



## 不同饲用大豆品种(系)生产性能的综合评价

索荣臻<sup>1,2</sup>, 王明玖<sup>1,2</sup>, 赵天启<sup>1,2</sup>, 杜雨芊<sup>1,2</sup>, 刘嘉伟<sup>1,2</sup>, 曹克璠<sup>1,2</sup>

(1. 内蒙古农业大学 草原与资源环境学院/草地资源教育部重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010021; 2. 内蒙古农业大学 农业部饲草栽培、加工与高效利用重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010021)

**摘要:**为筛选出适宜在通辽地区种植的优质饲用大豆,以6个野生大豆与栽培大豆杂交后代品种(系)为研究对象,通过对其产量和品质的研究进行生产性能的综合评价。结果表明:饲用大豆的鲜草产量、干草产量、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量受到收获时期和品种交互作用的影响。以这5个指标为基础,通过主成分分析从中提取出2个主成分,累积贡献率达82.56%。以鲜草产量和粗蛋白含量作为有效评价指标,采用模糊数学隶属函数法对不同时期收获的饲用大豆进行综合评价。评价结果为:饲用大豆的最适收获期为结荚初期,此时生产性能最佳;S001草实兼用杂交野大豆是6个饲用大豆中生产性能最好的品种,适合在通辽地区推广种植。

**关键词:**饲用大豆;生产性能;综合评价;主成分分析;隶属函数法

## Comprehensive Evaluation of the Production Performance of Different Forage Soybean Varieties (Lines)

SUO Rong-zhen<sup>1,2</sup>, WANG Ming-jiu<sup>1,2</sup>, ZHAO Tian-qi<sup>1,2</sup>, DU Yu-qian<sup>1,2</sup>, LIU Jia-wei<sup>1,2</sup>, CAO Ke-fan<sup>1,2</sup>

(1. College of Grassland Resource and Environment, Inner Mongolia Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Resource of Ministry of Education, Hohhot 010021, China; 2. Key Laboratory of Forage Cultivation, Processing and High Efficient Utilization of Ministry of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010021, China)

**Abstract:** In order to select high-quality forage soybeans suitable for planting in Tongliao, we took 6 varieties (strains) from *Glycine soja* × *Glycine max* cross as the research objects. The comprehensive evaluation of its production performance was conducted through the study on the yield and quality. The results showed that the fresh grass yield, hay yield, crude protein, crude fat and crude ash content of forage soybeans were affected by harvest periods and varieties. Two principal components were extracted from the five indexes by principal component analysis, and the cumulative contribution rate reached 82.56%. The fresh grass yield and crude protein content were used as effective evaluation indexes, and the fuzzy mathematical membership function method was used to evaluate forage soybeans harvested at different stages. The evaluation results were as follows: The optimal harvest period of forage soybean was the early pod formation period. Forage soybean S001 was the variety with the best production performance, suitable for planting in Tongliao Area.

**Keywords:** Forage soybean; Production performance; Comprehensive evaluation; Principal component analysis; Membership function method

随着畜牧业的高速发展,我国饲草中蛋白质含量不足问题渐渐凸显,成为制约草地畜牧业高效发展的首要因素<sup>[1]</sup>。野生大豆(*Glycine soja*)作为一种品质优良、蛋白质含量高、抗性强的野生种质资源,其蛋白质含量与饲用苜蓿草粉相当甚至更高<sup>[2-3]</sup>,但因其植株缠绕性极强、茎秆柔软不直立,给田间栽培管理造成困难,一直未得到有效利用<sup>[4]</sup>。所以可以利用栽培大豆(*Glycine max*)与野生大豆杂交来改善其不易栽培的特性。

高产、优质是饲用大豆长期以来的育种目标,

鲜草产量和干草产量可判断牧草是否高产,而牧草是否优质与多个指标有关。粗蛋白作为家畜不可缺少的营养物质,其含量越高代表牧草品质越高<sup>[5]</sup>;中性洗涤纤维含量直接影响家畜采食率,其含量高则适口性差<sup>[6]</sup>;酸性洗涤纤维含量影响家畜对牧草的消化率,与养分消化率呈负相关<sup>[7]</sup>;脂肪由于具有芳香气味,能够吸引家畜采食,一定程度上影响牧草的适口性;粗灰分代表牧草中的矿物质含量的多少,在一定范围内含量越高,牧草品质越好<sup>[8]</sup>;粗纤维含量越高,牧草品质越低<sup>[9]</sup>。

