

陶玥玥,王海候,黄萌,等.青贮饲用油菜与大麦间作生产性能及适宜刈割期[J].江苏农业学报,2025,41(7):1359-1365.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2025.07.012

## 青贮饲用油菜与大麦间作生产性能及适宜刈割期

陶玥玥<sup>1</sup>, 王海候<sup>1</sup>, 黄萌<sup>1</sup>, 何胥<sup>2</sup>, 徐坚<sup>3</sup>, 陆长婴<sup>1</sup>, 吴正贵<sup>4</sup>, 孙华<sup>1</sup>

(1.江苏太湖地区农业科学研究所/国家油菜产业技术体系苏州综合试验站,江苏苏州215155; 2.太仓农业农村科技服务中心,江苏苏州215499; 3.太仓东林农场专业合作社,江苏苏州215400; 4.苏州市农业技术推广中心,江苏苏州215006)

**摘要:** 青贮饲用油菜与大麦间作生产性能和适宜刈割期,本研究采用田间定位试验与室内分析研究方法,设定不同种植模式(青贮饲用油菜单作、青贮饲用大麦单作、青贮饲用油菜与大麦间作),在油菜终花期统一刈割并对间作模式进行6次不同时期刈割(终花期后第1 d、第4 d、第8 d、第12 d、第16 d、第18 d),分析间作模式下生物产量、水分含量、主要营养物质含量特征及适宜刈割期。两年试验结果表明:与青贮饲用油菜单作相比,青贮饲用油菜与大麦间作饲草鲜重显著降低,鲜草水分含量显著降低。与青贮饲用油菜单作相比,青贮饲用大麦单作饲草粗蛋白含量、脂肪含量分别显著下降30.0%和59.3%,单糖含量、淀粉含量和水溶性碳水化合物含量显著增加,酸性洗涤纤维和木质素含量显著降低。青贮饲用大麦单作饲草相对饲料品质(RFV)和相对饲喂价值(RFQ)明显优于青贮饲用油菜单作,青贮饲用油菜与大麦间作RFV和RFQ介于青贮饲用油菜单作和青贮饲用大麦单作之间,分别较青贮饲用油菜单作显著提高了10.4%和31.8%( $P < 0.05$ )。青贮饲用油菜与大麦间作模式下在油菜终花期后第8 d刈割饲草生物产量和粗蛋白产量均显著高于终花期后第1 d刈割( $P < 0.05$ )。本研究结果为推进青贮饲用油菜高产高效栽培和利用技术提供了依据,也为稻田多元化生态轮作模式构建提供重要借鉴。

**关键词:** 青贮饲用油菜; 间作; 刈割期; 饲草产量; 营养价值

**中图分类号:** S54;S512.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)07-1359-07

## Production performance and optimal harvesting stage of intercropped rapeseed and barley for silage

TAO Yueyue<sup>1</sup>, WANG Haihou<sup>1</sup>, HUANG Meng<sup>1</sup>, HE Xu<sup>2</sup>, XU Jian<sup>3</sup>, LU Changying<sup>1</sup>, WU Zhenggui<sup>4</sup>, SUN Hua<sup>1</sup>

(1. Institute of Agricultural Sciences in Taihu Lake District/Suzhou Comprehensive Experimental Station of China Rape Research System, Suzhou 215155, China; 2. Taicang Agricultural and Rural Science and Technology Service Center, Suzhou 215499, China; 3. Taicang Donglin Professional Cooperatives, Suzhou 215400, China; 4. Suzhou Agricultural Technology Extension Center, Suzhou 215006, China)

**Abstract:** To clarify the production performance and optimal harvesting stage of intercropped rapeseed and barley for silage in China's Yangtze River Delta region, we implemented a fixed-field experiment combined with laboratory analysis.

收稿日期:2024-10-25

基金项目:国家现代农业油菜产业技术体系建设专项(CARS-12);国家自然科学基金项目(32101854);国家重点研发计划项目(2016YFD0300207)

