

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0010

贾有余, 骆秀梅, 张永亮. 氮肥与行距对不同生育期藜草产量与品质的调控效应. 草业科学, 2016, 33(11): 2312-2318.

Jia Y Y, Luo X M, Zhang Y L. Regulating effect of nitrogen fertilizer and row spacing on yield and quality of *Phalaris arundinacea* at different growth stages. Pratacultural Science, 2016, 33(11): 2312-2318.

氮肥与行距对不同生育期藜草 产量与品质的调控效应

贾有余¹, 骆秀梅², 张永亮^{2,3}

(1. 内蒙古农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010030; 2. 内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028042;

3. 内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心, 内蒙古 通辽 028042)

摘要: 以通草1号藜草(*Phalaris arundinacea* cv. Tongcao No.1)为供试材料, 采用行距(30、50、70 cm)和施氮量(含氮量为0、46、92 kg·hm⁻²)二因素裂区试验设计, 研究了行距与施氮量对不同生育时期藜草营养成分含量的影响。结果表明, 氮肥与行距对藜草产量和品质影响明显。随施氮量增加, 各生育时期藜草产量、粗蛋白、粗灰分、钙和磷含量升高, 而无氮浸出物含量下降。抽穗期藜草粗纤维和酸性洗涤纤维含量随施氮量增加而降低, 而成熟期和秋季再生期随施氮量增加反而升高。随着行距增加各生育时期藜草产量下降。在9个处理组合中, 以行距30 cm、施氮量92 kg·hm⁻²组合抽穗期和成熟期草产量最高, 以行距70 cm、施氮量92 kg·hm⁻²组合饲草品质最好。抽穗期是藜草刈割利用的适宜时期, 种植行距30 cm、施氮92 kg·hm⁻²时可获得较高的饲草产量和粗蛋白质产量。

关键词: 通草1号藜草; 行距; 氮肥; 草产量; 营养成分

中图分类号: S816.11; S540.62 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0629(2016)11-2312-07*

Regulating effect of nitrogen fertilizer and row spacing on yield and quality of *Phalaris arundinacea* at different growth stages

Jia You-yu¹, Luo Xiu-mei², Zhang Yong-liang^{2,3}

(1. Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010030, China;

2. Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028042, China;

3. Inner Mongolia Industrial Engineering Research Center for Forage Crop, Tongliao 028042, China)

Abstract: Reed canarygrass Tongcao No.1 (*Phalaris arundinacea* cv. Tongcao No.1) was used as test material, two factors of nitrogen application level (0, 46, and 92 kg·hm⁻²) and row spacing (30, 50 and 70 cm) were designed, a field complete split-plot experiment was conducted to study the effects of row spacing and nitrogen fertilizer application level on the yield and nutritional contents of reed canarygrass at different growth stages. The results showed that: the yield and quality of reed canarygrass were influenced significantly by nitrogen fertilizer application level and row spacing. With an increase of nitrogen level, forage yield and contents of crude protein, calcium and phosphorus of reed canarygrass increased and the nitrogen free extract contents decreased at different growth stages. CF content and ADF content of reed canarygrass at heading decreased and increased at maturity stage and regrowth stage. The yield of reed canarygrass at different growth stages decreased with an increase of row spacing. Among nine treatment combinations, there were higher forage yield in A₃₀B₉₂ treat-

* 收稿日期: 2016-01-11 接受日期: 2016-04-21

基金项目: 内蒙古自然科学基金(2015MS0337); 内蒙古自治区社会发展领域科技计划(20150426); 内蒙古民族大学市校合作项目(SXYB2012077); 内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心开放课题(MDK2016020)

第一作者: 贾有余(1960-), 男, 内蒙古五原人, 副研究员, 本科, 主要从事草地生态与牧草栽培研究。E-mail: jiayouyu@126.com

通信作者: 张永亮(1959-), 男, 内蒙古包头人, 教授, 博士, 主要从事牧草栽培与种质资源评价研究。E-mail: zyl8802@163.com

ment at heading and maturity stage, and there was higher forage quality in A₇₀B₉₂ treatment. Reed canarygrass Tongcao No.1 can obtained higher forage yield and crude protein content when the planting row spacing was 30 cm and the nitrogen rate was 92 kg · hm⁻², and the period of suitable cutting utilization was heading stage.

