

韩卡文, 石秀兰, 韦立台, 杨磊, 张群琰, 韩瑞宏. 冬季补播速生型冷季牧草对杂交狼尾草新品系翌年春季产量和品质的影响 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(6): 118-124.

## 冬季补播速生型冷季牧草对杂交狼尾草新品系翌年春季产量和品质的影响

韩卡文, 石秀兰, 韦立台, 杨磊, 张群琰, 韩瑞宏  
(仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东 广州 510225)

**摘要:**【目的】探索广东地区杂交狼尾草草地冬播速生型冷季牧草对杂交狼尾草翌年春季产量和品质的影响。【方法】在刈后冬季休眠的杂交狼尾草行间, 补播速生型冷季牧草光叶紫花苕 (*Vicia villosa*)、箭筈豌豆 (*V. sativa*) 和多花黑麦草 (*Lolium perenne*), 以不补播为对照, 在翌年春季刈割时测定杂交狼尾草的产量及营养品质。【结果】补播后翌年春季杂交狼尾草产草量和品质均有提高, 11 月补播光叶紫花苕、箭筈豌豆、多花黑麦草和 12 月补播多花黑麦草的杂交狼尾草产草量依次为 11.85、8.85、8.83、7.54 t/hm<sup>2</sup> (DM), 比不补播对照分别提高 65.5%、23.6%、23.3% 和 5.3%; 杂交狼尾草粗蛋白质含量以补播光叶紫花苕处理最高。【结论】补播光叶紫花苕对杂交狼尾草生产性能的综合影响效果最好, 其次是 11 月补播多花黑麦草、箭筈豌豆, 12 月补播多花黑麦草效果欠佳, 综合效果低于不补播对照。

**关键词:** 杂交狼尾草; 冷季牧草; 补播; 生产性能; 隶属函数评价

中图分类号: S544

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)06-0118-07

## Effects of Overseeding Fast-growing Cold-Season Forage in Winter on Yield and Quality of the New Strains of Hybrid *Pennisetum* in Next Spring

HAN Kawen, SHI Xiulan, WEI Litai, YANG Lei, ZHANG Qun Yao, HAN Ruihong  
(College of Horticulture and Landscape Architecture, Zhongkai University of  
Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** 【Objective】 The study was carried out to explore the effects of overseeding fast-growing cold-season forage grass in winter on the yield and quality of hybrid *Pennisetum* in the next spring in Guangdong hybrid *Pennisetum* grassland. 【Method】 In the row of hybrid *Pennisetum* that is dormant after winter castration, the fast-growing cold-season forage grass *Vicia villosa*, *V. sativa*, and *Lolium perenne* were reseeded in the rows of hybrid *Pennisetum* during the winter dormancy after mowing, with non-overseeding group as control, and the yield and nutritional quality of hybrid *Pennisetum* were determined during spring cutting in the spring of the next year. 【Result】 The results showed the yield and quality of hybrid *Pennisetum* was improved in the next spring after overseeding. The yield of hybrid *Pennisetum* after the reseeded of *V. villosa*, *V. sativa*, and *L. perenne* in November and reseeded of *Lolium perenne* in December was 11.85, 8.85, 8.83 and 7.54 t/hm<sup>2</sup>(DM), respectively, an increase of 65.5%, 23.6%, 23.3% and 5.3% over those of the non-overseeding control group, respectively. The group with the reseeded of *V. villosa* has the highest crude protein content of hybrid *Pennisetum*.

收稿日期: 2019-03-27

基金项目: 广东省科技计划项目 (2015A020209187, 2016A020207003); 广州市科技计划项目 (201607010099); 广东省土地复垦植被恢复工程技术研究中心建设项目 (粤科函政字〔2013〕1589号)

作者简介: 韩卡文 (1994-), 女, 在读硕士生, 研究方向为园林植物与观赏园艺, E-mail:1393176852@qq.com

通信作者: 石秀兰 (1964-), 女, 副教授, 研究方向为草业科学, E-mail:shixiulan666@163.com

【Conclusion】The comprehensive effect of the reseeded *V. villosa* on the production performance of hybrid *Pennisetum* was the best, followed by the *L. perenne* and *L. perenne* reseeded in November. The comprehensive effect of *L. perenne* was poor, which was lower than that of non-overseeding treatment.