收稿日期:2019-11-27

基金项目:内蒙古农业大学动植物新品种选育专项(YZGC2017010);国家重点研发计划(2016YFC0500605)。

第一作者简介:索荣臻(1994-),女,博士,主要从事牧草种质资源研究与创新研究。E-mail:suorongz@163.com。

通讯作者:王明玖(1961-),男,博士,教授,博导,主要从事草地资源管理和草地生态学研究。E-mail:wangmj\_0540@163.com。

如何从栽培大豆与野生大豆杂交后代中选育出符合预期目标的新品种,鉴定与评价是其中重要的一环。单项属性突出的品种并不意味着是最适宜的品种,只有综合性状优异的品种才具有推广应用价值。目前,对饲用大豆的评价尚未有统一的标准,仅依靠某一个指标对其进行评价尚不能完全反映其表现。研究证明,主成分分析与模糊隶属函数法相结合是进行综合评价的有效方法,李帅等<sup>[10]</sup>对 30 个玉米杂交组合进行评价,鉴定出 12 个综合指数优秀的组合,Qi 等<sup>[11]</sup>对来源不同的 34 种菠菜进行评价,并明确了最适宜在当地推广的品种。

豆科饲草的收获时间一般是根据其生长阶段来划分的,即现蕾期、初花期、盛花期、结荚期等。收获时间是决定其产量和质量的关键,有研究表明,豆科饲草的营养价值会随其生长而下降,干草产量会随着其生长增加<sup>[12-13]</sup>,因此在饲用大豆营养价值最丰富且产草量最高的时期进行刈割,对于生产品质与产量兼优的大豆鲜草和干草有着极其重要的意义。经多年前期试验,确认饲用大豆在盛花期和结荚初期营养价值和产草量都较高,适宜进行刈割。盛花期的营养价值较高,产草量较低;结荚初期营养价值有所下降,产草量升高。2 个时期中哪个时期收获的饲用大豆综合生产性能最好一直未有定论。所以本研究以 6 个易于栽培的野生大豆与栽培大豆杂交后代品种(系)为研究对象,以主成分分析与模糊隶属函数法为基础对其盛花期及结荚初期的生产性能进行综合评价,以期为后续筛选出生产性能良好适于在通辽地区推广种植的饲用大豆以及为明确其最适收获时期提供指导及理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于通辽市科尔沁左翼后旗查金台牧场,地处 43°38'N,122°15'E。该地属温带大陆性季风气候,春秋干旱,夏季多雨,占全年降雨总量的 90%,年平均降雨量为 400 mm 左右,蒸发量大。年平均气温为 5.8 ~ 5.9 ℃,无霜期为 138 ~ 148 d 左右。

1.2 材料

供试材料是由从内蒙古通辽地区草甸上采集的同种原生野生大豆与当地栽培大豆大白眉进行人工杂交后经多年选育所形成的性状稳定的 6 个品种(系),详见表 1。

表 1 供试材料  
Table 1 Test materials

品种(系) Variety( Line)	编号 Code
S001 草实兼用杂交野大豆 Hybrid forage soybean S001	S001
内农 S002 饲用大豆 Hybrid forage soybean S002	S002
蒙农 S003 饲用大豆 Hybrid forage soybean S003	S003
蒙农 S004 饲用大豆 Hybrid forage soybean S004	S004
3-2-1 黑豆 3-2-1 Black beans	S005
3-2-1 棕黑 3-2-1 Brown black beans	S006

1.3 试验设计

于 2018 年 5 月上旬播种,播种前对试验区土地进行旋耕、耙平、起垄。于播种前 2 d 灌水浸湿土壤。播种时施用氮、磷、钾复合肥 150 kg·hm<sup>-2</sup>。试验区采用滴灌,适时浇水。小区面积 20 m<sup>2</sup>(4 m×5 m),种植株距 30 cm,行距 60 cm,覆土厚度 2 ~ 5 cm,每品种(系)3 次重复,随机排列。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量测定 于盛花期与结荚初期(盛花期以 80% 的植株开花计,结荚初期以 20% 植株结荚计)刈割小区 1/2 面积的植株,称重得鲜草产量,折算为公顷产量;自然风干后,称重得干草产量,折算为公顷产量。

1.4.2 营养指标测定 于盛花期与结荚初期随机选取 5 个植株,将样品放入烘箱内 105 ℃杀青 30 min,在 65 ℃条件下烘干至恒重后采用凯氏定氮法<sup>[14]</sup>测定粗蛋白质(CP)含量;采用 FOSS Fibertec 2010 全自动纤维分析系统测定粗纤维(CF);采用滤袋法<sup>[15-16]</sup>测定酸性洗涤纤维(ADF)和中性洗涤纤维(NDF)含量;采用索氏提取法<sup>[17]</sup>测定粗脂肪(EE)含量;采用 550 ℃灼烧法<sup>[18]</sup>测定粗灰分(Ash)含量。

