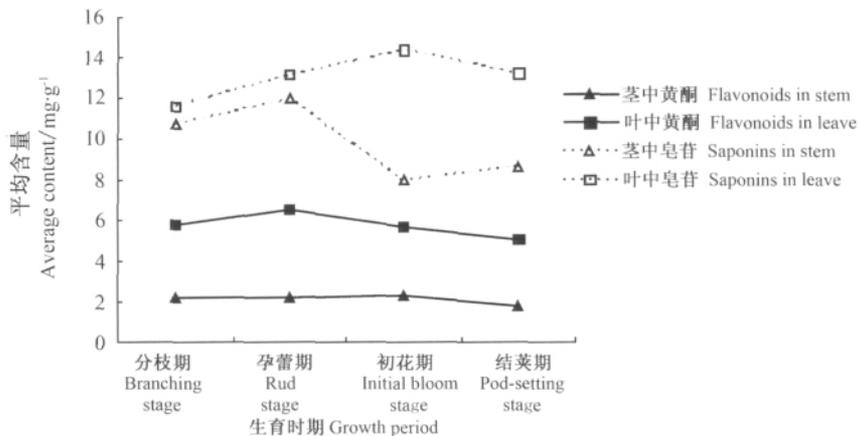


图5 低纤维苜蓿总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 5 Changes of total flavonoid and total saponin contents in low fiber alfalfa

2.2.6 甘农3号(品种)紫花苜蓿总黄酮和总皂苷含量 甘农3号紫花苜蓿品种总黄酮随生育时期的推移,而稍有减少。茎和叶分别为 $2.1 \sim 2.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $5.6 \sim 7.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。甘农3号紫花苜蓿品种叶片与茎秆的总皂苷含量变化较为一致。茎秆和叶片在分枝期和孕蕾期总皂苷含量较为接近,逐渐上升,

盛花期含量最为丰富,分别为 $13.58 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $17.09 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。此后开始下降,结荚期分别降至 $6.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $11.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2.2.7 新疆大叶(品种)紫花苜蓿总黄酮和总皂苷含量 新疆大叶紫花苜蓿叶片和茎秆的总黄酮含量在各生育时期的变化较为平缓。茎和叶中的含量分

别在 $1.6 \sim 2.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $5.5 \sim 7.0 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间变化。新疆大叶紫花苜蓿叶片与茎秆的总皂苷含量不完全一致。叶片中初花期含量最高,为 $16.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。而茎秆中分枝期至盛花期含量持续上

升,盛花期含量最为丰富,为 $10.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。茎秆与叶片均在分枝期总皂苷含量最低,分别为 $6.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $9.42 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

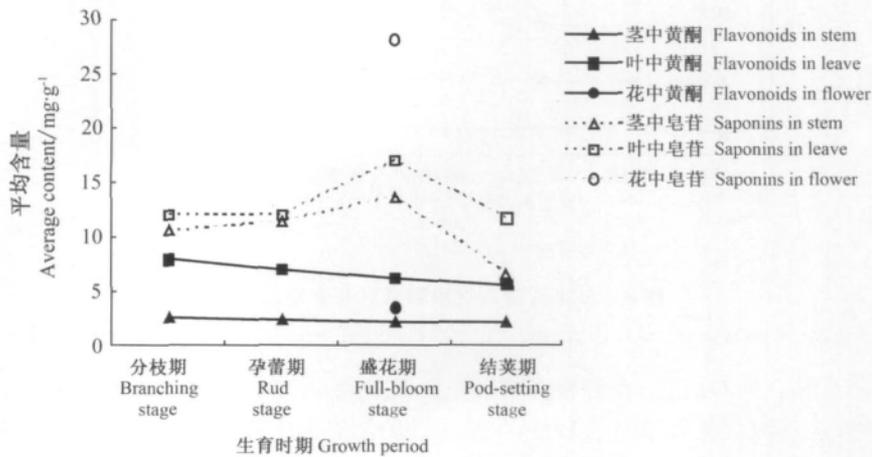


图 6 甘农 3 号紫花苜蓿总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 6 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Medicago sativa* 'Gannong No. 3'