**Key words:** hybrid *Pennisetum*; cold-season forage; overseeding; production performance; evaluation of subordinate function

【研究意义】广东人多耕地少，缺草少粮，导致畜牧业生产与发展很不平稳。优化畜牧业结构，推广肉牛、肉羊等是广东草地畜牧业发展战略。“草”和“种”是促发展关键。杂交狼尾草 (*Pennisetum americanum* × *P. purpureum*) 属多年生丛生型高大禾本科草本植物，生长快，产量高，是草食家畜优质饲料和淡水鱼类青饵料<sup>[1]</sup>。杂交狼尾草是广东省主栽的当家草种，仅饶平县种植面积就有 80~93 hm<sup>2</sup>。但杂交狼尾草属暖季饲草，秋冬季处于休眠或半休眠状态，供青期只在盛夏季节，11月至翌年3月为空青期，优质饲草季节性缺乏成为制约广东草食畜牧业发展的瓶颈。杂交狼尾草种植行距一般 45~60 cm，秋季刈割后到翌春约有 120~150 d 处于休眠阶段，行间地块处于“闲置”状态。如何有效利用这些短期闲隙土地种植一年生牧草，发挥植物间的共生互补作用，补充冬春季青饲料供给不足的问题，是值得研究的重要问题。

【前人研究进展】为解决饲草季节供应矛盾，美国率先开展饲草生产互补系统研究，即在休眠的多年生暖季型草地上补播 1 年生冷季型禾草或豆科牧草。有研究在美国 Alabama 州的海岸狗牙根 (Costal Bermudagrass) 草地补播多花黑麦草 (Italian ryegrass)，可使放牧时间从 178 d 延长至 240 d<sup>[3]</sup>。我国学者也进行了类似研究，秋季在四川、贵州等地的暖季型草地上补播多花黑麦草、1 年生豆科牧草，可明显提高草地质量和产量<sup>[4-5]</sup>。杨中艺等<sup>[6]</sup>提出了“多花黑麦草-水稻”草田轮作，与互补系统原理类似。建立适宜的冷暖季饲草互补生产系统，均衡饲草供应，是目前开展南方牧草生产研究的热点问题。

【本研究切入点】秋冬季节在多年生暖季型草地上补播速生型冷季牧草能否成功的关键因素：一是补播草种能否成功定植；二是多年生暖季牧草翌年能否顺利返青，恢复生长。目前有关杂交狼尾草草地冬季补播方面的研究尚未见报道。【拟解决的关键问题】本研究以仲恺农业工程学院自育品系杂交狼尾草新品系<sup>[7]</sup>为研究对象，采用免耕补播技术在杂交狼尾草行间补播 1 年生冷季牧草，旨在探究冬季补播不同草种对杂交狼尾草新品系春季生长状况的影响，并利用隶属函

数法分析翌年春季的干草产量及品质状况，以期筛选最佳补播组合，为广东地区杂交狼尾草的生产利用提供科学指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于广州市番禺区仲恺教学科研基地，该地属南亚热带海洋性季风气候，年平均气温 21.8 ℃，极端最高气温 37.2 ℃，极端最低温 -0.4 ℃；年均降水量 1 635.6 mm，多集中在 4~9 月份，无霜期年约 352 d；年平均日照时数 1807.6 h。试验地土壤为红黏土，全氮 1.13 g/kg、有效磷 28.8 mg/kg、速效钾含量为 54.8 mg/kg，有机质含量为 28.7 g/kg。试验期间 (2017 年 11 月—2018 年 4 月) 温度和降雨量如图 1 所示。

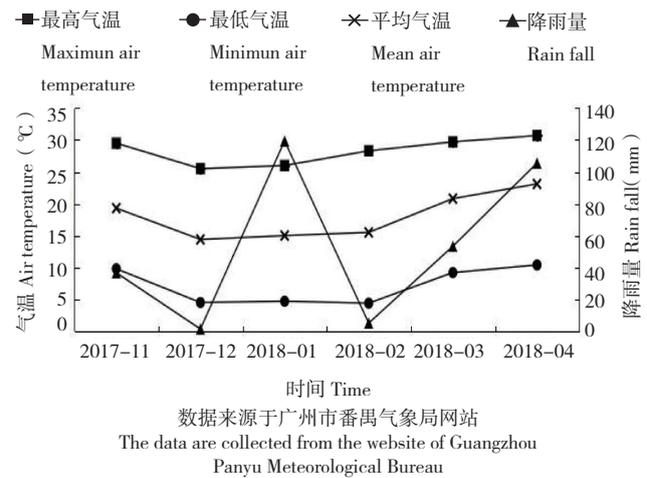


图 1 试验地区气温和降雨量  
Fig. 1 Temperature and rainfall in the pilot area

### 1.2 试验材料

以 2017 年 6 月利用种茎扦插繁殖的杂交狼尾草新品系为研究对象，补播草种为豆科箭筈豌豆 (*Vicia sativa*, 发芽率 90%)、光叶紫花苕 (*Vicia villosa*, 发芽率 90%)，禾本科多花黑麦草 (*Lolium multiflorum*, 发芽率 90%)。

