

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0335

田应学, 马培杰, 李亚娇, 吴佳海, 牟琼, 熊文康, 张忠贵, 韩永芬. 青贮玉米与拉巴豆套种对青贮玉米品质及产量的影响. 草业科学, 2019, 36(5): 1457-1465.

TIAN Y X, MA P J, LI Y J, WU J H, MU Q, XIONG W K, ZHANG Z G, HAN Y F. Effects of silage maize and *Dolichos lablab* intercropping on quality and yield of silage maize. Pratacultural Science, 2019, 36(5): 1457-1465.

## 青贮玉米与拉巴豆套种对青贮玉米品质及产量的影响

田应学<sup>1</sup>, 马培杰<sup>2</sup>, 李亚娇<sup>2</sup>, 吴佳海<sup>2</sup>, 牟琼<sup>2,3</sup>,  
熊文康<sup>4</sup>, 张忠贵<sup>4</sup>, 韩永芬<sup>2,3</sup>

(1. 松桃苗族自治县山地生态畜牧业发展中心, 贵州 松桃 554100; 2. 贵州省农业科学院草业研究所, 贵州 贵阳 550006;  
3. 贵州金农富平生态农牧科技有限公司, 贵州 松桃 554100; 4. 思南县畜牧发展中心, 贵州 思南 565100)

**摘要:** 为寻求青贮玉米 (*Zea mays*) 栽培中品质改良、产量升高的新途径和新技术, 在贵州松桃县九江乡试验地以青贮玉米 (郑青贮1号) 和拉巴豆 (*Dolichos lablab*) 为研究材料, 于青贮玉米行距间套种不同行数的拉巴豆, 共设3个处理玉米不套作 ( $A_0$ )、1行玉米+1行拉巴豆 ( $A_1$ )、1行玉米+2行拉巴豆 ( $A_2$ ), 研究多行拉巴豆套种对青贮玉米产量和品质的影响。结果表明, 随着拉巴豆行数的增加, 青贮玉米产量、粗蛋白、粗灰分、叶长、全氮、全磷和全钙含量均显著增高 ( $P < 0.05$ ), 其中产量最高达  $55\ 350.00\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 与单作青贮玉米相比, 可实现农民增收  $10\ 520.50\ \text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。青贮玉米粗脂肪、干物质量、株高在套种1行拉巴豆时最高, 且各处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。叶宽和叶片数随着套种拉巴豆行数的增加呈降低趋势。中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量在各处理之间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。不同套种处理后, 青贮玉米的产量、粗蛋白、粗灰分、N、P、Ca、Mg、无氮浸出物和叶片数9个性状变异较大, 变异系数  $10\% \sim 32.9\%$ 。青贮玉米与拉巴豆套种表现出较强的套种优势。因此, 在生产中为提高产量, 增加套种优势, 宜采用青贮玉米与拉巴豆套种行数为  $1:2$  模式。但是鉴于粗灰分含量在此处理下最高, 还需在今后的试验中对套种处理做进一步的研究。

**关键词:** 植株性状; 产量; 品质; 变异分析; 经济效益

中图分类号: S548 文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2019)05-1457-09

### Effects of silage maize and *Dolichos lablab* intercropping on quality and yield of silage maize

TIAN Yingxue<sup>1</sup>, MA Peijie<sup>2</sup>, LI Yajiao<sup>2</sup>, WU Jiahai<sup>2</sup>, MU Qiong<sup>2,3</sup>, XIONG Wenkang<sup>4</sup>,  
ZHANG Zhonggui<sup>4</sup>, HAN Yongfen<sup>2,3</sup>

(1. Development Center for Mountain Ecological Animal Husbandry of Songtao Miao Nationality Autonomous County of Guizhou Province, Songtao 554100, Guizhou, China;

2. Institute of grass industry of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, Guizhou, China;

3. Guizhou Jinnongfuping Ecological Agricultural and Animal Husbandry Science and Technology Co., Ltd. Songtao 554100, Guizhou, China;

4. Sinan Animal Husbandry Development Center, Sinan 565100, Guizhou, China)

收稿日期: 2018-05-31 接受日期: 2018-12-24

基金项目: 贵州省农业成果转化项目 (黔科合成果 [2016]4042-1); 贵州省科技计划项目 (黔科合重大专项 (2014)6017 号); 贵州省科研机构服务企业项目 (黔科合平台人才 [2016]5713); 贵州省农业科学院“农业科技改革与创新服务园区”草地生态畜牧产业项目

第一作者: 田应学 (1974-), 男 (苗族), 贵州松桃人, 高级畜牧师, 硕士, 主要从事草地生态畜牧业研究。E-mail: 1934077245@qq.com

通信作者: 韩永芬 (1972-), 女 (仡佬族), 贵州贵阳人, 研究员, 博士, 主要从事草地生态畜牧业研究。E-mail: 442694189@qq.com