Key words: *Phalaris arundinacea* cv. Tongcao No.1; row spacing; nitrogen fertilizer; forage yield; nutritional content

Corresponding author: Zhang Yong-liang E-mail: zyl8802@163.com

氮素是植物生长发育中最重要的矿质元素之一,禾本科牧草生长发育所需的氮主要依靠根系从土壤中吸收。施氮肥能提高牧草产量和粗蛋白质含量,但对其他养分含量的影响结果不尽一致。施氮显著提高了猫尾草(*Phleum pretense*)^[1]和羊草(*Leymus chinensis*)^[2]的产量和粗蛋白质含量,降低了羊草粗纤维、灰分和无氮浸出物含量,提高了羊草品质。行距不同会导致植物群落在光能利用、水分利用、土壤营养元素利用等方面的变化。有学者认为行距对小麦(*Triticum aestivum*)籽粒蛋白质含量有显著影响^[3-4];但也有学者认为行距对小麦和柳枝稷(*Panicum virgatum*)蛋白质含量无显著影响^[5-6]。可见,生态条件和作物种类不同,行距对作物营养成分含量的影响也不尽一致。

藨草(*Phalaris arundinacea*)适应性广,饲草产量和粗蛋白质含量高^[7-8],可用来放牧、调制干草或青贮^[9],是一种很有开发利用价值的多年生禾本科牧草。目前有关氮肥与行距对藨草营养成分含量影响的研究鲜见报道,为此,本试验设置不同行距和氮肥水平,研究行距和氮肥对不同生育时期藨草营养成分含量的影响,以期对藨草科学栽培与利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验地位于通辽市内蒙古民族大学农学院试验农场,地理位置为 43°36' N, 122°22' E, 海拔 178 m, 年均温 6.8 °C, ≥10 °C 年活动积温为 3 220 °C · d, 多年平均降水量 398 mm, 无霜期 154 d。土壤为灰色草甸土, 耕层土壤有机质含量 12.43 g · kg⁻¹, 速效钾含量 84.03 mg · kg⁻¹, 速效磷含量 30.07 mg · kg⁻¹, 碱解氮含量 65.8 mg · kg⁻¹, pH 值为 8.2。

1.2 供试材料与试验设计

供试材料为通草 1 号藨草(*P. arundinacea* cv. Tongcao No.1), 氮肥采用尿素(含 N 46%)。试验设计行距和施氮量两个因素。行距设定为 30、50、70 cm 3 个水平, 分别用 A₃₀、A₅₀ 和 A₇₀ 表示。施氮量(纯 N)设定为 0、46、92 kg · hm⁻² 3 个水平, 分别用 B₀、B₄₆ 和 B₉₂ 表示, 3 次重复。试验按裂区设计, 主区为行距, 副

区为施氮水平, 主区间隔 1 m, 副区间隔 0.5 m。小区面积为 4 m × 5 m。2011 年 5 月 22 日播种, 播种量为 15 kg · hm⁻², 同一小区每行播种量相同, 播种时施磷酸二铵 200 kg · hm⁻²。第 2 年春季返青后(2012 年 5 月 10 日)进行追施氮肥处理, 用小区总施肥量/行数算出每行的施肥量, 按行人工开沟施肥, 施肥后覆土, 灌水。干旱时灌水, 人工锄杂草。在种子成熟期对全部小区进行刈割, 留茬 7 cm, 刈割后的再生草称为再生期草。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 草产量 分别在藨草抽穗期(6 月 11 日)、种子成熟期(6 月 30 日)和再生期(成熟期刈割后的再生时期, 9 月 15 日), 每个小区随机选择 3 个 1 m 样段齐地面刈割地上部分, 在 65 °C 鼓风干燥箱中干燥 24 h 后称干重, 计算单位面积草产量。