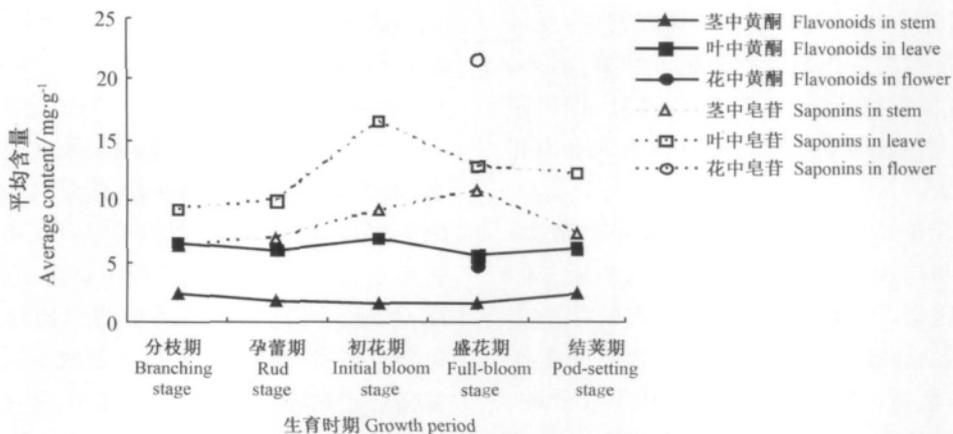


图 7 新疆大叶苜蓿总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 7 Changes of total flavonoid and total saponin contents in *Medicago sagiva* 'Xinjiang Daye'

2.2.8 白花苜蓿(新品系)总黄酮和总皂苷含量
 白花苜蓿新品系茎秆和叶片中总黄酮含量的变化较为平缓。叶片由分枝期至结荚期总黄酮含量在 $5.5 \sim 6.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,茎秆中总黄酮含量始终较低,在 $1.7 \sim 2.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间变化。白花苜蓿总皂苷含量在分枝期、孕蕾期、初花期、盛花期、结荚期总体呈上升趋势,其中初花期略有下降,茎秆和叶片在结荚期总皂苷最多,分别为 $11.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $17.43 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。相对于其他几种豆科牧草而言,苜蓿的总黄酮含量较低,而总皂苷含量丰富,是提取皂苷的优秀原材料。结合地上部分生物量和皂苷生长规律的变化,低纤维苜蓿、甘农 3 号、新疆大叶宜在盛花

期、白花苜蓿选择结荚期用于皂苷产品的生产。此外,作为畜牧业的优秀饲草,单胃家畜可自由采食,反刍家畜应减少饲喂量。

3 讨论

豆科是被子植物中的第 3 大科,仅次于菊科和兰科植物。该科植物种类丰富,形态多样,分布广泛,有非常重要的利用价值。小冠花、红豆草、百脉根、鹰嘴紫云英、草木樨和苜蓿是重要的多年生豆科牧草,具有营养丰富全面、适口性好、草层密集和产草量高的特点,可青贮、青饲、放牧和调制干草,还可

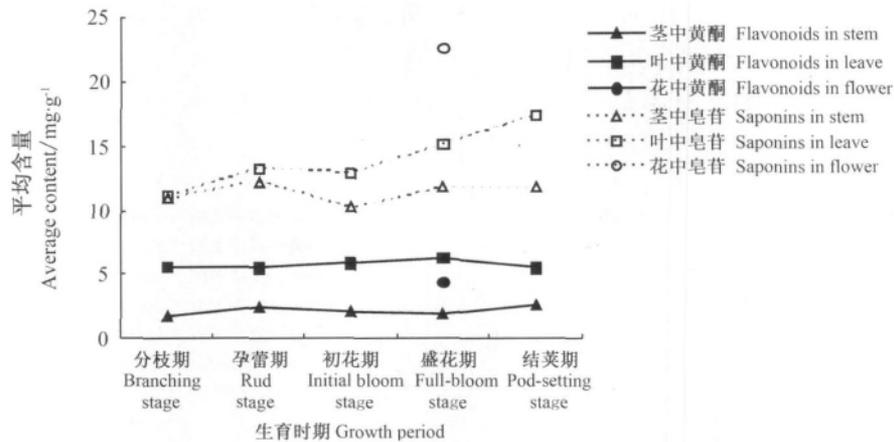


图 8 白花苜蓿总黄酮和总皂苷含量的变化

Fig. 8 Changes of total flavonoid and total saponin contents in white flower alfalfa

加工成草粉,做混合及配合饲料成份,作各种畜禽的补充饲料利用;此外,这几种豆科牧草具有较强的适应性,耐旱、耐寒、耐贫瘠及生物固氮等,其根系发达、根瘤多而大,固氮能力较强,在解决土壤干旱、退化等问题方面作用独特,对于保持水土和生态环境治理有积极作用;近年来越来越多的研究发现,豆科植物中含有丰富的次生代谢产物,如黄酮类、甙类、多糖类等,具有独特的价值,在医药、保健品、饲料添加剂、化妆品、生物农药等行业也拥有较大的潜力和广阔的发展前景。