### 1.3 试验方法

试验设 4 个处理，2017 年 11 月 14 日补播箭筈豌豆、光叶紫花苕、多花黑麦草，12 月 7 日补播多花黑麦草，以不补播为对照。采用田间随机区组设计，每个处理 3 次重复，小区面积 15.6 m<sup>2</sup>

(6 m × 2.6 m)，条播行距 15 cm，播种量按理论最大播种量计算，分别为 90、75、25 kg/hm<sup>2</sup>。

杂交狼尾草新品系试验地于 2017 年 6 月建植，条播，株行距 30 cm × 60 cm，密度 4.5 万株/hm<sup>2</sup>，四周设 1 m 保护行，区组间隔 1 m。11 月 11 日刈割，留茬高度 20 cm，按试验设计在刈后草地行间补播草种。播前采用免耕法清除行间杂草，耙松表土；播后适当浇水确保田间出苗率，后期进行粗放管理，期间未进行施肥，以免对杂交狼尾草越冬不利。

#### 1.4 测定指标及方法

2018 年 3 月 28 日每小区随机选取代表性杂交狼尾草株丛 10 丛，测量株高、叶层高、分蘖数、冠幅直径，然后按留茬 15 cm 刈割，从中随机选取 10 丛测鲜产，3 次重复<sup>[8-9]</sup>；65℃烘至恒重，称干重，以鲜草产量和干物质含量计算干草产量，并换算成每公顷草地干物质产量。干鲜比、茎叶比按照国家草品种区域试验技术规程<sup>[8]</sup>测量计算。将测完茎叶比的干样混合后送至广州汇标监测中心进行粗养分测定。粗蛋白 (crude protein, CP)、粗纤维 (crude fiber, CF)、粗脂肪 (ether extract, EE)、粗灰分 (Ash) 分别按照 GB/T6432-1994、GB/T6433-2006、GB/T6434-2006、GB/T6438-2007 方法测定；无氮浸出物 (nitrogen free extract, NFE) 含量 (%) = 100% - 粗蛋白质 % - 粗脂肪 % - 粗纤

维 % - 粗灰分 %<sup>[10]</sup> (式中 4 个指标均为建立在干物质基础上的百分含量)。粗蛋白产量 = 干草产量 × 粗蛋白含量 %。

不同处理杂交狼尾草新品系干草产量、营养品质，采用模糊数学隶属函数法进行综合评价，根据以下公式<sup>[11]</sup>计算单个指标的隶属函数值，再求各处理的平均隶属函数值。

$$X(\mu_i) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

采用 EXCEL2013 和 SPSS21.0 软件进行数据初步整理、统计分析，用 *Duncan* 新复极差法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 补播对杂交狼尾草新品系农艺性状的影响

从图 1、表 1 可以看出，试验期间平均温度 > 12℃，最低温度 > 5℃，不同处理杂交狼尾草新品系仍有缓慢生长，株高及叶层高度均以补播箭筈豌豆处理最高 (118.57 cm 和 100.40 cm)，其次是补播光叶紫花苕处理 (114.63 cm 和 96.30 cm)，均显著高于 CK；其他处理与 CK 无显著差异。不同处理均有抽穗现象，从植株绝对高度与叶层高度差可间接反映抽穗状况，补播豆科处理抽穗相对迟缓。12 月补播多花黑麦草处理每丛分蘖数最多 (59 个)，CK 分蘖数最少为 45 个，各处理间分蘖数差异不显著。

表 1 杂交狼尾草系株高及草层高度变化  
Table 1 Changes of plant height and grass layer height of hybrid *Pennisetum*

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	叶层高 Grass layer height (cm)	株高 - 叶层高 Plant height minus grass layer height (cm)	每丛分蘖数 Tiller number	冠幅 Crown width (cm)
12 月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in December	99.23 ± 4.9670b	78.23 ± 5.5209c	20.93 ± 2.2878a	59 ± 6.0644a	88.92 ± 7.6438b
11 月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in November	107.23 ± 5.7955ab	80.63 ± 3.8220bc	26.60 ± 4.6576a	55 ± 5.5075a	79.38 ± 7.0910bc
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	118.57 ± 4.8902a	100.40 ± 5.4249a	18.17 ± 0.9351a	55 ± 7.2111a	107.45 ± 3.9434a
补播光叶紫花苕 Reseeding of <i>Vicia villosa</i>	114.63 ± 3.8489a	96.30 ± 3.1564ab	19.07 ± 1.8509a	53 ± 5.8594a	110.60 ± 4.2194a
未补播 (CK) Non-reseeding(CK)	102.90 ± 2.9103b	78.17 ± 5.5209c	24.73 ± 4.3803a	45 ± 2.3333a	62.77 ± 0.4630c

注：同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference.