1.3.2 营养成分 在测定草产量的同时取抽穗期、种子成熟期和再生草样品, 每小区取鲜样 1 kg 左右, 带回实验室内在 70 °C 恒温干燥箱内烘干后粉碎备用。营养成分含量测定方法参照文献[10]中的方法测定。其中, 粗蛋白质(CP)含量的测定采用凯氏定氮法; 粗纤维素(CF)含量的测定采用酸-碱消煮法; 酸性洗涤纤维(ADF)含量测定采用范氏酸性洗涤纤维分析法; 粗脂肪(EE)含量的测定采用索氏提取法; 粗灰分(Ash)含量的测定采用灰化法; 全磷(P)含量的测定采用钒钼黄分光光度法; 钙(Ca)含量测定采用高锰酸钾法测定; 无氮浸出物(NFE)含量 = 干物质含量 - (粗蛋白含量 + 粗脂肪含量 + 粗纤维含量 + 粗灰分含量)。

1.4 数据处理

采用 DPS 数据处理软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥与行距对不同生育时期藨草产量的影响

氮肥与行距对不同生育时期藨草产量有不同影响(表 1)。在 9 个处理组合中, A₃₀B₉₂ 组合各生育时期干草产量最高; 抽穗期、成熟期和再生期分别以 A₅₀B₀、A₇₀B₀、A₃₀B₀ 组合草产量最低, 分别比 A₃₀B₉₂ 组合低 35.94%、52.53% 和 25.21%, 且与 A₃₀B₉₂ 之间差异均

达显著水平($P < 0.05$)。当施氮量相同时,不同行距间抽穗期和成熟期藨草产量差异不显著($P > 0.05$)。行距相同时,施氮与不施氮处理间干草产量差异显著($P < 0.05$),而施氮 46 和 92 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理间差异不显著($P > 0.05$)。随着施氮量增加,再生草产量上升,

表明返青期施氮对成熟期刈割后的再生草生长仍有促进作用。当行距为 30 cm 时,施氮与不施氮处理间产量差异显著($P < 0.05$),当行距分别为 50 和 70 cm 时,施氮 92 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 与不施氮处理间(B_0)产量差异显著($P < 0.05$)。

表 1 氮肥与行距处理组合对不同生育时期藨草产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)的影响

Table 1 Effects of nitrogen fertilizer and row spacing combinations on yield of reed canarygrass($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) at different growth stages

处理组合 Combination	生育期 Growth stage		
	抽穗期 Heading stage	成熟期 Maturing stage	再生期 Regrowth stage
A ₃₀ B ₀	7 756.7±253.7c	10 779.4±395.2b	3 191.5±111.9d
A ₃₀ B ₄₆	8 956.9±422.2b	13 318.4±213.1a	4 023.9±143.6ab
A ₃₀ B ₉₂	10 061.9±220.4a	13 680.7±160.2a	4 267.5±200.0a
A ₅₀ B ₀	6 445.4±170.6d	8 417.5±160.2d	3 513.9±122.4cd
A ₅₀ B ₄₆	8 819.9±421.4d	10 249.9±353.5bc	3 664.0±114.9bcd
A ₅₀ B ₉₂	8 502.3±280.3bc	9 940.0±112.5c	4 073.7±175.4ab
A ₇₀ B ₀	7 546.5±249.3c	6 494.7±452.9e	3 338.1±196.7d
A ₇₀ B ₄₆	9 369.1±441.6ab	8 408.1±404.4d	3 414.1±199.2d
A ₇₀ B ₉₂	9 169.6±394.3ab	8 655.2±431.2d	4 008.2±171.3abc

注:同列不同小写字母表示不同处理组合间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lower case within the same column indicate significant difference among different treatment combinations at 0.05 level. The same below.

2.2 氮肥与行距对不同生育时期藨草品质的影响

2.2.1 氮肥与行距对抽穗期藨草品质的影响

氮肥和行距对抽穗期藨草 CP 含量有不同影响(表 2)。随施氮量增加藨草 CP 含量递增。行距 30、50、70 cm 下,施氮 92 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 藨草 CP 含量分别比同行距下不施氮处理高 17.38%、13.47% 和 26.31%,且三者之间差异均达显著水平($P < 0.05$)。A₇₀B₉₂ 组合 CP 含量最高,而 A₅₀B₀ 组合 CP 含量最低,比 A₇₀B₉₂ 低 31.30% ($P < 0.05$)。