黄酮和皂苷是豆科植物中的主要代谢产物,具有重要的生理和药理活性,系统地研究这些成分的含量及其影响因素,不仅对豆科牧草生产及病虫害防治具有重要意义,也是合理利用这类牧草的重要基础。据报道,植物次生代谢产物的生成不仅受种、品种、发育阶段、植物生长、植株个体等内在因素的影响,而且与生物生长所处的地理位置、光照、温度、水分、施肥等外界环境密切相关。本研究表明,豆科牧草红豆草、鹰嘴紫云英、小冠花、百脉根和各品种(或品系)苜蓿中均含有大量的黄酮和皂苷类物质,不同种属和品种所含总黄酮和总皂苷的含量有很大差异,且对同一牧草在不同生育时期和不同组织部位含量也各不相同,这与 Constance^[25] 和 Berrang^[26] 报道不同苜蓿品种皂苷含量明显不同的研究结论一致,与 Gorski^[27] 在对天蓝苜蓿(*Medicago lupulina*)植株茎中的皂苷含量均显著低于叶片中的分析一致。据 Nowacka 等^[28] 报道苜蓿皂苷的含量分布不均匀,苜蓿根部的皂苷含量要比其他部分高,本研究考虑到牧草的可持续利用,未对这三种豆科牧草根系的皂苷进行分析;另有研究表明,苜蓿的刈

割次数对皂苷的含量也有影响。一般头茬苜蓿中皂苷含量要比第 2 茬和 3 茬草低。对于不同属的小冠花、百脉根、紫云英、红豆草是否有此规律,还有待于进一步研究。牧草刈割、采收时,不仅要考虑最大生物量,同时应根据用途,选择适宜的时期。

这些年来,人们对豆科中的中药材野葛(*Pueraria Lobata* (Willd.) Ohwi.)^[29]、苦参(*Sophora flavescens* Ait.)^[30]、黄芪(*Astragalus membranaceu* (Fisch.) Bge.)^[31] 等的黄酮和皂苷成分研究较多,对苜蓿也略有一些报道,而对其他几种豆科牧草的黄酮和皂苷的研究则处于空白。由于苜蓿等豆科牧草是大田作物,其生产较中草药简便,适应范围广泛,产量更是远远大于传统的中药材。将豆科牧草中含量丰富的具有生物活性的次生代谢产物进行科学提取之后,将含有大量叶蛋白、矿物质、膳食纤维等营养丰富的残渣用作家畜饲料,不仅节省原料、降低成本,而且对提高豆科牧草的经济附加值,增加农民收入具有现实意义。

4 结论

这几种豆科牧草的不同属间总黄酮、总皂苷含量的周年变化各不相同。其茎、叶、花各部位总黄酮和总皂苷含量有极显著差异($P < 0.01$),在整个生育时期,均为叶片中的含量多于茎秆中的。小冠花、百脉根、红豆草、鹰嘴紫云英、草木樨 5 种豆科牧草的总黄酮含量显著高于甘农 3 号、新疆大叶、低纤维苜蓿和白花苜蓿 4 个苜蓿品种。小冠花、百脉根、鹰嘴紫云英宜选盛花期,红豆草宜选结荚期,这时植物地上生物量也较高,可作为提取总黄酮的优质材料。

红豆草、鹰嘴紫云英、黄花草木樨及 4 个苜蓿品种(品系)的总皂苷含量高于小冠花、百脉根。盛花期的鹰嘴紫云英、红豆草、低纤维苜蓿、甘农 3 号苜蓿、新疆大叶苜蓿和结荚期的白花苜蓿总皂苷含量丰富,是提取皂苷产品的优质材料。小冠花、百脉根由于总皂苷含量较低,不会造成家畜臃肿病,可在地上生物量最高时刈割,用于青饲或调制干草;初花期的鹰嘴紫云英总黄酮和皂苷含量均最低,牧草品质优秀,家畜可自由采食。