**Abstract:** To develop new methods and technologies for improving the quality and increasing the yield of silage maize, intercropping of silage maize (Zheng Silage No. 1) and *Dolichos lablab* was examined in Jiujiang Township, Songtao County, Guizhou Province. The effect of intercropping of multiple rows of *D. lablab* with silage maize on the yield and quality of silage maize was evaluated after three treatments: no intercropping ( $A_0$ ), a row of silage maize + a row of *D. lablab* ( $A_1$ ), and a row of silage maize + two rows of *D. lablab* ( $A_2$ ). The results showed that the yield, crude protein, crude ash, leaf length, total nitrogen, total phosphorus, and total calcium content of silage maize increased significantly with increasing rows of *D. lablab* intercropped with silage maize. The highest yield of silage maize was  $55\ 350.00\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , which can increase farmers' income by  $10\ 520.50\ \text{CNY}\cdot\text{ha}^{-1}$  over that from silage maize cultivated alone. The crude fat, dry matter weight, and plant height of silage maize were highest when intercropping one row of *D. lablab* with silage maize, and significant differences were detected among different treatments ( $P < 0.05$ ). The leaf width and leaf number of silage maize decreased with increasing row numbers of intercropping *D. lablab*. There was no significant difference between neutral detergent fiber and acid detergent fiber in the three treatments. The yield, crude protein, crude ash, N, P, Ca, Mg, nitrogen-free extract, and leaf number of silage maize varied considerably with different interplanting treatments, and the coefficient of variation ranged from 10% to 32.9%. The intercropping of silage maize and *D. lablab* showed strong interplanting advantages. Therefore, to increase yield and interplanting advantages, the silage maize and *D. lablab* interplanting row number ratio should be 1 : 2. However, based on the highest content of crude ash under this treatment, it is necessary to further evaluate intercropping treatment.

**Keywords:** plant traits; yield; quality; variation analysis; economic benefit

**Corresponding author:** HAN Yongfen E-mail: 442694189@qq.com

在全国粮改饲政策下,青贮玉米 (*Zea mays*) 作为最主要的优质牧草在适宜种植区域被迅速推广,青贮玉米品种众多且营养价值不一,因此挑选适宜贵州地区种植的高产优质青贮玉米,是贵州畜牧业发展的战略要求。拉巴豆 (*Dolichos lablab*),引种于澳大利亚,是热带和亚热带地区高产优质的豆科牧草,贵州属亚热带湿润季风气候,拉巴豆目前已成为贵州地区种植的主要草种之一。拉巴豆作为豆科牧草,一般在秋季生长旺盛,属于晚熟型作物,能耐短期霜冻和高温,成为夏季和冬季空档期的交替饲料<sup>[1-2]</sup>,同时还因其根瘤固氮、改良土壤、饲料加工等性能,被广泛应用于间作和套种其他作物,并作为轮茬作物来改善地力<sup>[3-4]</sup>。

间作套种的作物,植株应能高矮搭配。苕麻 (*Boehmeria nivea*) 套种牧草可以降低杂草密度、物种丰富度指数和生物多样性指数<sup>[5]</sup>。果园与牧草套种,因根系深度在空间上不重叠,所以不会出现营养竞争现象,套种的牧草产量尽管低于栽培草地的最低标准,但限制牧草生长高度、及时刈割,可使牧草品质提升<sup>[6]</sup>。青贮玉米与紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 的套种,不仅可以提高群体受光面积,还可以增加土壤与根系的湿度和温度,进而培肥地力<sup>[7]</sup>。李建刚等<sup>[8]</sup>研究表明,林农林草的间作模式比起单一种植农作物,长期经济效益显著,在挖掘土地生产潜力的同时还能促进农民增

收增产,具有“长短结合、以短养长”的经济效果。果林及农作物行间套种牧草,能够持续改善土壤物理性状,增加土壤孔隙度,增加牧草饲料的生产,改善区域生态环境,种植两年生或多年生牧草还可以降低田间管理成本<sup>[9-10]</sup>。

近年来,关于玉米套种花椰菜 (*Brassica oleracea*)、鱼腥草 (*Houttuyniacordata*)、甘薯 (*Dioscorea esculenta*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 等作物<sup>[11-12]</sup>,以及苕麻 (*Boehmeria nivea*)、小麦 (*Triticum aestivum*) 等作物和果园中的香梨 (*Fragrant pear*)、柑橘 (*Citrus reticulata*) 等套种牧草的研究较多<sup>[5-6,9,13]</sup>。玉米与拉巴豆的研究多见于对玉米混播发酵后青贮品质、奶牛瘤胃发酵、生产性能的影响等方面<sup>[14-15]</sup>,但有关贵州地区青贮玉米套种多行拉巴豆对青贮玉米品质及产量影响的研究尚少见报道。为此,本研究根据青贮玉米与拉巴豆的生物学特性和生长发育规律,采用随机区组试验设计,研究拉巴豆套种对青贮玉米产量和品质的影响,寻求青贮玉米栽培中品质改良、产量升高的新途径和新技术,以期为贵州地区青贮玉米高产优质栽培提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2017年在贵州松桃县九江乡试验地进

行，土壤为黑棕壤土，总体肥力水平为中等，其前茬作物为甜象草 (*Pennisetum purpureum*)。

## 1.2 试验材料

试验玉米品种为郑青贮1号，由河南省大京九种业有限公司提供。拉巴豆品种为润高拉巴豆，由百绿国际草业公司(北京)提供。

## 1.3 试验设计

试验采用玉米和拉巴豆套种的随机区组设计，设3个处理，分别为不套作(A<sub>0</sub>)、1行玉米+1行拉巴豆(A<sub>1</sub>)、1行玉米+2行拉巴豆(A<sub>2</sub>)。每个处理4次重复，共12个小区。小区为5 m×6 m的10行区，面积30 m<sup>2</sup>，行距60 cm，株距35 cm，每行14株，玉米种植密度为4.67万株·hm<sup>-2</sup>，四周保护行、小区间走道和重复间走道均设为1 m。试验区总面积为550 m<sup>2</sup>。