氮肥与行距对抽穗期藨草 CF 和 ADF 含量影响明显(表 2)。A₇₀B₉₂ 组合 CF 和 ADF 含量最低,A₅₀B₀ 组合 CF 含量最高,A₃₀B₄₆ 组合 ADF 含量最高,分别比 A₇₀B₉₂ 组合高 14.00% 和 53.11% ($P < 0.05$)。

随施氮量增加,抽穗期藨草 NFE 含量下降,EE 含量上升(表 2)。在 30 和 70 cm 行距下,高氮处理与不施氮处理间差异显著($P < 0.05$)。A₇₀B₉₂ 组合 EE 含量最高,达到 6.93%,A₃₀B₀ 组合最低,为 3.66%,前者比后者高 89.34% ($P < 0.05$);A₃₀B₀ 组合 NFE 含量最高,A₇₀B₉₂ 组合最低,前者比后者高 33.70% ($P < 0.05$)。

随行距和施氮量增加,抽穗期藨草 Ash、Ca 和 P 含量基本均呈增长趋势(表 2)。在 50 和 70 cm 行距下,施氮处理藨草 Ash、Ca 和 P 含量均高于同行距的

不施氮处理。A₇₀B₉₂ 组合 Ca 和 P 含量显著高于其他组合($P < 0.05$)。

2.2.2 氮肥与行距对成熟期藨草品质的影响

随施氮量增加藨草 CP 含量递增(表 3)。行距 30、50、70 cm 下,施氮量为 92 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,成熟期藨草 CP 含量分别比同行距下不施氮处理高 98.69%、121.70% 和 133.33%,差异均达显著水平($P < 0.05$)。A₇₀B₉₂ 组合 CP 含量最高,而 A₃₀B₀ 组合 CP 含量最低,前者比后者高 193.77% ($P < 0.05$)。

施氮量和行距对成熟期藨草 CF 和 ADF 含量影响明显(表 3)。A₃₀B₉₂ 组合 CF 和 ADF 的含量最高,A₇₀B₉₂ 组合 CF 含量最低,比 A₃₀B₉₂ 组合低 13.39% ($P < 0.05$);A₅₀B₉₂ 组合 ADF 含量最低,比 A₃₀B₉₂ 组合低 22.08% ($P < 0.05$)。

在成熟期,藨草 EE 含量随施氮量增加呈上升趋势,而 NFE 含量呈下降趋势(表 3)。在同行距下,施氮 92 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 处理 EE 含量显著高于不施氮处理 ($P < 0.05$)。A₅₀B₉₂ 组合 EE 含量最高,A₃₀B₀ 组合最低,前者比后者高 54.95% ($P < 0.05$);A₃₀B₀ 组合 NFE 含量最高,A₅₀B₄₆ 组合最低,前者比后者高 22.85% ($P < 0.05$)。

随行距和施氮量增加,藨草 Ash、Ca 和 P 含量均呈增长趋势(表 3)。Ca 和 P 含量施氮处理显著高于同

表 2 氮肥与行距对抽穗期藜草营养成分含量的影响

Table 2 Effects of nitrogen fertilizer and row spacing combinations on nutrient contents of reed canarygrass at heading stage