作者简介:陶玥玥(1986-),女,江苏大丰人,博士,主要从事种植制度与养分管理方面的研究。(E-mail)twhhlyy@163.com

通讯作者:孙华,(E-mail)sunhqzy@163.com

Three cropping systems were established: rapeseed monoculture, barley monoculture, and rapeseed-barley intercropping. All plots were harvested at the rapeseed final flowering stage. Additionally, six harvests were conducted for the intercropping system at 1 d, 4 d, 8 d, 12 d, 16 d, and 18 d after rapeseed reached full flowering. Furthermore, we analyzed biomass yield, moisture content, and key nutritional components and optimal harvest

ting stage. Two-year trial results showed that compared with monoculture of silage rapeseed, the fresh weight of forage and moisture content were significantly reduced in the silage rapeseed-barley intercropping system. Compared with the monoculture of silage rapeseed, the monoculture of silage barley resulted in a significant 30.0% decrease in crude protein content and a 59.3% decrease in fat content, while monosaccharide, starch, and water-soluble carbohydrate contents significantly increased, and acid detergent fiber and lignin contents significantly decreased. The silage barley monoculture system demonstrated significantly higher relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ) than the rapeseed monoculture. The rapeseed-barley intercropping system yielded intermediate RFV and RFQ values between the two monocultures, showing 10.4% and 31.8% increases relative to rapeseed monoculture ( $P < 0.05$ ). In the rapeseed-barley intercropping system, forage harvested at 8 d after rapeseed reached full flowering exhibited significantly higher biomass yield and crude protein content compared to forage harvested at 1 d after rapeseed reached full flowering ( $P < 0.05$ ). These findings provide a basis for advancing high-yield and high-efficiency cultivation and utilization techniques of rapeseed for silage and offer valuable insights for constructing diversified ecological rotation systems in paddy fields.

**Key words:** rapeseed for silage; intercropping; harvesting stage; forage yield; nutritional value

中国居民对肉类的消费量不断上升,因此草食性动物饲养量也在不断增加。长江中下游是中国夏水稻-冬油菜(或冬小麦)主产区,青贮玉米等饲用作物生产空间有限,冬春季优质饲草供给严重不足,限制了畜牧业的可持续发展<sup>[1-2]</sup>。油菜(*Brassica napus* L.)不仅是重要的油料作物,而且作为青绿饲料具有生长迅速、营养体生物产量高、植株粗蛋白和脂肪含量高等优点,在农田生态轮作及绿色发展中发挥重要作用<sup>[3-4]</sup>。在保障油料安全的同时,挖掘油菜饲用功能可以有效补充冬季优质饲料源,促进养殖业发展,减少农药和肥料投入,提升农田地力,提高油菜种植效益。

间作是指在同一地块按一定的带行比种植生长期相同或相近的作物<sup>[5]</sup>。大量研究表明,饲用玉米与其他作物间套种可明显改善饲草生产性能,提升饲草产量和品质,显著提高氮素利用率<sup>[6-9]</sup>。与饲喂单一作物饲料相比,玉米和油菜等作物饲料混合饲喂对畜禽促生长效果更优<sup>[10]</sup>。另一方面,适宜刈割期是提高饲料油菜产量和营养价值的关键农艺措施。饲用油菜生物量积累一般符合“S”形生长曲线,开花期生物量最高,过早刈割会降低饲草产量水平,过晚刈割则会加重木质化降低饲用品质<sup>[11-13]</sup>。也有研究者指出饲用油菜终花期生物产量和粗蛋白含量表现较优,但因为水分过高不利于储存或青贮发酵<sup>[14]</sup>。为改善油菜饲草生产性能,部分研究将油菜收割后与玉米秸秆、稻草等干料混合制成青贮饲料,饲草含水量可降至60%~65%<sup>[15]</sup>。目前,关于饲用油菜的研究主要围绕北方地区麦茬条件下开展,针对南方地

区稻茬青贮饲用油菜的研究较少,饲用油菜与小麦间作的生产性能及其对刈割期的响应至今尚不清楚。因此,本研究在长三角农区布置两年田间定位试验,以青贮饲用油菜单作和青贮饲用大麦单作为对照,研究青贮饲用油菜与小麦间作下饲草生产性能及适宜刈割期,为推进青贮饲用油菜高产高效栽培和利用技术提供理论依据,也为稻田多元化生态轮作模式构建提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试点概况与材料

本研究于2018年9月至2020年5月在江苏省苏州市太仓市城厢镇东林村(121°6'20" E、31°32'9" N)布置田间定位试验。试验田地处长江三角洲东南部,属北亚热带南部湿润气候区,年均降水量1 087 mm,年平均气温15.8℃,年均日照时数2 095 h,年无霜期232 d。土壤属于渗育型水稻土,0~15 cm耕作层土壤有机质含量28.1 g/kg,全氮含量1.86 g/kg,有效磷含量89.8 mg/kg,速效钾含量102.4 mg/kg, pH为6.7。