供试肥料氮肥品种为尿素(N=46%)，磷肥品种为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=12%)，钾肥品种为硫酸钾(K<sub>2</sub>O=33%)，氮肥的2/3作为基肥，1/3作为追肥于抽穗前追施，磷肥和钾肥一次性基施，期间追施一次农家肥。其他栽培管理措施均同于一般大田，成熟后按各小区单收，计产。2017年5月10日播种，2017年8月1日收获。

## 1.4 指标测定及方法

采样：青贮玉米抽穗后，每小区采样5株分装，及时测定鲜干重，并切段后保存。在各指标测定前，对样品进行粉碎处理。

青贮玉米品质及营养性状的测定：粗蛋白采用半微量开氏法，粗脂肪采用抽提残余法，粗灰分采用直接干灰化法，全氮采用半微量开氏法，全磷采用钒钼黄比色法，全钙采用EDTA络合滴定法，全镁采用EDTA络合滴定法，无氮浸出物=100% -

(水分+粗灰分+粗蛋白+粗脂肪+粗纤维)，干物质含量采用常压恒温干燥法，酸性洗涤纤维采用范式酸-洗涤剂法<sup>[16]</sup>，中性洗涤纤维采用范式中性-洗涤剂法<sup>[17]</sup>。

产量：青贮玉米抽穗后，刈割扎捆，采用电子台秤测定每个小区的青贮玉米鲜草产量。

经济收入=市场商品价格×产量。

## 1.5 数据分析

所有试验数据采用Excel 2010软件进行整理汇总，并计算平均量、极差、标准差、变异系数。采用SPSS 19.0软件对青贮玉米产量、营养和品质性状进行单因素方差分析和双变量相关分析，并采用Duncan法对各测定数据进行多重比较，采用平均值±标准误表示测定结果。

## 2 结果

### 2.1 多行套种拉巴豆对青贮玉米植株性状和产量的影响

不同套种处理后，套种1行拉巴豆(A<sub>1</sub>)时，青贮玉米株高、干物质含量最高，且株高A<sub>1</sub>比A<sub>2</sub>和A<sub>0</sub>分别高1.21%和6.67%，干物质含量A<sub>1</sub>比A<sub>2</sub>和A<sub>0</sub>分别高7.30%、14.35%(表1)。随着套种行数的增加，青贮玉米叶长有增大的趋势，但差异不显著(P>0.05)。叶片数和叶宽随着套种行数的增加有减小的趋势，且差异显著(P<0.05)，叶片数A<sub>0</sub>比A<sub>1</sub>和A<sub>2</sub>分别高14.03%和27.27%，叶宽A<sub>0</sub>比A<sub>1</sub>和A<sub>2</sub>分别高6.84%和9.23%。

不同套种处理下，青贮玉米鲜草产量在35 500.00~55 350.00 kg·hm<sup>-2</sup>，3个处理间差异显著(P<0.05)(图1)。处理A<sub>2</sub>比处理A<sub>1</sub>和A<sub>0</sub>分别增产14 266.67和19 850.00 kg·hm<sup>-2</sup>，增幅分别为55.92%

表1 3个套种处理下青贮玉米的植株性状

Table 1 Plant characteristics of silage maize under three interplanting treatments

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	叶片数 Number of leave	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	干物质含量 Dry matter content/%
A <sub>0</sub>	220.71 ± 3.36b	12.60 ± 0.37a	76.25 ± 3.67a	11.24 ± 0.34a	35.20 ± 0.99b
A <sub>1</sub>	235.43 ± 5.73a	11.05 ± 0.25b	82.23 ± 3.95a	10.52 ± 0.12ab	40.25 ± 1.48a
A <sub>2</sub>	232.62 ± 1.35ab	9.90 ± 0.19c	85.75 ± 2.59a	10.29 ± 0.26b	37.51 ± 1.04ab

A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>分别对应不套作、1行玉米+1行拉巴豆、1行玉米+2行拉巴豆3个套种处理。同列不同字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。下同。

A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> correspond to no intercropping, 1 row of silage maize + 1 row of *D. lablab*, 2 rows of silage maize + 2 rows of *D. lablab* interplanting treatments, respectively. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different treatments at the 0.05 level; similarly for the following figures and tables.

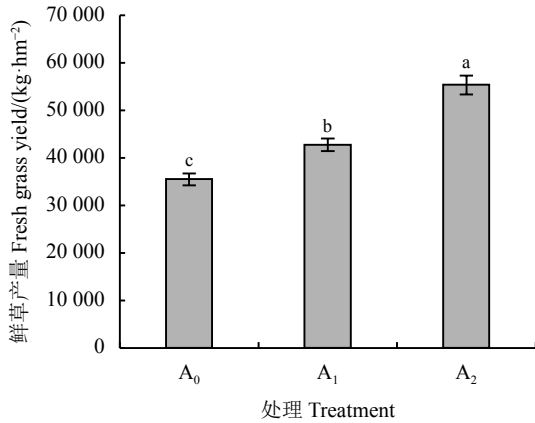


图 1 3 个套种处理下的青贮玉米产量  
Figure 1 Yield of silage maize under three interplanting treatments