冠幅是描述禾本科植株叶片密度及生长分散程度的指标，在一定程度上反映了植株生长的特性<sup>[12]</sup>。不同处理中冠幅直径以补播光叶紫花苕组最大，其次是补播箭筈豌豆处理，分别为 110.60、107.45 cm，高出 CK 76%、71%，补播箭

筈豌豆处理、光叶紫花苕处理显著高于补播多花黑麦草处理及 CK。

### 2.2 补播对杂交狼尾草新品系生产性能的影响

补播处理株丛生物量、干草产量均高于 CK (表 2)，从大到小依次为：补播光叶紫花苕组

>补播箭筈豌豆处理> 11月补播多花黑麦草组> 12月补播多花黑麦草处理> CK, 补播光叶紫花苜蓿处理比CK增产4.31 t/hm<sup>2</sup>, 并显著高于其他处理, 补播箭筈豌豆处理、11月补播多花黑麦草处理、12月补播多花黑麦草组分别比CK增产1.69、1.67、0.38 t/hm<sup>2</sup>, 但差异不显著。

茎叶比是评价牧草营养价值优劣指标之一, 茎叶比越小, 牧草的适口性及消化率越好, 其营养价值也越高<sup>[13]</sup>。由表2可知, 不同处理间杂

交狼尾草新品系茎叶比分布范围在0.926~1.203之间, 新品系叶量最高为补播光叶紫花苜蓿处理, 补播箭筈豌豆处理叶量低于CK。干鲜比从大到小依次为: CK> 11月补播多花黑麦草处理> 12月补播多花黑麦草处理> 补播光叶紫花苜蓿处理> 补播箭筈豌豆处理; 干鲜比越小说明植株含水量越多, 植株越鲜嫩, 适口性也越好, 本试验结果表明, 补播豆科牧草处理含水量相对较高, 其次是补播禾本科牧草处理, CK含水量最低。

表2 杂交狼尾草产草量、茎叶比、干鲜比变化  
Table 2 Changes of grass yield, stem and leaf ratio, dry and fresh weight ratio of hybrid *Pennisetum*

处理 Treatment	株丛干重 Hay yield of bunch (kg, DM)	株丛鲜重 Fresh yield of bunch (kg, FM)	茎叶比 S/L ratio	干鲜比 D/F ratio (%)	干草产量 Yield of grass (t/hm <sup>2</sup> , DM)
12月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in December	0.1885 ± 0.0030b	0.8229 ± 0.0135c	0.978	22.91	7.54 ± 0.1233b
11月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in November	0.2206 ± 0.0102b	0.8603 ± 0.0426bc	1.071	25.73	8.83 ± 0.4112b
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	0.2211 ± 0.0131b	1.0382 ± 0.0618b	1.203	21.30	8.85 ± 0.9123b
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	0.2964 ± 0.0268a	1.3152 ± 0.1192a	0.926	22.53	11.85 ± 1.07468a
未补播 (CK) Non-reseeding(CK)	0.1790 ± 0.0024b	0.6679 ± 0.0093c	1.072	26.81	7.16 ± 0.0993b

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column represent the significant difference.

### 2.3 补播对杂交狼尾草新品系营养品质的影响

由表3可知, 不同补播处理组杂交狼尾草新品系的粗蛋白含量表现为: 12月补播多花黑麦草处理(8.29%)>补播光叶紫花苜蓿处理(8.17%)> CK(8.04%)>补播箭筈豌豆处理(6.86%)

> 11月补播多花黑麦草处理(6.46%); 粗纤维含量表现为: 12月补播多花黑麦草处理(41.00%)>补播箭筈豌豆处理(32.30%)> CK(31.00%)> 11月补播多花黑麦草处理(29.40%)>补播光叶紫花苜蓿处理(28.80%)。牧草粗蛋白、粗纤

表3 杂交狼尾草营养物质含量及产量变化  
Table 3 Changes of contents and yields of crude nutrient components strain of hybrid *Pennisetum*

处理 Treatment	粗蛋白质 产量 CP yield (t/hm <sup>2</sup> )	粗纤维产 量 CF yield (t/hm <sup>2</sup> )	粗脂肪产 量 EE yield (t/hm <sup>2</sup> )	无氮浸出 物产量 NFE yield (t/hm <sup>2</sup> )	粗灰分 产量 ASH yield (t/hm <sup>2</sup> )	粗蛋白 CP (%)	粗纤维 CF (%)	粗脂肪 EE (%)	无氮浸出物 NFE (%)	粗灰分 ASH (%)
12月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in December	0.6250	3.0914	0.0528	2.9941	0.9802	8.29	41.00	0.70	39.71	10.30
11月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in November	0.5704	2.5960	0.0442	4.7717	0.8477	6.46	29.40	0.50	54.04	9.60
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	0.6071	2.8586	0.0266	4.5524	0.8054	6.86	32.30	0.30	51.44	9.10
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	0.9681	3.4128	0.0948	6.2367	1.1376	8.17	28.80	0.80	52.63	9.60
未补播 (CK) Non-reseeding (CK)	0.5757	2.2196	0.0644	3.6631	0.6372	8.04	31.00	0.90	51.16	8.90

注: 粗纤维、粗脂肪、无氮浸出物和粗灰分含量均为基于干物质基础的测定值。

Note: The contents of CF、EF、NFE and ASH are the measured value based on dry matter.