1.4.3 综合指数计算 利用隶属函数法对饲用大豆的产量及营养品质进行综合评价,以综合评价指数 D 值为依据进行排序,D 值越大代表综合性状越好,隶属函数、权重及 D 值的计算公式如下:

正向指标隶属函数值<sup>[19]</sup>:  $U(x_i) = \frac{(x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, i = 1, 2, \dots, n。$

负向指标隶属函数值<sup>[19]</sup>:  $U(x_i) = 1 - \frac{(x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, i = 1, 2, \dots, n。$

$X_i$  为第  $i$  个指标值; $X_{\min}$  为某品种(系)第  $i$  个综合指标的最小值; $X_{\max}$  为第  $i$  个综合指标的最大值; $U(X_i)$  为第  $i$  个综合指标的隶属函数值。

权重<sup>[15]</sup>:  $W_i = P_i / \sum_{i=1}^n |P_i|, i = 1, 2, \dots, n。$

其中,  $W_i$  代表第  $i$  个综合指标在所有综合指标中的重要程度即权重;  $P_i$  表示第  $i$  个综合指标的贡献率。

综合评价指数  $D$  值<sup>[20]</sup>:  $D = \sum_{i=1}^n [U(x_i) \times W_i], i = 1, 2, \dots, n$ 。

1.5 数据分析

利用 Excel 2013 和 SPSS 21.0 软件进行双因素方差分析、单因素方差分析、Pearson 相关分析、主成分分析和隶属函数分析。

2 结果与分析

2.1 饲用大豆的产量分析

2.1.1 不同品种在不同收获时期的产量分析 由

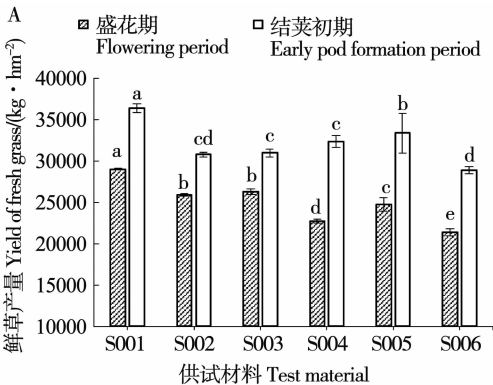
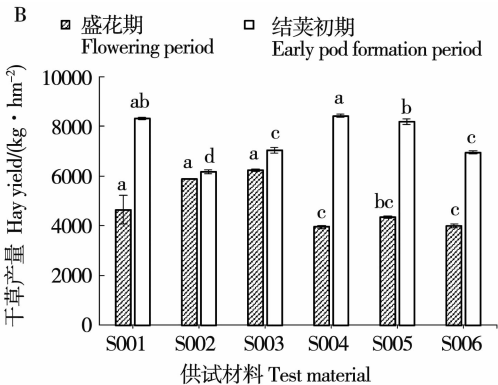


图 1 可知,在盛花期, S001 草实兼用杂交野大豆的鲜草产量最高,显著高于其它饲用大豆,3-2-1 棕黑的鲜草产量最低;蒙农 S003 饲用大豆的干草产量最高,蒙农 S004 饲用大豆的干草产量最低。结荚初期, S001 草实兼用杂交野大豆的鲜草产量最高,显著高于其它饲用大豆, 3-2-1 棕黑的鲜草产量最低;蒙农 S004 饲用大豆的干草产量最高,内蒙 S002 饲用大豆的干草产量最低。由于不同饲用大豆的干湿比不同,所以干草产量与鲜草产量的大小并非一一对应。6 个饲用大豆结荚初期鲜草产量和干草产量均较盛花期高。



A: 鲜草产量; B: 干草产量。  
A: Yield of fresh grass; B: Hay yield.

图 1 不同收获时期对饲用大豆产量的影响

Fig. 1 The influence of different harvest stages on the yield of forage soybean

2.1.2 品种及收获时期对产量的影响 由表 2 可知,收获时期对饲用大豆鲜草产量及干草产量的影响达到极显著水平 ( $F = 677.34, P < 0.01$ ;  $F = 1\,944.94, P < 0.01$ ),说明不同时期收获的饲用大豆鲜草产量和干草产量均有差异。品种(系)的不同对其影响也达到极显著水平 ( $F = 54.21, P < 0.01$ ;  $F = 30.49, P < 0.01$ ),且两者交互效应显著 ( $F = 8.95, P < 0.01$ ;  $F = 134.96, P < 0.01$ )。

表 2 品种及收获时期与产量的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of varieties, harvest stage and yield

差异源 Source of difference	鲜草产量	干草产量
	Yield of fresh yield	Hay yield
收获时期 Harvest period	677.34 **	1 944.94 **
品种(系) Strains( Line)	54.21 **	30.49 **
收获时期 × 品种(系)	8.95 **	134.96 **
Harvest period × Strains( Line)		

\*\* 表示  $P < 0.01$  水平显著相关。  
\*\* stand for significant difference at  $P < 0.01$  level.