和 34.73%。处理 A<sub>1</sub> 比 A<sub>0</sub> 增产 5 583.33 kg·hm<sup>-2</sup>，增幅为 15.73%。从 A<sub>1</sub> 到 A<sub>2</sub> 的增产幅度比从 A<sub>0</sub> 到 A<sub>1</sub> 的增产幅度高 255.50%。

2.2 多行套种拉巴豆对青贮玉米营养品质的影响

不同套种处理下青贮玉米的全株青贮粗蛋白

含量差异显著 ( $P < 0.05$ )，处理 A<sub>2</sub> 粗蛋白含量比 A<sub>1</sub> 和 A<sub>0</sub> 分别增加了 9.44% 和 36.14%(表 2)。粗脂肪含量以处理 A<sub>1</sub> 最高，比处理 A<sub>0</sub>、A<sub>2</sub> 分别增加了 15.12% 和 8.74%，但与 A<sub>2</sub> 之间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量 3 个处理之间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。粗灰分含量 A<sub>2</sub> 显著高于 A<sub>1</sub> 和 A<sub>0</sub>，比 A<sub>0</sub> 和 A<sub>1</sub> 分别增加了 21.67% 和 13.68%。

不同套种处理下，青贮玉米全氮、全磷、全钙含量均以处理 A<sub>2</sub> 最高，且分别比 A<sub>0</sub> 高 26.31%、73.68% 和 26.67% ( $P < 0.05$ )(表 3)。全镁和无氮浸出物含量以处理 A<sub>0</sub> 最高，其中全镁含量处理 A<sub>0</sub> 比 A<sub>2</sub> 高 18.75% ( $P < 0.05$ )，比 A<sub>1</sub> 高 15.15% ( $P < 0.05$ )；无氮浸出物含量 A<sub>0</sub> 比 A<sub>1</sub> 高 99.50% ( $P < 0.05$ )，且与 A<sub>2</sub> 处理无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

2.3 多行套种拉巴豆对青贮玉米经济收入的影响

青贮玉米经济收入变幅为 18 815.0~29 335.5 CNY·hm<sup>-2</sup>(表 4)。处理 A<sub>2</sub> 较 A<sub>1</sub> 和 A<sub>0</sub> 分别增收 6 678.0

表 2 3 个套种处理下青贮玉米的营养品质  
Table 2 Nutritional quality of silage maize under three interplanting treatments

处理 Treatment	粗蛋白 CP/%	粗脂肪 EE/%	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗灰分 Ash/%
A <sub>0</sub>	6.64 ± 0.11c	21.83 ± 0.38b	64.09 ± 0.72a	43.00 ± 0.64a	5.26 ± 0.08b
A <sub>1</sub>	8.26 ± 0.19b	25.13 ± 0.93a	64.56 ± 0.95a	45.08 ± 1.52a	5.63 ± 0.12b
A <sub>2</sub>	9.04 ± 0.28a	23.11 ± 1.11ab	66.65 ± 0.60a	45.45 ± 1.40a	6.40 ± 0.14a

CP, crude protein; EE, crude fat; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; Ash, crude ash.

表 3 3 个套种处理下青贮玉米的营养成分  
Table 3 Nutrition ingredients of silage maize under three interplanting treatments

处理 Treatment	全氮 Total N/%	全磷 Total P/%	全钙 Total Ca/%	全镁 Total Mg/%	无氮浸出物 Nitrogen free extract/%
A <sub>0</sub>	1.14 ± 0.03b	0.19 ± 0.01c	0.30 ± 0.01b	0.38 ± 0.23a	11.95 ± 0.66a
A <sub>1</sub>	1.32 ± 0.03a	0.28 ± 0.01b	0.33 ± 0.01b	0.33 ± 0.12b	5.99 ± 0.43b
A <sub>2</sub>	1.44 ± 0.05a	0.33 ± 0.01a	0.38 ± 0.02a	0.32 ± 0.01b	10.61 ± 0.58a

表 4 3 个套种处理下青贮玉米的经济收入  
Table 4 Economic benefit of silage maize under three interplanting treatments

处理 Treatment	小区产量 Plot yield/kg	折合产量 Converting into/(kg·hm <sup>-2</sup> )	市场商品价格 Market commodity price/(CNY·kg <sup>-1</sup> )	经济收入 Economic income/(CNY·hm <sup>-2</sup> )
A <sub>0</sub>	106.50 ± 3.74c	35 500.00 ± 1 246.77	0.53	18 815.0 ± 660.8c
A <sub>1</sub>	128.25 ± 3.00b	42 750.00 ± 1 000.51	0.53	22 657.5 ± 530.3b
A <sub>2</sub>	166.05 ± 6.02a	55 350.00 ± 2 005.11	0.53	29 335.5 ± 1 062.7a

和 10 520.5 CNY·hm<sup>-2</sup>，增幅分别为 55.92% 和 34.73%。处理 A<sub>1</sub> 比 A<sub>0</sub> 增收 3 842.5 CNY·hm<sup>-2</sup>，增幅为 15.73%。

## 2.4 青贮玉米产量与各性状的变异

不同套种处理后，产量、粗蛋白、粗灰分、全氮、全磷、全钙、全镁、无氮浸出物和叶片数 9 个性状变异较大(表 5)，变异系数在 10% 以上，而其他性状的变异幅度在 2.09%~7.12%，其中中性、酸性洗涤纤维含量相对于其他性状变异较小。