以油菜品种宁杂1818为青贮饲用油菜,该品种由江苏省农业科学院选育,以大麦(*Hordeum vulgare* L.)品种扬农啤4号为青贮饲用大麦,该品种由扬州大学选育,种植期为10月至次年4-5月。前茬水稻(*Oryza sativa* L.)品种为南粳9108,当地大田种植期为6-9月。油菜播种选用江苏欣田机械制造有限公司2BFGK-12(12)230型播种机,大麦播种选用太仓项氏农机有限公司2BFG-10(8)230型播种机。本试验所用复合肥和尿素均购自江苏苏垦农资有限公

司。

## 1.2 试验设计

1.2.1 种植模式对比 设定种植模式的单因素田间试验,处理包括青贮饲用油菜单作、青贮饲用大麦单作和青贮饲用油菜与大麦间作3种植模式。采用大田对比试验设计,全程机械化操作,各处理田块面积为 $0.182\text{ hm}^2$  ( $28\text{ m}\times 65\text{ m}$ ),每个处理设定4个重复。统一在4月中下旬(2018年4月18日、2019年4月21日),在油菜生长处于终花期(全田约75%的花序完全谢花)对3种植模式作物分别进行刈割收获并测定饲草产量、主要营养成分含量和水分含量。

1.2.2 刈割期对比 选择青贮饲用油菜与大麦间作模式进行不同刈割期处理,以油菜终花期为初始刈割期,分别在终花期后第1 d、第4 d、第8 d、第12 d、第16 d、第18 d(分别以D1、D4、D8、D12、D16、D18表示)刈割,共刈割6次。

1.2.3 田间管理 前茬水稻收获后,统一于10月中下旬(2017年10月21日、2018年10月21日)机械直播青贮饲用油菜、青贮饲用大麦,青贮饲用油菜播种量为 $4.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ ,青贮饲用大麦播种量为 $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。间作模式下青贮饲用油菜和大麦按照1:1等比幅宽条带间隔种植,两种作物条带幅宽均为 $2.3\text{ m}$ 。不同模式下进行统一施肥,播种前基肥以45%复合肥与46%尿素配合施用,后期追施尿素。青贮饲用油菜生长季内总施氮量 $240\text{ kg}/\text{hm}^2$ ,其中60%作基肥和腊肥,40%作基肥,磷肥和钾肥用量各按 $75\text{ kg}/\text{hm}^2$ 一次性基施。大麦生长季内总施氮量 $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ ,按照基肥、分蘖肥和穗肥比例为3:4:3分次施用,磷肥和钾肥用量均为 $60\text{ kg}/\text{hm}^2$ ,磷钾肥均作基肥一次性施用。全生育期不灌溉,杂草及虫害防治等田间管理与常规生产保持一致。

## 1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤基础理化性质 参照土壤农化分析法<sup>[16]</sup>,试验前采集耕作层土壤(0~20 cm),各微区按“S”形以8个点采集土壤样品,混合后经自然风干,粉碎过20目和100目筛,用于测定土壤基础理化性质。

1.3.2 饲草产量与水分指标 油菜终花期时对3种植模式统一刈割,间作模式分6次刈割,每次刈割时各微区采集3个 $1\text{ m}^2$ 样方统一留茬10~15 cm,在田间称鲜重并抽取500 g左右样品,利用烘干失

重法在 $65\sim 70\text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干至恒重,计算饲草干重与含水量。

1.3.3 饲草主要营养指标 采集样品烘干后经40目筛,测定饲草营养成分。采用凯氏定氮法测定饲草粗蛋白含量,粗蛋白含量与干物质产量相乘可得粗蛋白产量。采用Van Soest方法测定饲草酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量。采用近红外方法测定饲草中脂肪含量、纤维含量、木质素含量、单糖含量、淀粉含量和水溶性碳水化合物含量。用相对饲料品质(RFQ)和相对饲喂价值(RFV)比较干草的饲用品质和预期采食量并计算相对饲用价值<sup>[17-19]</sup>。