维含量与植物高度有很大关系，本试验中 12 月补播多花黑麦草组杂交狼尾草植株高度最矮，粗蛋白含量最高，但同时粗纤维、粗灰分含量也高于其他处理。

单位面积营养物质产量能准确反映饲用植物和种植制度的生产价值<sup>[10,14]</sup>。本试验中补播光叶紫花苕处理各营养物质产量均位居首位，其中粗蛋白产量高出 CK 68%，除了 11 月补播多花黑麦草处理粗蛋白质产量低于 CK 0.9% 外，其他补播处理粗蛋白产量均高于 CK。

#### 2.4 模糊隶属函数的综合评价

从营养价值来看，粗蛋白质是牧草中的主要营养物质；粗脂肪和无氮浸出物是主要的热能物

质；粗灰分为牧草中的矿物质，直接影响家畜的生长发育。因此，这 5 个指标的测定值越高，牧草的营养价值就越高，品质越好。粗纤维是主要的能源物质之一，但其含量与消化率呈负相关，因此在一定程度上粗纤维含量越低越好<sup>[15-16]</sup>。平均隶属函数值可表示综合指标的相对优劣，平均隶属函数值越大，综合营养品质越佳<sup>[17]</sup>，以此计算不同处理下干重及营养成分的平均隶属函数值。结果（表 4）表明，平均隶属函数值以补播光叶紫花苕处理最高（0.8196），其次是 11 月补播多花黑麦草处理（0.4546），补播箭筈豌豆处理排第 3 位（0.3225），数值最小是 12 月补播多花黑麦草处理，低于 CK。

表 4 杂交狼尾草产量与品质的隶属函数值  
Table 4 The subordinate function value of yield and quality of hybrid Pennisetum

处理 Treatment	干草产量 Yield of grass	粗蛋白产量 CP yield	粗纤维产量 CF yield	粗脂肪产量 EE yield	无氮浸出物产 量 NFE yield	粗灰分产量 ASH yield	平均值 Mean	排序 Rank
12 月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in December	0.0802	0.1337	0.2700	0.3859	0.000	0.2780	0.1913	5
11 月补播多花黑麦草 Reseeding of <i>Lolium multiflorum</i> in November	0.3635	0.0000	0.6790	0.2601	1.000	0.4250	0.4546	2
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	0.3584	0.0873	0.4669	0.000	0.8680	0.3343	0.3525	3
补播箭筈豌豆 Reseeding of <i>Vicia sativa</i>	1.000	1.000	0.000	1.000	0.9174	1.000	0.8196	1
未补播 (CK) Non-reseeding (CK)	0.000	0.0098	1.000	0.5559	0.3745	0.000	0.3234	4

### 3 讨论

#### 3.1 补播对杂交狼尾草新品系翌年春季产量构成的影响

高度和盖度是牧草群落的两个数量特征，能反映出草地群落的生长状况、牧草产量状况<sup>[18]</sup>。本研究 2017 年冬季在休眠的杂交狼尾草新品系行间补播冷季速生型 1 年生豆科（箭筈豌豆、光叶紫花苕）、禾本科（多花黑麦草）草种，2018 年春季发现，11 月份补播对杂交狼尾草新品系株高、草层高度、分蘖数、冠幅均有一定促进作用，各指标均高于不补播对照组，尤其是补播豆科处理牧草高度、冠幅显著高于对照，而补播多花黑麦草处理与对照没有显著差异。这可能是由于箭筈豌豆、光叶紫花苕具有匍匐生长习性，能更好覆盖地面，避免土壤水分蒸发，提高地温；豆科牧草与禾本科牧草混播可互惠互利，豆科牧草直根系能够固氮，在免耕补播时随着根系向土层深处

生长，能有效破除土壤板结，提高土壤孔隙度，涵养水源，有利于禾本科牧草生长。而多花黑麦草为丛生型须根系，采用条播对地面覆盖能力相对较差，根系分布浅与杂交狼尾草存在一定的资源竞争。