## 3 讨论

### 3.1 多行套种拉巴豆对青贮玉米植株性状的影响

套作对作物各农艺性状的影响多向正向方向改变，合理的套种模式会使作物的农艺性状向高产栽培方向改变，但这需要反复的试验和生产的检验。有研究表明，玉米与大豆 (*Glycine max*) 间作，少部分玉米品种株高显著低于单播玉米，大部分玉米品种株高与单播玉米相比无显著差异<sup>[18]</sup>。玉米与毛豆 (*Glycine max*) 以 2:3、1:2、1:3 等比例

表 5 青贮玉米产量、营养性状和植株性状的变异  
Table 5 Variations in yield, nutritional traits, and plant traits in silage maize

性状 Character	最小值 Minimum	最大值 Maximum	极差 Range	平均量 Average magnitude	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%
产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )	35 500.00	55 350.00	19 850.00	44 533.33	10 044.44	22.55
粗蛋白 Crude protein/%	6.64	9.04	2.40	7.98	1.22	15.32
粗脂肪 Crude fat/%	21.83	25.13	3.30	23.36	1.66	7.12
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%	64.09	66.65	2.56	65.10	1.36	2.09
酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber/%	43.00	45.45	2.45	44.51	1.32	2.97
粗灰分 Crude ash/%	5.26	6.40	1.14	5.76	0.58	10.10
全氮 Total N/%	1.14	1.44	0.30	1.30	0.15	11.64
全磷 Total P/%	0.19	0.32	0.14	0.26	0.07	26.60
全钙 Total Ca/%	0.30	0.38	0.08	0.33	0.04	11.63
全镁 Total Mg/%	0.32	0.38	0.06	0.34	0.03	10.10
无氮浸出物 Nitrogen-free extract/%	5.99	11.95	5.97	9.52	3.13	32.90
株高 Plant height/cm	220.72	235.43	14.71	229.59	7.81	3.40
叶片数 Leaf number	9.90	12.60	2.70	11.18	1.35	12.12
叶长 Leaf length/cm	76.25	85.75	9.50	81.41	4.80	5.90
叶宽 Leaf width/cm	10.29	11.24	0.95	10.68	0.50	4.64
干物质含量 Dry matter content/%	35.21	37.51	2.31	37.66	2.53	6.71

间作时,甜玉米的株高均显著低于单作<sup>[19]</sup>;玉米与大豆间作,株高和叶面积在生长前期高于单作,后期差异不显著<sup>[20]</sup>。青贮玉米干物质含量在30%~40%时,可保证良好的发酵品质、贮存条件和动物的生产性能<sup>[21]</sup>。本研究中,随着套种行数的增加,青贮玉米株高和干物质质量先增加后减小,叶长呈增大趋势,叶片数和叶宽呈减小趋势,造成这一现象的原因可能是密度增大,植株间相互制约,生长空间不足,植株正由营养生长转为生殖生长。

### 3.2 多行套种拉巴豆对青贮玉米产量的影响

青贮玉米套种拉巴豆不仅提高了耕地利用率,而且改善了作物生长环境。拉巴豆的生长增加了田间的受光面积,提升了光合利用效率<sup>[22-24]</sup>。田间单位面积内的植株密度增大,温度、湿度聚敛,土壤营养元素释放得到更加充分的利用与吸收,拉巴豆的固氮作用又能为青贮玉米提供氮元素,促使其生长获得更多的干物质。但由于资源有限,套种作物也同样存在着竞争。研究表明,马铃薯单作的产量>马铃薯||蚕豆(*Vicia faba*)间作产量>蚕豆单作产量,蚕豆的竞争力高于马铃薯<sup>[22]</sup>。苜蓿(*Avena sativa*)||马铃薯、苜蓿||豆类间作时地上部分干物质质量显著高于向日葵(*Helianthus annuus*)||马铃薯间作,在马铃薯||向日葵间作时,向日葵有间作优势,而马铃薯有间作劣势,高秆作物向日葵和苜蓿在间作中,苜蓿在干物质生产上有间作优势,而向日葵在产量上有间作优势<sup>[25]</sup>。

李晶等<sup>[26]</sup>对3个品种的青贮玉米与秣食豆(*Glycine max*)混播研究结果表明,混播组合的生物产量均为最高。对禾本科牧草与豆科牧草混播的研究结果表明,混播牧草比单播禾本科牧草的产草量平均提高了26%<sup>[27]</sup>。本研究结果表明,拉巴豆套种行数越多青贮玉米产量越高,但因青贮玉米套种两行拉巴豆时粗灰分含量最高,而粗灰分含量过高饲料品质就会下降,因此套种拉巴豆的行数也不宜过多。

### 3.3 多行套种拉巴豆对青贮玉米营养品质的影响

禾本科牧草与豆科牧草混播,其营养较单播更丰富、全面,混播不但可以提高产量,还利于改善青贮品质<sup>[28]</sup>。研究结果表明,混播草地使禾本科牧草蛋白质含量增加<sup>[27]</sup>。柳茜等<sup>[29]</sup>的研究中青贮