2.2 饲用大豆的营养指标分析

2.2.1 不同品种在不同收获时期的营养指标分析

由表 3 可知,盛花期,蒙农 S004 饲用大豆、S001 草食兼用杂交野大豆、3-2-1 黑豆和 3-2-1 棕黑的粗蛋白含量较高,蒙农 S003 饲用大豆的粗蛋白含量最低,显著低于其它品种 ( $P < 0.05$ );3-2-1 黑豆的粗脂肪含量最高,显著高于其它品种 ( $P < 0.05$ );蒙农 S004 饲用大豆和 3-2-1 黑豆的粗灰分含量较高,显著高于其它品种 ( $P < 0.05$ );内蒙 S002 饲用大豆的粗纤维含量最高,3-2-1 黑豆的粗纤维含量最低;供试材料的中性洗涤纤维与酸性洗涤纤维无显著差异。

结荚初期,蒙农 S003 饲用大豆的粗脂肪含量最高,S001 草实兼用杂交野大豆的粗脂肪含量最低;蒙农 S004 饲用大豆的粗灰分含量最高,蒙农 S003 饲用大豆的粗灰分含量最低;所有供试材料的粗蛋白含量、粗纤维含量、中性洗涤纤维与酸性洗涤纤维无显著差异。

结荚初期,除内蒙 S002 饲用大豆及蒙农 S003

饲用大豆外,其它饲用大豆的粗蛋白含量均比盛花期低;各品种粗脂肪含量变化不一,内农 S002 饲用大豆、蒙农 S003 饲用大豆、3-2-1 棕黑与盛花期相比升高;除内农 S002 饲用大豆及蒙农 S003 饲用大豆外,其它饲用大豆的粗灰分含量均比盛花期低;S001 草食兼用杂交野大豆、蒙农 S004 饲用大豆和 3-2-1

黑豆的粗纤维含量较盛花期升高;除 S001 草食兼用杂交野大豆外,其它饲用大豆的酸性洗涤纤维均较盛花期降低;S001 草食兼用杂交野大豆和蒙农 S004 饲用大豆的中性洗涤纤维较盛花期升高,其它饲用大豆均较盛花期降低。

表 3 不同收获时期饲用大豆营养指标

Table 3 Nutritional indexes of forage soybean harvested at different stages

( % )

	供试材料 Test material	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash	粗纤维 CF	酸性洗涤纤维 ADF	中性洗涤纤维 NDF
盛花期	S001	23.10 ± 1.02 a	4.79 ± 0.11 b	10.06 ± 0.15 b	23.48 ± 1.75 b	29.07 ± 1.57 a	33.95 ± 1.74 a
Flowering period	S002	17.78 ± 1.54 b	4.69 ± 0.16 b	9.92 ± 0.15 b	29.80 ± 1.84 a	33.56 ± 2.41 a	36.54 ± 3.67 a
	S003	14.30 ± 0.87 c	4.85 ± 0.12 b	8.41 ± 0.27 c	26.03 ± 1.03 ab	31.22 ± 0.62 a	34.75 ± 1.12 a
	S004	23.23 ± 0.82 a	5.07 ± 0.12 ab	12.37 ± 0.18 a	23.29 ± 0.45 b	29.32 ± 0.66 a	31.18 ± 0.78 a
	S005	23.02 ± 1.25 a	5.43 ± 0.17 a	12.22 ± 0.87 a	21.54 ± 2.43 b	29.32 ± 1.11 a	32.01 ± 1.56 a
	S006	21.24 ± 0.68 a	4.59 ± 0.22 b	10.85 ± 0.31 b	28.67 ± 1.13 a	32.76 ± 1.35 a	36.59 ± 1.54 a
	S001	19.45 ± 1.84 a	4.23 ± 0.23 ab	8.71 ± 0.06 b	27.34 ± 4.21 a	31.93 ± 4.38 a	36.52 ± 4.84 a
结荚初期	S002	23.56 ± 1.23 a	4.93 ± 0.07 a	9.92 ± 0.28 a	21.92 ± 2.94 a	27.60 ± 2.24 a	31.82 ± 3.38 a
	S003	21.18 ± 0.88 a	5.18 ± 0.09 a	8.98 ± 0.10 b	24.92 ± 0.82 a	29.97 ± 0.81 a	33.74 ± 1.03 a
	S004	20.05 ± 1.52 a	4.81 ± 0.14 a	10.25 ± 0.16 a	25.29 ± 2.82 a	29.09 ± 2.17 a	34.46 ± 1.94 a
	S005	18.78 ± 2.05 a	4.66 ± 0.22 ab	9.06 ± 0.22 b	22.01 ± 2.48 a	26.60 ± 2.44 a	29.74 ± 3.81 a
	S006	20.36 ± 2.43 a	4.82 ± 0.20 a	9.81 ± 0.26 a	23.12 ± 1.85 a	27.09 ± 0.94 a	31.62 ± 1.92 a

不同小写字母表示不同处理间在  $P < 0.05$  水平存在显著差异。  
Different lowcase mean significant difference between treatments at  $P < 0.05$  level.