杂交狼尾草温度大于 10℃ 时仍能生长。本研究中，2017 年 11 月至 2018 年 3 月试验地平均温度 > 12℃，最低温度 > 5℃，11 月补播后的灌溉及 12 月份后降雨增多，不补播的杂交狼尾草新品系冬季仍有缓慢生长，但与补播处理相比生长处于弱势。延迟补播时间对成功建立冷暖季饲草混播系统有一定影响，本试验在 12 月份补播多花黑麦草，田间观察前期多花黑麦草出苗相对缓慢，难以发挥地面覆盖作用，随着温度升高，春季降雨量增多，后期生长速度较快，对促进杂交狼尾草株高作用并不明显，只对分蘖数和冠幅的提高有一定作用。各处理中以补播光叶紫花苕处理产量显著大于其他处理，其他补播处理虽然产草量

高于对照,但无显著差异,这与杨春华等<sup>[19]</sup>、侯典超等<sup>[13]</sup>、舒思敏等<sup>[4]</sup>的研究结果类似。

### 3.2 补播对杂交狼尾草新品系春季营养品质的影响

牧草中的粗蛋白和粗纤维含量是影响牧草营养价值的最主要因素<sup>[20-23]</sup>,并且在一定程度上起决定作用,营养价值高的牧草,粗蛋白质含量高,粗纤维含量低。冬季在休眠的杂交狼尾草新品系行间补播冷季速生型1年生饲草,对提高杂交狼尾草单位面积粗蛋白质产量有一定促进作用。本试验结果表明,杂交狼尾草新品系养分(粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物)的单位面积产量均以补播光叶紫花苜蓿处理最高,其中粗蛋白产量高达0.9681 kg/hm<sup>2</sup>,高出对照68%;11月补播多花黑麦草粗蛋白产量低于不补播对照0.9%。对照由于干草产量低,因此单位面积粗纤维、粗蛋白产量均较低。

任继周<sup>[21]</sup>认为,粗纤维 $\leq 27\%$ 为中等牧草,介于27%~34%之间的为中等牧草, $\geq 34\%$ 为下等牧草。本试验中12月补播多花黑麦草处理粗蛋白含量最高,达8.29%,粗纤维含量最高,为41%,而其他处理粗纤维含量介于27%~34%之间,以补播光叶紫花苜蓿处理最低,主要是杂交狼尾草茎叶比最小,叶量多,营养价值相对较高;其次是11月补播多花黑麦草处理为29.4%,对照为31%,补播箭筈豌豆处理的杂交狼尾草茎叶比最大,茎秆相对粗壮,粗纤维为32.3%。舒思敏等<sup>[4]</sup>研究秋季在牛鞭草草地补播光叶紫花苜蓿、豌豆、箭筈豌豆,认为也是以补播光叶紫花苜蓿表现好于箭筈豌豆。

### 3.3 补播对杂交狼尾草新品系春季生产性能和品质的综合评价

优质饲草生产要产量、品质兼顾,营养品质包括粗蛋白质、粗纤维、粗脂肪等多方面,单一指标难以精确评价。隶属函数法可以消除个别指标带来的片面性,使各处理的差异具有可比性<sup>[17, 22]</sup>,因此本研究利用隶属函数法对各补播组合的干草产量、营养物质产量进行了综合评价。结果表明,在杂交狼尾草草地补播1年生饲草,11月中旬各补播综合评价好于未补播对照及12月补播处理,以补播光叶紫花苜蓿最好,是最适补播模式;其次是11月中旬补播黑麦草,而补播箭筈豌豆处理排第3位;冬季延迟补播时间会造成暖季草春季生产性能下降。

冬季在杂交狼尾草休眠期间补播速生型冷季草种的目的,一是为获得冬季补播饲草产量,二是在不影响杂交狼尾春季生长的情况下提早收获

优质杂交狼尾草。本试验只针对补播后杂交狼尾草春季产量和品质进行了分析,今后还需对补播后冷季饲草生产性能的表现及补播对土壤理化性质的影响作进一步研究。

## 4 结论

广东地区冬季在杂交狼尾草新品系行间补播冷季速生型豆科、禾本科草种,既可增加饲草产量,又可提高单位面积土地利用效率,但只有把握适宜补播时机、选择适宜补播草种才能更好发挥共生互惠作用。试验结果表明,杂交狼尾草新品系行间补播光叶紫花苜蓿,对提高杂交狼尾草干草产量与营养品质有显著效果,综合评价表现最优;其次是11月补播多花黑麦草组合、箭筈豌豆组合;而延迟补播时间对春季杂交狼尾草产量和品质的改善效果不明显。