玉米与拉巴豆混播比青贮玉米单播的粗蛋白含量提高了31.13%,而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维差异不大。粗纤维对牲畜来说是较难消化和利用的物质,粗纤维过多会影响牲畜的适口性,NDF和ADF是反映纤维质量好坏最有效的指标,ADF含量越低饲料的消化率越高,饲料的饲用价值也就越高<sup>[30]</sup>。禾本科黍属作物与4种豆科作物混播研究发现,混播作物与单播作物相比粗蛋白和粗灰分显著提高<sup>[31]</sup>。本研究中随着套种拉巴豆行数的增加,青贮玉米粗蛋白和粗灰分含量显著增高,而中性和酸性洗涤纤维含量与单播青贮玉米相比差异不大,与柳茜等的研究结论一致<sup>[29]</sup>。

植株生长过程中养分均衡并不等于养分足够,通过对植株养分进行分析从而指导田间施肥前人早已有研究<sup>[32]</sup>。在本研究中,套种两行拉巴豆青贮玉米质量优于其他处理下青贮玉米质量。套种两行拉巴豆时青贮玉米营养元素含量除Mg以外普遍呈现增大的趋势,在实际生产中对作物肥料施用量有重要的指导意义。

### 3.4 多行套种拉巴豆对青贮玉米经济收入的影响

本研究中青贮玉米的经济收入随着拉巴豆套种行数的增加呈显著增大趋势。贵州地区实施“粮改饲”项目帮扶活动,青贮玉米现行的市场商品价格0.53 CNY·kg<sup>-1</sup>(2017年7月),套种2行拉巴豆时,青贮玉米经济收入高达29 335.50 CNY·hm<sup>-2</sup>,与套种1行拉巴豆、单作青贮玉米相比可分别实现农民增收6 678.00和10 520.50 CNY·hm<sup>-2</sup>。青贮玉米套种2行拉巴豆较套种1行拉巴豆和不套种拉巴豆经济效益显著。

### 3.5 青贮玉米产量与各性状的变异

由于表型性状和基因型之间存在着基因表达、调控、个体发育等复杂的中间环节,从表型性状来检测遗传变异是最直接的方法,以农艺性状检测遗传变异其实是根据表型的差异来反映基因型的差异<sup>[33]</sup>。对青贮玉米产量和各性状进行变异分析,可以了解产量和各性状在个体间的差异程度,为进行高产优质青贮玉米的选育和品质性状的改良提供科学依据。本研究中共有16个性状指标,其中9个指标在不同套种处理后变异较大,因此在生产中可将这些性状作为调整作物播种密

度、提高产量等的指导性指标。

#### 4 结论

青贮玉米与拉巴豆套种改变了青贮玉米的农艺性状, 提高了青贮玉米的产量和品质, 增加了经济效益。青贮玉米与拉巴豆套种表现出较强的套

种优势, 且套种2行拉巴豆时, 青贮玉米产量、粗蛋白含量、经济效益最高。因此, 在生产中为提高产量, 增加套种优势, 宜采用青贮玉米与拉巴豆套种行数比为1:2模式。但是鉴于粗灰分含量在此处理下最高, 还需在今后的试验中对套种处理做进一步的研究。

#### 参考文献 References:

- [1] MAKEMBE N E T, NDLOVU L R. *Dolichos lablab* (*Lab lab purpureus* cv. 'Rongai') as supplementary feed to maize stover for indigenous female goats in Zimbabwe. *Small Ruminant Research*, 1996, 21(6): 31-36.
- [2] 杜勇利, 周涛, 杨欢, 刘婷, 官思成, 邓瑜川, 刘卫国, 杨文钰. 玉米/大豆套作体系中大豆茎秆生长过程模拟. *草业科学*, 2018, 35(3): 624-634.
- DU Y L, ZHOU T, YANG H, LIU T, GUAN S C, DENG Y C, LIU W G, YANG W Y. Dynamic simulation of the dry weight of soybean stems in intercropping systems. *Pratacultural Science*, 2018, 35(3): 624-634.
- [3] LI L, LI S M, SUN J H, ZHOU L L, BAO X G, ZHANG H G, ZHANG F S. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus-deficient soils. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 2007, 104(3): 111192-111196.
- [4] 韩玉竹, 张淑霞, 时安东, 杨成旭, 黄建国. 拉巴豆在不同土壤上的结瘤效应、饲用品质及养分吸收研究. *植物营养与肥料学报*, 2012, 18(4): 965-973.
- HAN Y Z, ZHANG S X, SHI A D, YANG C X, HUANG J G. Odulation effects, feeding quality and nutrient absorption of *Dolichos lablab* L. in different soils. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012, 18(4): 965-973.
- [5] 徐华勤, 崔国贤, 杨知建, 赵志力, 杨凤飞. 冬闲苕麻田套种牧草对杂草生物多样性的影响. *草业科学*, 2014, 31(1): 139-143.
- XU H Q, CUI G X, YANG Z J, ZHAO Z L, YANG F F. Effects of interplanting cold-reason grass on weeds biodiversity in ramie plantation in winter. *Pratacultural Science*, 2014, 31(1): 139-143.
- [6] 刘晨, 哈斯亚提·托逊江, 热沙来提汗·买买提, 万江春, 艾比布拉·伊马木. 香梨与牧草套种对产草量及土壤性状的影响. *江苏农业科学*, 2013, 41(8): 209-211.
- LIU C, Hasiyati·Tuoxunjiang, Reshalaitihan·Maimaiti, WAN J C, Aibibula·Yimamu. Effects of interplanting of fragrant pear and forage on grass yield and soil properties. *Journal of Jiangsu Agricultural Sciences*, 2013, 41(8): 209-211.
- [7] 刘景辉, 曾昭海, 焦立新, 胡跃高, 王莹, 李海. 不同青贮玉米品种与紫花苜蓿的间作效应. *作物学报*, 2006, 32(1): 125-130.
- LIU J H, ZENG Z H, JIAO L X, HU Y G, WANG Y, LI H. Intercropping of different silage maize cultivars and alfalfa. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(1): 125-130.
- [8] 李建刚, 王继和, 蒋志荣. 庄浪县林农和林草间作模式经济效益评价. *中国水土保持科学*, 2007, 5(4): 56-61.
- LI J G, WANG J H, JIANG Z R. Evaluation of economic benefits of the agro-forestry and grass-forestry system in Zhuanglang County. *Science of Soil and Water Conservation*, 2007, 5(4): 56-61.
- [9] 钟珍梅, 詹杰, 李振武, 应朝阳. 紫色土侵蚀区柑橘园套种印度豇豆对土壤水稳性团聚体的影响. *草业科学*, 2015, 32(12): 1940-1944.
- ZHONG Z H, YAN J, LI Z W, YING C Y. Effects of interplanting *Vigna sinensis* on soil water stable aggregate of *Citrus reticulata* orchard in purplish soil erosion region. *Pratacultural Science*, 2015, 32(12): 1940-1944.
- [10] AZIM A, KHAN A G, NADEEM M A. Influence of maize and cowpea intercropping on fodder production and characteristics of silage. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2000, 13(6): 781-784.
- [11] 张洪, 龚利娟. 玉米套种鱼腥草高效栽培技术. *四川农业科技*, 2015(9): 15-16.
- ZHANG H, GONG L J. Efficient cultivation technology of maize intercropped with *houltuynia cordata*. *Science and Technology of*