2.2.2 品种及收获时期对营养指标的影响 由表 4 可知,收获时期对粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、酸性洗涤纤维及中性洗涤纤维并没有显著影响,对粗灰分有极显著影响 ( $F = 40.41, P < 0.01$ );品种(系)的不同对粗蛋白、粗纤维、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维没有显著影响,对粗脂肪含量和粗灰分有显著

和极显著影响 ( $F = 3.13, P < 0.05; F = 16.57, P < 0.01$ )。收获时期及品种(系)的交互作用对粗蛋白、粗脂肪及粗灰分均有极显著影响 ( $F = 5.90, P < 0.01; F = 4.10, P < 0.01; F = 8.92, P < 0.01$ ),二者的交互作用对粗纤维、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维并无显著影响。

表 4 品种及收获时期与营养指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of varieties, harvest time and nutritional indicators

差异源 Source of difference	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash	粗纤维 CF	酸性洗涤纤维 ADF	中性洗涤纤维 NDF
收获时期 Harvest period	0.02	1.99	40.41 **	1.13	3.46	0.63
品种(系) Variety( Line)	1.88	3.13 *	16.57 **	1.01	0.54	0.69
收获时期 × 品种(系) Harvest period × Variety( Line)	5.90 **	4.10 **	8.92 **	2.06	1.40	0.92

\* 代表  $P < 0.05$ ; \*\* 代表  $P < 0.01$ 。  
\* stand for  $P < 0.05$ ; \*\* stand for  $P < 0.05$ .

2.3 产量及营养指标的相关性分析

由表5可知,饲用大豆鲜草产量与干草产量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与粗蛋白含量、粗脂肪含量等营养指标均为负相关关系,未达到显著水平,所以在育种过程中,不能一味追求高产,要与营养品质相平衡,实现效益最大化。饲用大豆粗蛋白含

量与粗灰分含量呈显著正相关( $P<0.05$ ),与粗纤维、中性洗涤纤维以及酸性洗涤纤维均为负相关关系;粗脂肪与粗灰分呈正相关,与粗纤维、中性洗涤纤维以及酸性洗涤纤维为负相关关系;粗纤维与中性洗涤纤维以及酸性洗涤纤维呈极显著正相关( $P<0.01$ )。

表5 产量与营养指标的相关性分析  
Table 5 Correlation coefficients among yield and nutrition index

	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash	粗纤维 CF	酸性洗涤纤维 ADF	中性洗涤纤维 NDF	鲜草产量 Yield of fresh yield	干草产量 Hay Yield
粗蛋白 CP	1.00							
粗脂肪 EE	0.40	1.00						
粗灰分 Ash	0.66 *	0.53	1.00					
粗纤维 CF	-0.50	-0.57	-0.27	1.00				
酸性洗涤纤维 ADF	-0.36	-0.33	-0.06	0.91 **	1.00			
中性洗涤纤维 NDF	-0.36	-0.50	-0.26	0.91 **	0.90 **	1.00		
鲜草产量 Yield of fresh yield	-0.14	-0.41	-0.66	-0.16	-0.34	-0.07	1.00	
干草产量 Hay Yield	-0.44	-0.43	-0.71	0.02	-0.25	-0.01	0.89 **	1.00

\* 代表在  $P<0.05$  水平下显著相关; \*\* 代表在  $P<0.01$  水平下显著相关。  
\* represent significant relationship at the  $P<0.05$  level; \*\* represent significant relationship at the  $P<0.01$  level.

2.4 产量与营养指标的主成分分析

根据双因素方差分析结果,收获期及品种的交互作用对鲜草产量、干草产量、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量的影响达到显著水平,所以选取这5个指标进行主成分分析(表6),根据累积贡献率 $\geq 80\%$ 的原则提取主成分,本研究提取了2个主成分,累计贡献率达82.56%,信息损失量为17.44%,可有效代表5个指标涵盖的信息。

根据进一步规格化特征向量结果(表7),综合主成分分析和各指标相关性分析结果,2个主成分中根据特征值向量的大小,第一个主成分系数最大的是鲜草产量因子,第二个主成分系数最大的是粗蛋白因子。