## 1.4 数据统计与分析

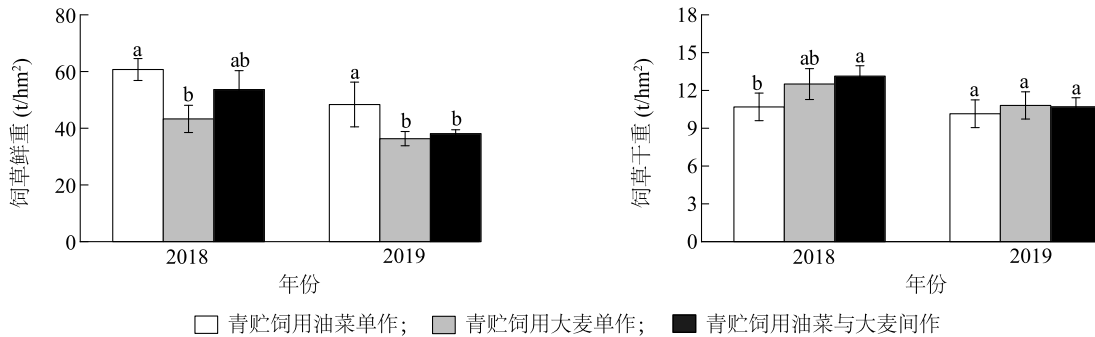
试验数据采用Microsoft Excel 2020软件进行处理,用平均值 $\pm$ 标准差表示;采用SAS 9.1.3软件<sup>[20]</sup>中的GLM程序进行双因素方差分析(ANOVA),用最小二乘法(LSD)在0.05水平下进行显著性检验;用Origin 9.2软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植模式下饲草产量与水分

双因素方差分析结果表明,年份与种植模式分别显著影响饲草鲜重,两者无显著交互作用。连续两年试验条件下,单作青贮饲用大麦饲草鲜重较单作青贮饲用油菜显著降低( $P<0.05$ ),2018年青贮饲用油菜与大麦间作模式饲草鲜重介于青贮饲用油菜单作和青贮饲用大麦单作之间,2019年青贮饲用油菜与大麦间作模式下饲草鲜重显著低于青贮饲用油菜单作,与青贮饲用大麦单作无显著差异。种植模式对饲草干重整体无显著影响,2018年青贮饲用油菜与大麦间作模式饲草干重显著高于青贮饲用油菜单作( $P<0.05$ ),2019年3种植模式饲草干重无显著差异(图1)。

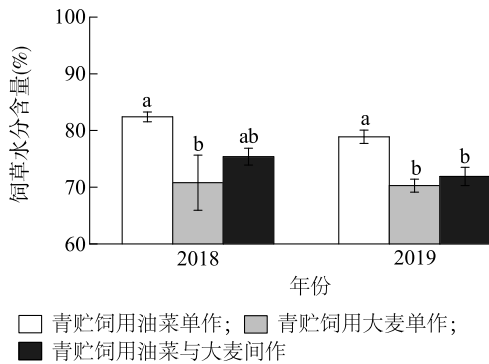
双因素方差分析结果(图2)表明,年份和种植模式显著影响饲草水分含量,年份和种植模式无显著交互作用。单作青贮饲用油菜饲草水分含量显著高于单作青贮饲用大麦饲草水分含量( $P<0.05$ ),2018年青贮饲用油菜与大麦间作模式下饲草水分含量与单作青贮饲用油菜和单作青贮饲用大麦之间无显著差异,2019年青贮饲用油菜与大麦间作模式下饲草水分含量显著低于单作青贮饲用油菜,与单作青贮饲用大麦无显著差异。



同一年份图柱上不同小写字母表示不同种植模式间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 不同种植模式下饲草鲜重与干重

Fig.1 Fresh and dry weight of forage under different planting modes



同一年份图柱上不同小写字母表示不同种植模式间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 2 不同种植模式下饲草水分含量

Fig.2 Forage water content under different planting modes

## 2.2 不同种植模式下饲草主要营养成分含量

由表 1 可知,青贮饲用油菜单作饲草粗蛋白含量、脂肪含量、酸性洗涤纤维含量、木质素含量均显著高于青贮饲用大麦单作和青贮饲用油菜与大麦间作。与青贮饲用油菜单作相比,青贮饲用大麦单作和青贮饲用油菜与大麦间作饲草粗蛋白含量分别显著降低了 30.0% 和 23.9%,脂肪含量分别显著降低 59.3% 和 48.1%,酸性洗涤纤维含量分别显著降低 33.6% 和 19.8%,木质素含量分别显著降低 69.9% 和 44.2% ( $P < 0.05$ )。青贮饲用大麦单作饲草单糖含量、淀粉含量显著高于青贮饲用油菜单作和青贮饲用油菜与大麦间作,青贮饲用油菜与大麦间作饲草单糖含量、淀粉含量介于青贮饲用大麦单作和青贮饲用油菜单作两种种植模式之间。

如图 3 所示,青贮饲用油菜单作饲草相对饲料品质、相对饲喂价值均显著低于青贮饲用大麦单作

和青贮饲用油菜与大麦间作。与青贮饲用油菜单作相比,青贮饲用大麦单作饲草相对饲料品质和相对饲喂价值分别显著提高了 39.6% 和 39.3%,青贮饲用油菜与大麦间作饲草相对饲料品质和相对饲喂价值分别显著提高了 10.4% 和 31.8% ( $P < 0.05$ )。