- Sichuan Agriculture*, 2015(9): 15-16.
- [12] 甘莉芳, 曾志勇, 刘艳琴. 地膜马铃薯套种玉米高产栽培技术. *广东农业科学*, 2008(8): 160.  
GAN L F, ZENG Z Y, LIU Y Q. Efficient cultivation technology of maize intercropping potato with plastic film. *Journal of Guangdong Agricultural Sciences*, 2008(8): 160.
- [13] 赵涛, 马春晖, 王栋, 景永元, 席琳乔. 冬小麦套种草木樨土壤中根瘤菌分布与土壤理化性质的相关性分析. *草业学报*, 2018, 27(4): 45-55.  
ZHAO T, MA C H, WANG D, JING Y Y, XI L Q. Correlation between rhizobia distribution and the physical/chemical properties in soil of winter wheat intercropped with sweet clover. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(4): 45-55.
- [14] 姬承东, 史卉玲, 周芸芸. 青贮玉米 SC704 与拉巴豆混播后的青贮品质测定. *安徽农业科学*, 2015, 43(26): 151-154.  
JI C D, SHI H L, ZHOU Y Y. Determination of silage quality of maize cultivar SC704 in the mixed sowing with *Dolichos lablab* L.. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(26): 151-154.
- [15] 朱亚琼, 郑伟, 王祥, 关正翮. 混播方式对禾豆混播草地植物根系构型特征的影响. *草业学报*, 2018, 27(1): 73-85.  
ZHU Y Q, ZHENG W, WANG X, GUAN Z X. Effects plant spacing pattern on root morphological and architectural characteristics of legume-grass mixtures. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(1): 73-85.
- [16] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983: 252-282.  
Agricultural Chemical Specialized Committee of China Soil Society. *Conventional analytical Methods for Soil Agrochemistry*. Beijing: Science Press, 1983: 252-282.
- [17] 王加启, 于建国, 吴克谦, 卢德勋, 刘建新, 侯先志, 孙荣鑫, 李英. 饲料中中性洗涤纤维 (NDF) 的测定: GB/T 20806-2006. 北京: 中国标准出版社, 2007.  
WANG J Q, YU J G, WU K Q, LU D Q, LIU J X, HOU X Z, SUN R X, LI Y. Determination of neutral detergent fiber (NDF) in feed: GB/T 20806-2006. Beijing: China Standard Press, 2007.
- [18] 孟凡凡, 王博, 刘宝泉, 高淑芹, 孟凡梅. 玉米-大豆带状间作下玉米品种产量和主要农艺性状比较分析. *作物杂志*, 2014(3): 101-105.  
MENG F F, WANG B, LIU B Q, GAO S Q, MENG F M. Comparative analysis of maize yield and main economical character under maize-soybean intercropping system. *Crops*, 2014(3): 101-105.
- [19] 刘永安, 潘彬荣, 岳高红, 梅喜雪, 许立奎, 张宗宸, 周志辉. 温州不同甜玉米/毛豆间作模式的农艺性状、产量与间作优势初探. *浙江农业科学*, 2016, 57(1): 13-16.  
LIU Y A, PAN B R, YUE G H, MEI X X, XU L K, ZHANG Z C, ZHOU Z H. Preliminary study on agronomic traits, yield and intercropping advantages of different sweet corn and soybean intercropping patterns in Wenzhou. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2016, 57(1): 13-16.
- [20] 李植, 秦向阳, 李美, 王建辉, 王晓光, 曹敏建. 间作与清种玉米农艺性状及产量的比较研究. *玉米科学*, 2011, 19(6): 91-94.  
LI Z, QIN X Y, LI M, WANG J H, WANG X G, CAO M J. Comparison on maize agronomic traits and yield of intercropping and monoculture. *Journal of Maize Sciences*, 2011, 19(6): 91-94.
- [21] 刘美华. 青贮玉米与拉巴豆混播营养价值及青贮品质研究. 阿拉尔: 塔里木大学硕士学位论文, 2014.  
LIU M H. The research on nutritional and silage value of intercropping corn with lablab bean. Master Thesis. Alar: Tarim University, 2014.
- [22] 侯慧芝, 张绪成, 汤瑛芳, 王红丽, 于显枫, 方彦杰, 马一凡. 半干旱区全膜覆盖垄沟种植马铃薯/蚕豆间作的产量和水分效应. *草业学报*, 2016, 25(6): 71-80.  
HOU H Z, ZHANG X C, TANG Y F, WANG H L, YU X F, FANG Y J, MA Y F. Effects of potato-fababean intercropping on crop productivity and soil water under a plastic mulch and ridge-furrow planting system in a semiarid area. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(6): 71-80.
- [23] 马子林. 马铃薯间作蚕豆的边行效应及增产机理. *湖北农业科学*, 2014, 53(10): 2254-2256, 2272.  
MA Z L. Marginal effects and mechanism of increasing yield of fava beans and potatoes intercropping system. *Hubei Agricultural*