表6 主成分提取分析  
Table 6 Principal component extraction and analysis

主成分 Principal component	初始特征值 Initial eigen value	方差贡献率 Variance contribution rate/%	累计贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	3.16	63.22	63.22
2	0.97	19.34	82.56

表7 各因子载荷矩阵  
Table 7 Loading matrix of each component

指标 Index	主成分 Principal component	
	1	2
鲜草产量 Yield of fresh yield	0.99	-0.10
干草产量 Hay Yield	0.88	-0.35
粗蛋白 CP	-0.04	0.94
粗灰分 Ash	-0.60	0.70
粗蛋白 EE	-0.37	0.62

2.5 综合指标权重确定及供试材料综合评价

采用模糊数学隶属函数法进行数据分析,根据各指标贡献率大小(分别为63.22%和19.34%)利用公式(3)求出其权重分别为0.77和0.23,采用公式(4)计算每个材料的综合性评价指标D值,并对其综合性强弱进行排序。结果如表8所示,于结荚初期收获的饲用大豆的综合指数普遍优于盛花期,说明结荚初期收获的饲用大豆综合生产性能更好。在结荚初期和盛花期,6个饲用大豆的综合排序均为S001>S005>S002>S004>S003>S006,说明无论哪个生育时期进行收获,都是S001草实兼用杂交野大豆的综合生产性能最好,3-2-1棕黑的综合生产性能最差。

表 8 主成分分析得分和隶属函数值

Table 8 Principal component analysis scores and membership function values

供试材料 Test material	PC1	PC2	U( x <sub>1</sub> )	U( x <sub>2</sub> )	D value	排序 Sort
FS001	- 0. 03	0. 58	0. 51	0. 95	0. 61	6
FS002	- 0. 71	- 1. 04	0. 30	0. 38	0. 32	9
FS003	- 0. 83	- 2. 07	0. 33	0. 00	0. 25	11
FS004	- 1. 23	1. 05	0. 09	0. 96	0. 29	10
FS005	- 0. 88	1. 48	0. 22	0. 94	0. 39	8
FS006	- 1. 46	- 0. 40	0. 00	0. 75	0. 17	12
PS001	1. 56	- 0. 67	1. 00	0. 56	0. 90	1
PS002	0. 64	0. 96	0. 62	1. 00	0. 71	3
PS003	0. 69	0. 45	0. 64	0. 74	0. 66	5
PS004	0. 98	0. 21	0. 73	0. 62	0. 70	4
PS005	1. 02	- 0. 49	0. 80	0. 48	0. 73	2
PS006	0. 24	- 0. 06	0. 50	0. 65	0. 53	7
权重 Weight coefficient			0. 77	0. 23		

F:盛花期;P:结荚初期。

F: Flowering period; P: Early pod formation period.

3 讨 论

较高的生物产量和良好的营养品质是优良饲用大豆育种的最终目的。评价饲用大豆产量及营养品质的指标有很多,每种指标的衡量标准不同但又相互关联,仅凭单一指标很难准确评价饲用大豆的优劣,所以需要 对产量和营养指标进行综合评价。本研究采用主成分分析法提取出鲜草产量和粗蛋白含量 2 个因子作为评价饲用大豆生产性能的依据,与包健<sup>[21]</sup>对苜蓿的综合评价使用的评价指标有所不同。本研究中饲用大豆的中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维并无显著差异,所以不能作为有效的判断依据,而干草产量与鲜草产量有极显著正相关关系,所以不同研究中不同的评价指标并不影响具体的评价结果。评价指标确定后计算各因子权重,再利用隶属函数法对不同时期收获的饲用大豆进行综合性状排序,筛选出表现最优的饲用大豆。本研究筛选出的评价依据与试验预期和育种目标相符,方法合理、无人为因素限制,能较全面地反映品种综合生产性能的优劣。

在生产实践中,除饲用大豆本身特性外,收获时期对产量和品质影响也较大,若收获过早,会导

致生物产量降低,收获过晚,则会导致营养价值偏低<sup>[22]</sup>。因此适时收获是获取饲用大豆最大产量和营养价值最高的关键。通过多年饲用大豆种植经验<sup>[23]</sup>,选出 2 个产量和营养品质均较好的盛花期和结荚初期进行取样调查。对 2 个时期收获的饲用大豆进行综合评价,结果表明,在结荚初期收获的饲用大豆综合生产性能优于盛花期。无论在结荚初期还是盛花期,6 个饲用大豆的综合排序均相同,具体表现为 S001 草实兼用杂交野大豆的综合生产性能最好,品系 3-2-1 棕黑的综合生产性能最差。