处理 Treatment	粗蛋白 CP/%	粗纤维 CF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗脂肪 EE/%
A ₃₀ B ₀	14.73±0.30de	26.00±0.06ab	39.51±0.89c	3.66±0.17f
A ₃₀ B ₁₆	15.52±0.49cde	24.65±0.34bc	48.75±0.30a	4.68±0.11de
A ₃₀ B ₃₂	17.29±0.15b	26.23±0.14ab	36.63±0.38d	5.31±0.15bc
A ₅₀ B ₀	14.18±0.26e	27.43±0.36a	42.34±0.40b	5.53±0.01bc
A ₅₀ B ₁₆	16.09±0.18bcd	24.55±0.46c	32.18±0.26e	5.73±0.01bc
A ₅₀ B ₃₂	16.09±0.51bcd	24.55±0.13c	32.18±0.23e	5.73±0.14b
A ₇₀ B ₀	16.34±0.98bcd	24.81±0.18bc	41.87±1.41b	5.05±0.12cd
A ₇₀ B ₁₆	16.86±0.31bc	26.00±0.97ab	36.37±1.46d	4.43±0.11e
A ₇₀ B ₃₂	20.64±0.11a	24.06±0.58c	31.84±0.21e	6.93±0.39a
处理 Treatment	无氮浸出物 NFE/%	粗灰分 Ash/%	钙 Ca/%	磷 P/%
A ₃₀ B ₀	40.19±0.70a	8.28±0.04bc	1.08±0.04d	0.39±0.01d
A ₃₀ B ₁₆	39.53±0.89ab	6.20±0.07e	1.16±0.04d	0.39±0.01d
A ₃₀ B ₃₂	31.96±1.28ef	7.56±0.15d	1.42±0.05c	0.41±0.01cd
A ₅₀ B ₀	35.43±0.96cd	8.05±0.20cd	1.39±0.01c	0.24±0.01e
A ₅₀ B ₁₆	33.15±0.35de	9.70±0.22a	1.41±0.01c	0.44±0.01ab
A ₅₀ B ₃₂	33.15±1.21de	9.70±0.11a	1.46±0.04c	0.43±0.01bc
A ₇₀ B ₀	37.36±0.74bc	8.38±0.67bc	1.40±0.02c	0.41±0.01cd
A ₇₀ B ₁₆	33.17±0.28de	8.81±0.25b	1.73±0.01b	0.41±0.01cd
A ₇₀ B ₃₂	30.06±1.07e	10.17±0.05a	2.03±0.04a	0.46±0.01a

表 3 氮肥与行距对成熟期藜草营养成分含量的影响

Table 3 Effects of nitrogen fertilizer and row spacing combinations on nutrient contents of reed canarygrass at maturity stage

处理 Treatment	粗蛋白 CP/%	粗纤维 CF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗脂肪 EE/%
A ₃₀ B ₀	3.05±0.23d	27.75±0.93c	48.37±0.70b	3.64±0.12f
A ₃₀ B ₁₆	5.68±0.16c	27.49±0.18c	46.98±2.02b	4.13±0.16de
A ₃₀ B ₃₂	6.07±0.16bc	29.79±0.11a	54.34±2.02a	4.65±0.18cd
A ₅₀ B ₀	3.18±0.23d	29.67±0.43ab	47.44±1.05b	4.32±0.05de
A ₅₀ B ₁₆	3.94±0.13d	28.01±0.67bc	50.51±0.04ab	5.24±0.01ab
A ₅₀ B ₃₂	7.05±0.36b	28.10±0.25bc	42.34±1.27c	5.64±0.14a
A ₇₀ B ₀	3.84±0.36d	25.82±0.30d	49.60±0.18ab	4.54±0.27cde
A ₇₀ B ₁₆	6.33±0.36bc	28.90±0.26abc	47.18±1.54b	4.81±0.30bc
A ₇₀ B ₃₂	8.96±0.43a	25.80±0.03d	54.32±2.14a	5.47±0.04a
处理 Treatment	无氮浸出物 NFE/%	粗灰分 Ash/%	钙 Ca/%	磷 P/%
A ₃₀ B ₀	61.13±0.35a	4.42±0.09e	0.47±0.02cd	0.19±0.01de
A ₃₀ B ₁₆	55.38±0.62b	4.74±0.20e	0.64±0.03b	0.18±0.01e
A ₃₀ B ₃₂	50.17±0.05c	5.98±0.01d	0.63±0.01b	0.26±0.01bc
A ₅₀ B ₀	54.14±0.30bc	5.58±0.05d	0.21±0.04e	0.16±0.01f
A ₅₀ B ₁₆	51.47±0.46bc	7.55±0.14c	0.91±0.04a	0.15±0.01f
A ₅₀ B ₃₂	51.34±0.35bc	7.70±0.13c	0.84±0.06a	0.21±0.01d
A ₇₀ B ₀	52.99±0.11bc	8.21±0.17b	0.56±0.06bc	0.27±0.01b
A ₇₀ B ₁₆	49.76±1.25c	7.22±0.45c	0.36±0.02d	0.24±0.01c
A ₇₀ B ₃₂	50.78±0.97c	8.88±0.33a	0.86±0.04a	0.30±0.01a