表 1 不同种植模式下饲草主要营养指标

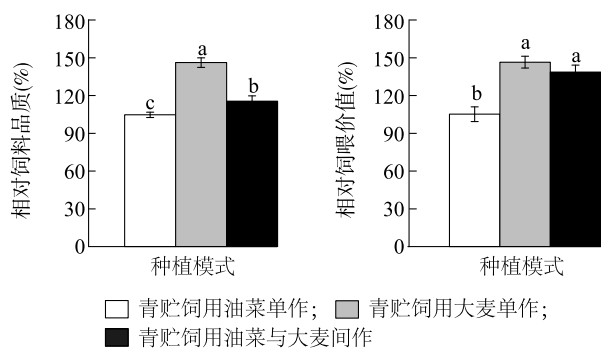
Table 1 Key nutritional indicators of forage under different planting modes

营养指标	种植模式		
	青贮饲用油菜单作	青贮饲用大麦单作	青贮饲用油菜与大麦间作
粗蛋白含量 (%)	14.68±0.45a	10.28±0.46b	11.17±0.46b
脂肪含量 (%)	7.45±0.20a	3.03±0.11c	3.87±0.25b
酸性洗涤纤维含量 (%)	41.40±0.40a	27.50±0.50c	33.20±1.10b
中性洗涤纤维含量 (%)	50.40±1.10a	43.10±0.90b	49.30±1.40a
木质素含量 (%)	7.72±0.19a	2.32±0.24c	4.31±0.33b
单糖含量 (%)	2.86±0.51c	9.34±1.01a	6.84±0.97b
淀粉含量 (%)	1.81±0.33c	16.81±1.79a	7.91±0.70b
水溶性碳水化合物含量 (%)	0.89±0.27b	14.45±0.47a	10.13±0.62a

同行不同小写字母表示不同模式间差异显著 ( $P < 0.05$ );表中数据为平均值±标准差。

## 2.3 刈割期对青贮饲用油菜与大麦间作饲草产量和营养价值的影响

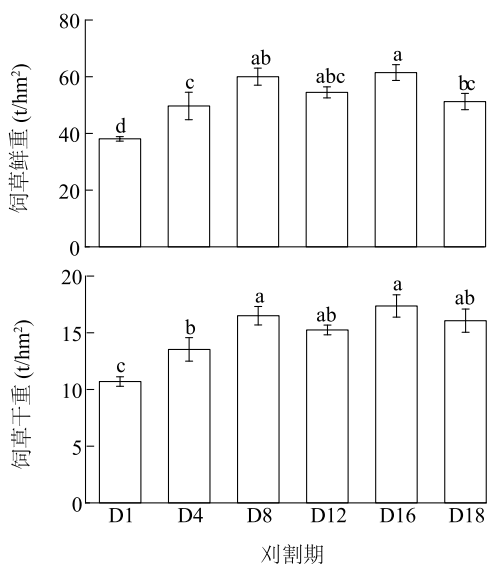
由图 4 可知,青贮饲用油菜与大麦间作随着刈割期的推迟,饲草鲜重和干重基本呈先快速增加后趋于平稳或略有降低的趋势。D8、D16 刈割期的饲草鲜重和饲料干重显著高于 D1、D4 刈割期 ( $P < 0.05$ )。从图 5 可见,在 D1、D4、D8、D12、D16 刈割期的饲草水分含量介于 71.8%~72.5%,D18 刈割期的饲草水分含量与其他刈割期的饲草含水量相比显著降低 ( $P < 0.05$ )。



图柱上不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )。

图3 不同种植模式下饲草相对饲料品质和饲喂价值

Fig.3 Relative feed quality and feeding value of forage under different planting modes

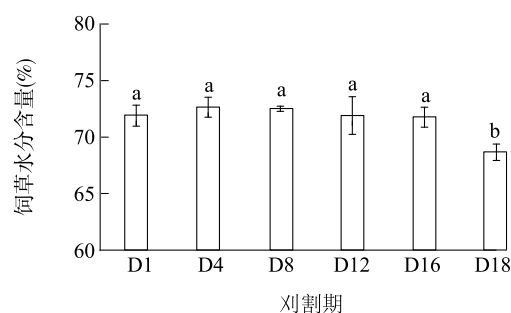


D1、D4、D8、D12、D16、D18 分别表示终花期后的第 1 d、第 4 d、第 8 d、第 12 d、第 16 d、第 18 d。图柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图4 不同刈割期青贮饲用油菜与大麦间作饲草鲜重和干重的变化