值得注意的是,内农 S002 饲用大豆和蒙农 S003 饲用大豆结荚初期收获的产量与粗蛋白含量与盛花期相比均升高,而其余 4 个饲用大豆符合收获期推迟产量升高但粗蛋白含量降低的规律,这与 Hoffman<sup>[24]</sup>等和 Buxton 等<sup>[25]</sup>报道的苜蓿、红三叶和百脉根 3 种豆科草含量随成熟度增加呈下降趋势,盛花期时全株草含量最高的研究结论不同,但与翟桂玉<sup>[26]</sup>报道的一年生野生大豆全株饲草粗蛋白含量在结荚期会出现恢复性增加,达到新的峰值结论相似。所以一年生的饲用大豆与多年生豆科牧草的粗蛋白含量变化趋势并不相同。内农 S002 饲用大豆及蒙农 S003 饲用大豆的生长习性为半蔓生,与

野生大豆相似会缠绕生长,且形态特征多偏向于野生大豆,而其它材料为半直立,形态特征多偏向于栽培大豆。同时大豆干草蛋白质多集中在叶片中,叶片对大豆干草蛋白质含量影响较大。在生长发育过程中,半蔓生材料相较于半直立材料发育缓慢,在盛花期到结荚初期时,半直立材料叶面积的增长已趋于平缓,生物量的积累多依靠株高及茎粗的变化。所以半直立大豆的营养品质降低,而半蔓生的大豆由于叶面积依旧在增长,且有荚的补偿效果,所以在产量提升的同时营养品质并未降低。

4 结 论

本研究表明,饲用大豆的鲜草产量、干草产量、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量受到收获时期和品种交互作用的影响,以这5个指标为基础,提取出2个主成分,确定以鲜草产量和粗蛋白含量为依据对不同时期收获的饲用大豆进行综合评价,结果显示:饲用大豆的最适收获期为结荚初期,此时生产性能最佳;S001 草实兼用杂交野大豆是6个饲用大豆中生产性能最好的品种,适合在通辽地区推广种植。

参考文献

[1] 周博,翟印礼. 粮食安全背景下我国饲料用粮消费现状及保障措施[J]. 黑龙江畜牧兽医,2015,20(10):25-27. (Zhou B, Zhai Y L. China's feed consumption status and safeguard measures in the context of food security[J]. Animal Science and Veterinary Medicine of Heilongjiang,2015,20(10):25-27. )

[2] 周芬,陈胜,李杨. 安徽地区野生大豆饲用价值研究[J]. 畜牧与饲料科学,2013,34(11):30-32,68. (Zhou F, Chen S, Li Y. Study on the feeding value of wild soybeans in Anhui[J]. Animal Husbandry and Feed Science,2013,34(11):30-32,68. )

[3] 吴立新. 新型饲料源——野大豆[J]. 养殖技术顾问,2005(9):18-19. (Wu L X. New feed source-wild soybean[J]. Technical Advisor for Animal Ausbandry,2005(9):18-19. )

[4] 贾振伟. 野大豆栽培特性的研究[D]. 南京:南京农业大学,2005:20-30. (Jia Z W. Study on the cultivation characteristics of wild soybean[D]. Nanjing:Nanjing Agricultural University,2005:20-30. )

[5] 李富娟,王永雄. 苜蓿蛋白质及影响苜蓿粗蛋白含量的主要因素[J]. 四川草原,2006,23(2):6-9. (Li F J, Yu Y X. Alfalfa protein and main factors affecting its crude protein content[J]. Grassland of Sichuan,2006,23(2):6-9. )

[6] 毕玉芬,李季蓉,车伟光,等. 弱秋眠性紫花苜蓿饲用潜力的研究[J]. 云南农业大学学报,2005,20(2):252-257. (Bi Y F, Li J R, Che W G. Studies on nutrition value of less fall dormancy alfalfa[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2005, 20(2):252-257. )

[7] 刘国彬,杨小寅. 牧草最佳利用期的探讨[J]. 中国草原,1988,10(1):27-32. (Liu G B, Yang X Y. Discussion on the best utilization period of pasture[J]. Grassland of China,1988,10(1):27-32. )

[8] 朱兴运,于锋,余玲,等. 红豆草和紫花苜蓿营养价值研究总结[J]. 中国草业科学,1988,5(3):31-35,61. (Zhu X Y, Yu F, Yu L, et al. Research summary of nutritional value of red bean grass and alfalfa[J]. Chinese Grassland Science,1988,5(3):31-35,61. )

[9] 刘玉华. 不同苜蓿(*Medicago Sativa*)品种品质特性的分析及评价[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2003. (Liu Y H. Analysis and evaluation on quality characteristics of different alfalfa (*Medicago Sativa*) varieties[D]. Xianyang:Northwest Agriculture and Forestry Science and Technology University,2003. )

[10] 李帅,刘长华,曹士亮,等. 30个玉米杂交组合主要农艺性状鉴定与综合评价研究[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2019,36(6):703-712. (Li S, Liu C H, Cao S G, et al. Identification and comprehensive evaluation of main agronomic characters in 30 maize hybrid combinations[J]. Journal of Natural Science of Heilongjiang University,2019,36(6):703-712. )

[11] Qi M, Chen H, Tang X, et al. Analysis and assessment on nutritional quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.) varieties from different sources[J]. China Vegetables, 2009,20(22):20-27.