行距下不施氮处理($P < 0.05$), Ash 含量在 50 cm 行距下, 施氮处理区显著高于不施氮处理($P < 0.05$)。A₇₀B₉₂ 组合 Ash 和 P 含量最高, A₅₀B₄₆ 组合 Ca 含量最高, 分别比 A₃₀B₀ 组合高 100.90%、60.00% 和 93.62%, 差异均达显著水平($P < 0.05$)。

2.2.3 氮肥与行距对再生期藨草品质的影响 施氮对 30 和 50 cm 行距下再生期藨草 CP 含量影响不显著($P > 0.05$) (表 4), 而在 70 cm 行距下的藨草 CP 含量有明显影响, 92 kg·hm⁻² 施氮处理 CP 含量显著高于不施氮处理($P < 0.05$)。A₇₀B₉₂ 组合 CP 含量最高, 而 A₃₀B₀ 组合 CP 含量最低, 前者比后者高 32.72% ($P < 0.05$)。

再生期藨草 CF 和 ADF 含量受施氮量和行距影响明显(表 4)。在 30 和 70 cm 行距下, 施氮处理 CF 和 ADF 含量普遍高于同行距下的不施氮处理。在同行距下, 高氮(92 kg·hm⁻²)处理 CF 含量显著高于不

施氮处理($P < 0.05$)。A₃₀B₀ 组合 CF 和 ADF 含量最低, CF 和 ADF 含量分别在 A₅₀B₉₂ 和 A₇₀B₉₂ 组合最高, 分别比 A₃₀B₀ 组合高 28.35% 和 34.29% ($P < 0.05$)。

再生期藨草 EE 含量随施氮量增加而升高, NFE 含量随施氮量增加而下降(表 4)。同行距下, 施氮处理间 EE 含量差异显著($P < 0.05$)。高氮(92 kg·hm⁻²)处理下藨草 NFE 含量显著低于同行距下不施氮处理($P < 0.05$)。EE 和 NFE 含量分别以 A₇₀B₉₂ 和 A₃₀B₀ 组合最高, 以 A₃₀B₄₆ 和 A₇₀B₉₂ 组合最低, EE 和 NFE 含量前者比后者分别高 64.90% 和 46.25%。

随行距和施氮量增加, 藨草 Ash、Ca 和 P 含量均呈增长趋势(表 4)。A₇₀B₉₂ 组合 Ca 和 P 含量最高, A₃₀B₀ 组合最低, 分别比 A₇₀B₉₂ 组合低 43.40% 和 32.14% ($P < 0.05$); Ash 含量以 A₅₀B₄₆ 组合最高, A₃₀B₄₆ 组合最低, 前者比后者高 40.02% ($P < 0.05$)。

表 4 氮肥与行距对再生期藨草营养成分含量的影响

Table 4 Effects of nitrogen fertilizer and row spacing combination on nutrient contents of reed canarygrass at regrowth stage

处理 Treatment	粗蛋白 CP/%	粗纤维 CF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗脂肪 EE/%
A ₃₀ B ₀	12.93±0.79d	21.20±0.38e	34.97±0.24d	4.85±0.14c
A ₃₀ B ₄₆	13.81±0.69bcd	24.46±0.70bc	36.75±1.21d	3.96±0.01e
A ₃₀ B ₉₂	13.58±0.26bcd	23.39±0.58cd	37.81±0.94d	5.71±0.19b
A ₅₀ B ₀	14.93±0.69b	23.19±0.66cd	41.53±0.41c	4.38±0.05d
A ₅₀ B ₄₆	13.85±0.72bcd	22.98±0.64cd	44.76±0.96ab	4.96±0.18c
A ₅₀ B ₉₂	14.24±0.15bc	27.21±0.19a	37.22±1.21d	6.24±0.05a
A ₇₀ B ₀	13.32±0.39cd	22.60±0.11de	42.02±1.07bc	4.32±0.02d
A ₇₀ B ₄₆	14.67±0.31bc	26.18±0.50a	45.48±1.39a	4.08±0.04de
A ₇₀ B ₉₂	17.16±0.08a	25.65±0.33ab	46.96±0.21a	6.53±0.02a
处理 Treatment	无氮浸出物 NFE/%	粗灰分 Ash/%	钙 Ca/%	磷 P/%
A ₃₀ B ₀	50.47±1.53a	7.34±0.15d	0.90±0.01e	0.38±0.01e
A ₃₀ B ₄₆	47.07±0.84b	7.22±0.08d	1.20±0.02d	0.45±0.01cd
A ₃₀ B ₉₂	44.55±1.36bc	8.31±0.42c	0.99±0.02e	0.44±0.01d
A ₅₀ B ₀	40.47±1.50de	7.47±0.23d	0.90±0.01e	0.43±0.02d
A ₅₀ B ₄₆	41.39±0.77d	10.11±0.08a	1.49±0.03b	0.52±0.01ab
A ₅₀ B ₉₂	36.14±1.22fg	8.92±0.13b	1.58±0.04a	0.53±0.01ab
A ₇₀ B ₀	44.34±0.42c	9.75±0.19a	1.30±0.02c	0.51±0.03ab
A ₇₀ B ₄₆	38.18±1.43ef	9.13±0.18b	1.35±0.04c	0.49±0.01bc
A ₇₀ B ₉₂	34.51±0.86g	9.94±0.39a	1.59±0.04a	0.56±0.01a