### 参考文献 (References):

- [1] 石秀兰,陈平,韩瑞宏,何立,张伟棠.秋季去叶对杂交狼尾草新品系1号生长发育及种茎成活率的影响[J].中国草地学报,2012,34(5):69-74.  
SHI X L, CHEN P, HAN R H, HE L, ZHANG W T. Impacts of removing leaves on growth and development and seed stem survival rate of the new strain No.1 of hybrid *Pennisetum* in autumn [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2012, 34(5): 69-74.
- [2] 朱练峰,江海东,高雅,钟小仙,曹卫星.不同前作对杂交狼尾草产量和品质的影响[J].草业学报,2006(1):76-83.  
ZHU L F, JIANG H D, GAO Y, ZHONG X X, CAO W X. The effects of different preceding crops on yield and forage quality of *Pennisetum* hybrid [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2006(1): 76-83.
- [3] Hoveland C S, Anthony W B, McCruis J A, Starling J G. Beef cow-calf performance on coastal bermudagrass overseeding with winter annual clovers and grass [J]. *Agton*, 1978, 70: 418-420.
- [4] 舒思敏,杨春华,陈灵鸞.补播豆科牧草对扁穗牛鞭草草地的影响[J].草业学报,2011,28(6):1041-1043.  
SHU S M, YANG C H, CHEN L Z. Effects of overseeding legumes on the forage yield and quality of whipgrass [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 28(6): 1041-1043.
- [5] 何峰,万里强,白静仁,李向林.多年生暖季型草地冬季补播互补系统[J].草地学报,2006,14(3):274-279.  
HE F, WAN L Q, BAI J R, LI X L. A study on the complementary forage system of supplementing cool-season forage to perennial warm-season forage land in winter [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2006, 14(3): 274-279.
- [6] 杨中艺,辛国荣,岳朝阳,陈三有,梁正芝,路正怀,张育英,罗汝根,蓝文标.“黑麦草-水稻”草田轮作系统应用效益初探[J].草业科学,1997,14(6):35-39.  
YANG Z Y, XING R, YUE C Y, CHEN S Y, LIANG Z Z, LU Z H, ZHANG Y Y, LUO R G, LAN W B. A Case Study on Benefits of Italian Ryegrass-Rice Rotation System [J]. *Pratacultural Science*, 1997, 14(6): 35-39.
- [7] 吴秀峰,陈平,祁桂林,石秀兰.杂交狼尾草新品系1号的特性及牧草品质[J].广东农业科学,2005(5):60-61. doi: 10.16768/