[12] 贾玉山,孙磊,葛根图,等. 苜蓿收获期研究现状[J]. 中国草地学报,2015,37(6):91-96. (Jia Y S, Sun L, Ge G T, et al. Research status of alfalfa harvest time[J]. Chinese Journal of Grassland,2015,37(6):91-96.

[13] 李宝,姜树珍. 苜蓿草产业发展中需解决的问题[J]. 农业技术与装备,2014,11(22):66-68,71. (Li B, Jiang S Z. Problems to be solved in the development of alfalfa industry [J]. Agricultural Technology and Equipment,2014,11(22):66-68,71. )

[14] 范志影,刘庆生,张萍,等. 用凯氏法和杜马斯法测定植物样品中的全氮[J]. 现代科学仪器,2007,22(1):46-47. (Fan Z Y, Liu Q S, Zhang P, et al. Comparison of the Kjeldahl method and the Dumas method for total nitrogen determination in grasses[J]. Modern Scientific Instruments,2007,22(1):46-47. )

[15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定:GB/T20806-2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006. (General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of neutral detergent fiber in feedstuffs:GB/T20806-2006[S]. Beijing: China Standards Press, 2006. )

[16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 饲料中酸性洗涤纤维的测定:NY/T1459-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2008. (General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of acid detergent fiber in feedstuff (ADF):NY/T1459-2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2008. )

[17] 李良,刘玉萍. 饲料中粗脂肪的快速测定[J]. 饲料工业,2002,23(7):35-36. (Li L, Liu Y P. Rapid determination of crude fat in feed [J]. Feed Industry,2002,23(7):35-36. )



[18] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局. 饲料中粗灰分的测定: GB/T 6438-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. (General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Animal feeding stuffs-Determination of crude ash;GB/T 6438-2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.)

[19] 陈小凤,黄如葵,梁家作,等. 基于主成分分析和模糊评价法的苦瓜耐冷性综合鉴定与评价[J]. 南方农业学报,2016,47(5): 677-681. (Chen X F, Huang R K, Liang J Z, et al. Comprehensive identification and evaluation of bitter melon cold tolerance based on principal component analysis and fuzzy evaluation method[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47 (5): 677-681.)

[20] 郑金凤,米少艳,婧姣姣,等. 小麦代换系耐低磷生理性状的主成分分析及综合评价[J]. 中国农业科学,2013,46(10):1984-1993. (Zheng J F, Mi S Y, Jing J J, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation on physiological traits of tolerance to low phosphorus stress in wheat substitution[J]. China Agricultural Science, 2013, 46(10):1984-1993.)

[21] 包健. 苜蓿种植及收获方案对其生育期的响应[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2019: 21-25. (Bao J. The response of alfalfa planting and harvesting scheme to its growth period[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019: 21-25.)

[22] Turk M, Albayrak S, Tuzun C G, et al. Effects of fertilization and harvesting stages on forage yield and quality of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.) [J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2011, 17(6): 789-794.

[23] 陈丽丽. 野大豆与栽培大豆杂交后代的鉴定评价研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2013: 82-82. (Chen L L. Study on identification and evaluation of the lines from the cross of *Glycine soja* and *Glycine max* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2013: 82-82.)

[24] Hoffman P C, Sievert S J, Shaver R D, et al. In situ dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forages [J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76(9): 2632-2643.

[25] Buxton D R, Hornstein J S. Cell-wall concentration and components in stratified canopies of alfalfa, birds foot trefoil and red clover 1 [J]. Crop Science, 1986, 26(1): 180-184.

[26] 翟桂玉. 一年生野生大豆的饲草生产性能及栽培利用技术研究[D]. 南京:南京农业大学, 2007: 152-153. (Zhai G Y. Studies on forage performance and planting techniques of wild soybean [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2007: 152-153.)

欢迎订阅 2021 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管主办的大豆专业性学术期刊,被国内外多家重要数据库和文摘收录源收录的重点核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者,大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

《大豆科学》为双月刊,16 开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00 元,全年 240.00 元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00 美元(含邮资),全年 240.00 美元,国外代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅,也可向编辑部直接订购。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《大豆科学》编辑部  
邮编:150086  
电话:0451-86668735  
网址: <http://ddkx.haasep.cn>  
E-mail: [soybeanscience@vip.163.com](mailto:soybeanscience@vip.163.com)