参考文献

- [1] Maria Pia Argentieri, Trifone D Addabbo, Aldo Tava, *et al.* Evaluation of nematocidal properties of saponins from *Medicago* spp. [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2008, 120: 189-197
- [2] Marcin Lukaszewicz, Jan Szopa. Pleiotropic effect of flavonoid biosynthesis manipulation in transgenic potato plant[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2005, 27(2):221-228
- [3] Yasutaka Nishiyama, Choong-Soo Yun, Fumio Matsuda, *et al.* Expression of bacterial tyrosine ammonia-lyase creates a novel *p*-coumaric acid pathway in the biosynthesis of phenylpropanoids in *Arabidopsis*[J]. *Planta*, 2010, 232:209-218
- [4] Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids [J]. *Plant Journal*, 2008, 54:733-749
- [5] David M Brown, Graham E Kelly, Alan J. Husband flavonoid compounds in maintenance of prostate health and prevention and treatment of cancer[J]. *Molecular Biotechnology*, 2005, 30:253-270
- [6] Constance Nozzolillo, J Thor Arnason, Francisca Campos, *et al.* Alfalfa leaf saponins and insect resistance[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(4):995-1002
- [7] Manal M Adel, František Sehnal, Marian Jurzysta. Effects of alfalfa saponins on the moth *Spodoptera littoralis*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2000, 26(4):1065-1078
- [8] Sylwia Goławska. Deterrence and toxicity of plant saponins for the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* Harris [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2007, 33:1598-1606
- [9] Mallnow M R, Mclaughlin P, Koler G O, *et al.* Prevention of elevated cholesterolemia in monkeys by alfalfa saponins[J]. *Steroids*, 1977, 29(1):105-110
- [10] Malinow M R. Effect of alfalfa meal on shrinkage of cholesterol plaques during cholesterol feeding in monkeys[J]. *Atherosclerosis*, 1978, 30:27
- [11] Jurzysta M, Nowacki E. Saponins of the genus *Medicago*[J]. *Acta Agrobotanica*, 1979, 32:13
- [12] Waller G R, Yamasaki K. Saponins used in traditional and modern medicine[J]. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1996(8):404
- [13] Yang X W, Zhao J, Cui Y X, *et al.* Anti-HIV-1 protease triterpenoid saponins from the seeds of *Aesculus chinensis* [J]. *Journal of Natural Products*, 1999, 62:1510-1513
- [14] 韩正康. 异黄酮植物雌激素对雌性动物生殖、泌乳和产蛋的影响及其作用机制探讨[J]. *畜牧与兽医*, 2005, 37(6):1-3
- [15] 王慧中. 牧草及饲料作物毒物学[M]. 兰州:甘肃民族出版社, 1996:25-26
- [16] 蒋健生. 优良牧草和饲料作物中的有毒物质及其影响因素[J]. *四川草原*, 1997(3):32-37
- [17] Cheeke P R. Nutritional and physiological implication of saponins: A review [J]. *Canadian Journal of Animal Sciences*, 1971, 51:621-632
- [18] Birk Y. Toxic Constituents of plant food-stuffs[M]. New York:Academic Press, 1969:169
- [19] Horace D Jackson, Ralph A Shaw. Chemical and biological properties of a respiratory inhibitor from alfalfa saponins[J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1959, 84(2):411-416
- [20] Sang-UK Chon, Seong-Kyuchi, Sunyo Jung, *et al.* Effects of alfalfa leaf extract and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass[J]. *Crop Protection*, 2002, 21(10):1077-1082
- [21] 屈健. 异黄酮类化合物的生物学功能及其在养殖业中的应用[J]. *兽药与饲料添加剂*, 2002(7):18-20
- [22] 王凤国, 罗新义, 王晓春. 牧草中的植物雌激素及其影响因素[J]. *黑龙江畜牧科技*, 1998(3):19-20
- [23] 张咏梅, 晏石娟, 曹致中, 等. 4 种豆科牧草总黄酮含量变化的研究[J]. *草原与草坪*, 2009(2):1-5
- [24] 张咏梅, 晏石娟, 曹致中, 等. 四种豆科牧草总皂苷含量的测定及其在生长过程中含量的变化[J]. *草业科学*, 2009, 26(8):93-96
- [25] Constance Nozzolillo, Arnason J Thor, Francisca Campos, *et al.* Alfalfa leaf saponins and insect resistance[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(4):995-1002
- [26] Berrang B, Davies K H E, Wall J M E. Saponins of two alfalfa cultivars[J]. *Phytochemistry*, 1974, 13:2253-2263
- [27] Gorski P M, Jurzysta M, Burda S, *et al.* Studies on *Medicago lupulina* saponins IV variation in the saponin content of *Medicago lupulina* [J]. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 1984, 53:543
- [28] Nowacka J, Oleszek W. Determination of alfalfa (*Medicago sativa*) saponins by high-performance liquid chromatography [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1994, 42:727-730
- [29] 吴艳芳, 王新胜, 殷婕, 等. 野葛与粉葛总黄酮提取方法的比较[J]. *中国现代中药*, 2011, 13(3):38-40
- [30] 丁佩兰. 山豆根和苦参化学成分的比较研究[D]. 上海:复旦大学, 2004:13-26
- [31] LI Jin, JIANG Jian-qin. The chemical constituents study of *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao[J]. *Pharmacy Today*, 2010, 20(11):32-35

(责任编辑 吕进英)