- j.issn.1004-874x.2005.05.025.  
WU X F, CHEN P, QI G L, SHI X L.Characteristics and herbage quality in the new strain 1 of hybrid *Pennisetum* [J].*Guangdong Agricultural Sciences*, 2005(5): 60-61. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2005.05.025.
- [8] 王绍飞, 罗永聪, 张新全, 黄琳凯, 马啸, 刘恋. 14 个多花黑麦草品种 (系) 在川西南地区生产性能综合评价 [J]. 草业学报, 2014, 23 (06): 87-94.  
WANG S F, LUO Y C, ZHANG X Q, HUANG L K, MA X, LIU L. The production performance of 14 annual ryegrass varieties in the southwest of Sichuan Province [J].*Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(06): 87-94.
- [9] 曹启民, 张永北, 王博, 覃姜薇, 王贵珍. 刈割和施肥对热研 4 号王草生物量影响初报. 广东农业科学, 2018, 45 (10): 50-54. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2018.10.008.  
CAO Q M, ZHANG Y B, WANG B, QIN J W, WANG G Z. Effects of cutting and fertilization on biomass of *Pennisetum Purpureum* Rich. x *P. Americana* King Grass cv. Reyan No. 4 [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2018, 45(10): 50-54. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2018.10.008.
- [10] 武文莉, 吴冬强, 张静, 郭正刚, 刘慧霞. 铁锌配施对河西走廊地区紫花苜蓿品质和相对饲用价值的影响 [J]. 中国草地学报, 2018, 40 (4): 62-67. doi: 10.16742/j.zgdx.2018-04-09.  
WU W L, WU D Q, ZHANG J, GUO Z G, LIU H X. Effect of Fe and Zn on quality and relative feeding values of Alfalfa in the Hexi Corridor [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2018, 40(4): 62-67. doi: 10.16742/j.zgdx.2018-04-09.
- [11] 刘晶, 宋谦, 田新会, 杜文华, 刘汉成. 基于隶属函数法和 GGE 双标图的饲草型小黑麦种质适应性评价 [J]. 草业学报, 2018, 27 (5): 85-96.  
LIU J, SONG Q, TIAN X H, DU W H, LIU H C. Evaluation of the adaptability of triticale genotypes using membership function and GGE-Biplot analysis [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(5): 85-96.
- [12] 林正眉, 侯琼昭, 罗刚跃, 董川宏, 麦荣臻, 陈树耿. 油茶林和桉树林下套种牧草的筛选 [J]. 林业与环境科学, 2018, 34 (03): 85-89.  
LIN Z G, HOU Q Z, LUO G Y, DONG C H, MAI R Z, CHEN S G. Study on screening the forages for suitable planting under the *Camellia oleifera* and *Eucalyptus* plantations [J]. *Forestry and Environmental Science*, 2018, 34(03): 85-89.
- [13] 侯典超, 李向林, 万里强, 何峰. 多年生暖季型草地补播多花黑麦草生产系统研究 [J]. 草地学报, 2010, 18 (6): 780-785.  
HOU D C, LI X L, WAN L Q, HE F. A study on complementary forage system of supplementing annual ryegrass to warm-season grass *Pasture* [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2010, 18(6): 780-785.
- [14] 张燕丽, 李侠, 兰剑. 宁夏荒漠草原区草地混播研究 [J]. 广东农业科学, 2014, 41 (7): 166-169. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2014.07.043.  
ZHANG Y L, LI X L, LAN J. Study on forage mixture sowing in Ningxia desert steppe [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(7): 166-169. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2014.07.043.
- [15] 郭孝, 邓红雨, 白昌军, 胡华锋, 邢其银, 唐军. 黄河滩区不同刈割期对热研 4 号王草生产性能和品质的影响 [J]. 草地学报, 2017, 25 (3): 639-645.  
GUO X, DENG H Y, BAI C J, HU H F, XING Q Y, TANG J. Effects of different cutting periods on production performance and forage 'Reyan No.4' in Yellow River Beach [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(3): 639-645.
- [16] 赵威, 李琳. 不同草地利用方式对暖性 (灌) 草丛类草地固碳能力的影响 [J]. 草业学报, 2018, 27 (11): 1-14.  
ZHAO W, LI L. Effects of utilization patterns on the carbon sequestration capacity of warm-temperate tussock and shrub-tussock grasslands [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(11): 1-14.
- [17] 林存亮, 李鸿文, 石培春, 李士磊, 张新疆, 李召锋, 孔广超, 曹连莆. 用隶属函数值评价小黑麦在萌发期及幼苗期对复合盐胁迫的耐性 [J]. 新疆农业科学, 2012, 49 (05): 808-814.  
LIN C L, LI H W, SHI P C, LI S L, ZHANG X J, LI Z F, KONG G C, CAO L P. The evaluation of mixed salt tolerance in triticale during seed germination and seedling with subordinate function value [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2012, 49 (05): 808-814.
- [18] Gillen R L, Berg W A. Complementary grazing of native pasture and old world bluestem [J]. *Range Manage*, 2001, 54: 348-355.
- [19] 杨春华, 李向林, 张新全, 刘芳, 刘伟. 秋季补播多花黑麦草对扁穗牛鞭草草地产量、质量和植物组成的影响 [J]. 草业学报, 2004, 13 (6): 80-86.  
YANG C H, LI X L, ZHANG X Q, LIU F, LIU W. Influence of overseeding on herbage production, quality and botanical composition of *Hemarthria compressa* pastures oversown with Annual lolium multiflorum in autumn [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2004, 13(6): 80-86.
- [20] 穆尼热·买买提, 祖日古丽, 田聪, 朱忠艳, 阿斯娅, 蒋晓梅, 王玉. 适宜在北疆平原生长的饲用豆科植物猪屎豆引种研究 [J]. 草业科学, 2015, 32 (11): 1902-1906.  
Munire Maimaiti, Zuri Guli, TIAN C, ZHU Z Y, Asiya, JIANG X M, WANG Y. The growth evaluation of introduced leguminous forage *Crotalaria alata* in plain area of northern Xinjiang [J]. *Pratacultural Science*, 2015, 32(11): 1902-1906.
- [21] 任继周. 草业科学研究方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.  
REN J Z. Methodology of grassland science research [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [22] 姚娜, 滕少花, 赖志强, 邓素媛, 丘金花, 赖大伟, 易显凤. 氮磷钾不同施肥配比效应对桂闽引象草生产性能及品质的影响 [J]. 广东农业科学, 2014, 41 (14): 57-60. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2014.14.022.  
YAO N, TENG S H, LAI Z Q, DENG S Y, QIU J H, LAI D W, YI X F. Effect on productive performance and quality of *Pennisetum purpureum* cv. Guiminyin under different proportion applications of nitrogen, phosphate and potassium [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(14): 57-60. doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2014.14.022.
- [23] 马婷燕, 罗飞, Nzabanita C, 李彦忠. 国内外 36 个苜蓿品种的发芽特性综合评价 [J]. 种子, 2019, 38 (1) 49-53. doi: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2019.01.044.  
MA T Y, LUO F, Nzabanita C, LI Y Z. Comprehensive evaluation germination characteristics of 36 alfalfa varieties at home and abroad [J]. *Seed*, 2019, 38(1) 49-53. doi: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2019.01.044.

(责任编辑 崔建勋)