Fig.4 Variations in fresh and dry weight of forage in silage rapeseed-barley intercropping system at different harvesting stages

由图 6 可知,青贮饲用油菜与大麦间作饲草粗蛋白含量在不同刈割期存在差异,D8 刈割期的饲草粗蛋白含量显著高于 D16 和 D18 ( $P < 0.05$ )。随着刈割期的推迟,饲草粗蛋白产量呈先增后降的趋势,D8 刈割期的饲草粗蛋白产量显著高于 D1、D4、D12 和 D18 刈割期 ( $P < 0.05$ )。



D1、D4、D8、D12、D16、D18 分别表示终花期后的第 1 d、第 4 d、第 8 d、第 12 d、第 16 d、第 18 d。图柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

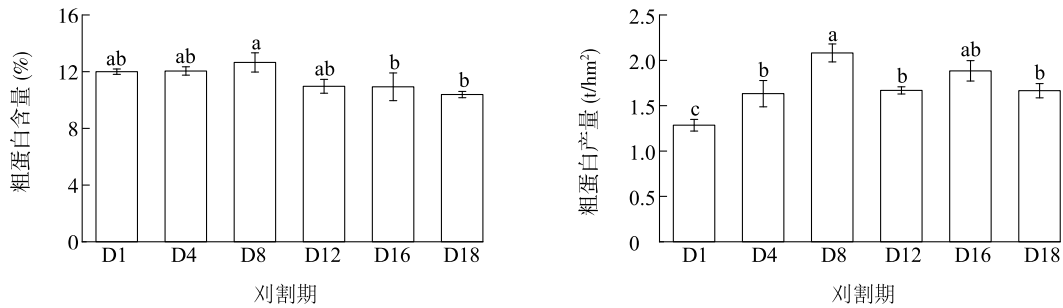
图5 不同刈割期青贮饲用油菜与大麦间作饲草水分含量的变化

Fig.5 Variations in forage moisture content in silage rapeseed-barley intercropping system at different harvesting stages

### 3 讨论

本研究连续 2 年的试验结果表明,青贮饲用油菜终花期饲草干重  $10.4 \text{ t/hm}^2$ ,含水量  $80.7\%$ ,与前人研究结果基本一致<sup>[21]</sup>。内蒙古地区筛选的饲用油菜与苏丹草间作土地当量比大于 1,饲用油菜与箭筈豌豆间作、饲用油菜与玉米间作饲草鲜重为  $57.03 \sim 60.55 \text{ t/hm}^2$ ,具有明显的土地利用优势<sup>[22-23]</sup>。本研究在长江三角洲地区采用了新型青贮饲用油菜与大麦条带间作种植模式,明确了青贮饲用油菜单作及间作种植模式下饲草生产性能。两年试验结果表明,与青贮饲用油菜单作相比,青贮饲用油菜与大麦间作饲草鲜重显著降低了  $15.9\%$ ,含水量显著降低至  $73.6\%$ ,饲草干重显著增加了  $14.3\%$ 。这主要是由于同期刈割下,青贮饲用大麦处于抽穗后期,其植株含水量远低于终花期油菜植株的含水量。此外,间作模式可能会影响作物生理生态特性,比如不同类型作物根系分泌物具有互补特性,可促进根际土壤难溶性养分的活化和利用,促进作物干物质积累<sup>[24]</sup>。

间作模式利用不同物种间时空生态位的差异实现了对环境资源利用的互补性<sup>[25-29]</sup>,不仅比单作提高了饲草产量,而且能改善饲草的营养品质<sup>[30]</sup>。相比青贮饲用油菜单作,青贮饲用油菜与大麦条带间作饲草中单糖含量、淀粉含量和水溶性碳水化合物含量均显著增加,酸性洗涤纤维含量显著降低,饲草相对饲料价值和相对饲料品质分别显著提高了



D1、D4、D8、D12、D16、D18 分别表示终花期后第 1 d、第 4 d、第 8 d、第 12 d、第 16 d、第 18 d。图柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 6 不同刈割期青贮饲用油菜与大麦间作饲草粗蛋白含量和粗蛋白产量的变化

Fig.6 Variations in crude protein content and yield of forage in silage rapeseed-barley intercropping system at different harvesting stages