- Sciences, 2014, 53(10): 2254-2256, 2272.
- [24] 孟维伟, 王旭清, 刘佳, 戴海英, 尹庆良, 张正. 玉米大豆间作对资源利用及产量、效益影响的研究进展. 山东农业科学, 2013, 45(3): 132-135.  
MENG W W, WANG X Q, LIU J, DAI H Y, YIN Q L, ZHANG Z. Research advances on resource utilization yield and economic benefit in maize-soybean intercropping system. Shandong Agricultural Sciences, 2013, 45(3): 132-135.
- [25] 苟芳, 张立祯, 董宛麟, 于洋, 邸万通, 赵沛义, 妥德宝, 潘学标. 农牧交错带不同间套作模式的土地生产力. 农业工程学报, 2013, 29: 129-141.  
GOU F, ZHANG L Z, DONG W L, YU Y, DI W T, ZHAO P Y, TUO D B, PAN X B. Productivity of strip intercropping systems in agro-pastoral ecotone. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29: 129-141.
- [26] 李晶, 李伟忠, 魏滢, 崔国文. 混播青贮玉米产量及品质性状研究. 黑龙江农业科学, 2005(6): 32-33.  
LI J, LI W Z, WEI S, CUI G W. Study on the effect of mixture sowing on yield and quality of silage maize. Journal of Heilongjiang Agricultural Sciences, 2005(6): 32-33.
- [27] 寇明科, 王安禄, 徐占文, 卓玛加, 马玉明. 高寒牧区当年生人工混播草地建植试验. 草业科学, 2003, 20(5): 6-10.  
KOU M K, WANG A L, XU Z W, ZHUO M J, MA Y M. Planting experiment of artificial mixed grassland in the alpine pastoral area. Pratacultural Science, 2003, 20(5): 6-10.
- [28] 李洪影, 高飞, 刘昭明, 崔国文. 青贮玉米不同混播方式对饲料作物产量和品质的影响. 草地学报, 2011, 19(5): 825-829.  
LI H Y, GAO F, LIU Z M, CUI G W. Effects of different mixture sowing on yield and quality of forage crop. Acta Agrestia Sinica, 2011, 19(5): 825-829.
- [29] 柳茜, 傅平, 苏茂, 刘晓波, 何春, 孙启忠. 青贮玉米与拉巴豆混播生产性能研究. 草业与畜牧, 2015(5): 22-24.  
LIU Q, FU P, SU M, LIU X B, HE C, SUN Q Z. Study on the production performance of silage maize mixed with *Dolichos lablab* L.. Prataculture & Animal Husbandry, 2015(5): 22-24.
- [30] 柳茜, 傅平, 姚明久, 高凤芹, 刘晓波, 孙启忠. 玉米与拉巴豆混合青贮的品质研究. 四川畜牧兽医, 2015(5): 21-23.  
LIU Q, FU P, YAO M J, GAO F Q, LIU X B, SUN Q Z. Study on the silage quality of mixture of maize and *Dolichos lablab*. Sichuan Animal & Veterinary Sciences, 2015(5): 21-23.
- [31] AJAYI F T, BABAYEMI O J, TAIWO A A. Mineral solubility of *Panicum maximum* with fourher baceous forage legume mixtures in cubate dinterumen of N'Dama steers. Animal Science Journal, 2009, 80(3): 250-257.
- [32] KITCHEN H B. Diagonstic Techniques for Soils and Crops. Washongton: The American Potash Institute, 1948.
- [33] 张贤, 王建红, 曹凯, 王松涛. 紫云英的农艺性状变异. 草业科学, 2013, 30(8): 1240-1245.  
ZHANG X, WANG J H, CAO K, WANG S T. Variation of economical character in astragalus smicus. Pratacultural Science, 2013, 30(8): 1240-1245.

(责任编辑 王芳)