10.4%和 31.8%。已有的研究结果表明,两种饲草混合可实现养分互补,提升青贮饲料品质,饲用油菜与饲用玉米混贮可提升饲料中粗蛋白含量和粗脂肪含量,降低中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量和 pH 值;与玉米秸秆混合饲喂羔羊可显著提高平均日增重<sup>[31-32]</sup>。本研究采用青贮饲用油菜与大麦间作种植方式,在油菜终花期(大麦抽穗后期)进行混合饲草的同步刈割,解决了饲用油菜水分与产量和营养的矛盾,相比单作青贮饲用油菜刈割后需要适期晾晒<sup>[14,33]</sup>,间作还实现了青贮饲用油菜使用技术流程的简化。

适期刈割是进一步提升青贮饲用油菜与大麦间作饲草产量和营养价值的关键措施(粗蛋白含量是评价饲草营养价值的重要指标)<sup>[34]</sup>。本研究中,随着刈割期的推迟,青贮饲用油菜与大麦间作饲草产量呈先增后降的趋势,油菜终花期后第 8 d 至第 16 d 饲草产量表现较高,D8、D12、D16 这 3 次刈割期的饲草平均鲜重 58.7 kg/hm<sup>2</sup>、平均干重 16.4 kg/hm<sup>2</sup>。青贮饲用油菜终花期后饲草粗蛋白含量和粗蛋白产量逐渐上升,至第 8 d 混合饲草粗蛋白含量为 12.7%、粗蛋白产量为 2.08 t/hm<sup>2</sup>,此后逐渐下降。相关研究结果表明,青贮饲用油菜终花期后植株粗蛋白含量会随着生育进程逐渐降低,因为植株由营养生长向生殖生长过渡需要消耗大量养分,木质化程度加深,细胞内容物成分不断减少,结构性碳水化合物含量增加<sup>[35]</sup>。刘萍等<sup>[36]</sup>在贵州地区饲用油菜多品种试验中发现,薹期和终花期后 1 周饲草粗蛋白含量分别为 26.36%±0.70%和 15.64%±0.42%。长三角地区机播青贮饲用油菜终花期至终花期后 4 d 饲草粗蛋白含量为

14.01%±2.16%,终花期后 8 d 至 16 d 饲草粗蛋白含量显著降低为 9.76%±1.52%<sup>[14]</sup>。毯苗移栽青贮饲用油菜饲草苗期至终花期粗蛋白含量基本稳定在 13.60%±1.02%,至青角期显著下降为 10.15%±0.78%。上述差异可能是青贮饲用油菜栽培方式及区域条件差异引起<sup>[21]</sup>。综上可知,青贮饲用油菜与大麦条带间作模式下饲草在油菜终花期后 8 d 左右刈割饲草产量和粗蛋白含量均表现更优。

## 4 结论

本研究在长三角地区进行了青贮饲用油菜与大麦间作生产模式试验,并证实了青贮饲用油菜与大麦间作较青贮饲用油菜单作模式可显著降低饲草鲜草含水量,提高饲草相对饲料品质和相对饲喂价值,适宜刈割期为青贮饲用油菜终花期后 8 d,此时混合饲草干物质产量和粗蛋白含量均表现较优,同时还能满足饲草适贮的水分要求。本研究对发展种养结合、调整种植结构具有重要意义,为青贮饲用油菜种植技术的完善和推广应用提供了重要借鉴。

## 参考文献:

- [1] 郭婷,薛彪,白娟,等. 刍议中国牧草产业发展现状:以苜蓿、燕麦为例[J]. 草业科学,2019,36(5):1466-1473.
- [2] 陶玥玥,盛雪雯,徐坚,等. 长三角水稻-油菜周年两熟温光资源分配与利用特征[J]. 作物学报,2023,49(5):1327-1338.
- [3] 傅廷栋,涂金星,张毅,等. 在我国西北部地区麦后复种饲料油菜的研究与利用[J]. 中国西部科技,2004,3(6):4-7.
- [4] 赵娜,杨雪海,魏金涛,等. 不同碳水化合物源对饲料油菜青贮品质的影响[J]. 中国油料作物学报,2021,43(2):236-240.
- [5] 周也莹,谢子文,钟培阁,等. 基于功能-结构模型的玉米大豆间作不同行向辐射分布研究[J]. 中国农业科学,2024,57

- (10):1882-1899.
- [6] 彭滢茹,周 锋,何晓波,等. 间混作豆科牧草对青贮玉米产量及氮肥利用的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(12):180-188.
- [7] 董志晓,何润濠,况鉴洋,等. 成都平原甜高粱间作拉巴豆对混合饲草产量及品质的影响[J]. 草地学报,2021,29(7):1578-1583.
- [8] 唐明明,董 楠,包兴国,等. 西北地区不同间套作模式养分吸收利用及其对产量优势的影响[J]. 中国农业大学学报,2015,20(5):48-56.
- [9] 常 青,李立军,渠佳慧,等. 土默川平原麦后复种饲用玉米||油菜模式的增产优势及氮素利用效率[J]. 作物杂志,2023(3):167-174.
- [10] 杨 华,熊明清,余陵峰,等. 青贮饲料油菜对肉牛增重效果的研究[J]. 中国饲料,2017(2):16-18.
- [11] 杨瑞吉. 麦茬复种饲料油菜的播种量对其生长性状的影响[J]. 中国油料作物学报,2007,29(4):479-482.
- [12] 马乐天,马小明,马吉峰,等. 麦后复种饲用油菜试验[J]. 黑龙江畜牧兽医,2012(4):104-105.
- [13] 汪 波,宋丽君,王宗凯,等. 我国饲料油菜种植及应用技术研究进展[J]. 中国油料作物学报,2018,40(5):695-701.
- [14] 陶玥玥,孙 华,王海候,等. 刈割期与晾晒天数对饲料油菜产量和粗蛋白含量及水分的影响[J]. 作物杂志,2022(5):215-220.
- [15] 张吉鹏,李龙瑞. 花生藤、红薯藤与油菜秸秆饲用品质的评定[J]. 江西农业大学学报,2016,38(4):754-759.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [17] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007.
- [18] VAN SOEST P J, SNIFFEN C J, MERTENS D R, et al. A net protein system for cattle; the rumen submodel for nitrogen [C]. Stillwater: Oklahoma State University, 1981.
- [19] ROHWEDER D A, BARNES R F, JORGENSEN N. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality[J]. Journal of Animal Science, 1978,47(3):747-759.
- [20] 黄 燕,吴 平. SAS 统计分析及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [21] 陶玥玥,汤云龙,徐 坚,等. 不同移栽期下毯苗油菜的饲草产量与营养特性[J]. 草业科学,2019,36(3):785-792.
- [22] 李磊磊,李立军,张艳丽,等. 沿黄灌区饲用油菜与苏丹草间作对土壤酶活性及细菌群落结构的影响[J]. 干旱地区农业研究,2024,42(3):145-152.
- [23] 樊宇晴. 不同饲用作物间作模式综合效益分析[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2022.
- [24] 王亚君,王腾琦,侯志洁,等. 根系分泌物对紫云英油菜间作的响应[J]. 应用生态学报,2021,32(5):1783-1790.
- [25] 彭方丽,汪 灿,周棱波,等. 不同间作模式对糯高粱干物质、养分积累及产量的影响[J]. 南方农业学报,2023,54(1):68-79.
- [26] 欧阳子龙,贾湘璐,石景忠,等. 间作对作物、土壤及微生物影响的研究进展[J]. 江苏农业科学,2024,52(2):18-30.
- [27] 郭建秋,晏 云,李 林,等. 间作对大豆形态、光合荧光特性、农艺性状、产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(2):112-117.
- [28] 晏 云,李 林,亢江飞,等. 黄淮海间作大豆耐阴性综合评价及其鉴定指标筛选[J]. 江苏农业科学,2023,51(23):88-94.
- [29] 劳承英,黄渝岚,李艳英,等. 木薯/大豆间作行距对作物产量和效益的影响[J]. 南方农业学报,2023,54(7):2005-2014.
- [30] 董 楠. 不同作物组间作优势和时空稳定性的生态机制[D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [31] 阴法庭,张风华. 饲料油菜与玉米秸秆混合青贮营养品质[J]. 草业科学,2018,35(7):1790-1796.
- [32] 牛菊兰,杨祁峰,滕怀渊,等. 双低油菜华协1号青饲效果的研究[J]. 草业学报,2003,12(1):90-93.
- [33] 周 迪,杨 帅,张欣欣,等. 添加剂种类和组合对晾晒后全株油菜青贮效果的影响[J]. 草业学报,2022,31(4):124-135.
- [34] 田东海,武俊英,黄修梅,等. 内蒙古土默川平原不同牧草产量与品质差异研究[J]. 湖北农业科学,2013,52(5):1102-1104,1108.
- [35] 赵 娜,杨雪海,魏金涛,等. 不同生长期饲用油菜的营养价值和青贮发酵品质[J]. 草业科学,2020,37(5):933-941.
- [36] 刘 萍,张 林,王 涛,等. 饲料油菜粗蛋白含量及其氨基酸组成[J]. 草业科学,2023,40(12):3150-3162.

(责任编辑:黄克玲)