3 讨论与结论

3.1 氮肥与行距对不同生育时期藨草产量的影响

氮肥和行距对牧草生长和产量具有明显影

响^[11-15]。施氮处理的不同生育时期藨草产量均显著高于不施氮处理, 而施氮 46 和 92 kg·hm⁻² 间藨草产量差异不显著, 说明藨草栽培草地春季适宜施氮量为 46~92 kg·hm⁻²。春季施氮肥对成熟期刈割的再生

草生长仍有促进作用,春季施氮肥 $92 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 再生草产量增长更加明显。

适宜的行距有利于提高牧草产量^[13-15]。不同生育时期藜草最高产量均出现在 30 cm 行距,在相同施氮量下,藜草产量随行距增加而下降,这一结果与莠麦(*Avena nuda*)秸秆产量随着行距的增大呈下降趋势的结果^[15]以及无芒雀麦(*Bromus inermis*)地上生物量随着行距增加而递减的结果^[14]一致。值得注意的是,通草 1 号藜草是多年生根茎型禾草,其无性繁殖能力极强,随着生长年限增加,种群密度将增大,行距对草产量的效应将随生长年限的延长而下降。

3.2 氮肥与行距对不同生育时期藜草品质的影响

适量的氮肥可改善禾本科牧草的品质,使其质嫩、蛋白质含量提高的同时粗纤维含量降低^[11-12]。由于植物粗蛋白含量的高低一般是以植株体内全氮含量为依据,春季施氮肥使植物体内含氮量增加,所以氮肥对粗蛋白含量的影响较明显;另外春季施氮肥显著增加了藜草营养枝数,而对生殖枝数影响不显著^[13],使群体蛋白质含量增加,与前人^[1,6,16-17]的研究结论一致。施氮肥提高了藜草粗脂肪含量,这一结果与施肥对无芒雀麦^[16]和紫花苜蓿(*Medicago sativa*)^[18]粗脂肪的研究结果一致。许多研究表明,施氮使柳枝稷(*Panicum virgatum*)^[19]、粮饲兼用玉米(*Zea mays*)^[20]、猫尾草^[1]等的酸性洗涤纤维含量下降。施肥显著增加了羊草粗蛋白、粗脂肪含量,降低了粗纤维、灰分和无氮浸

出物含量,提高了羊草品质^[2]。对小黑麦(*Triticale cereale*)的施肥研究^[12]表明,追施氮肥处理的粗蛋白含量及产量均大于未追施氮肥的处理,而中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量小于未追施氮肥的处理。本研究中,高氮处理提高了成熟期和再生期藜草粗纤维和酸性洗涤纤维含量。而有研究^[11]表明,施氮提高了高寒草甸牧草粗蛋白含量,粗纤维和中性洗涤纤维含量先降低后增加,过量施肥则会增加粗纤维和中性洗涤纤维含量,从而降低饲草品质,本研究与之一致。施氮促进了藜草的成熟老化,使其粗纤维和中性洗涤纤维含量增加。施氮促进了再生草的生长,使其茎的生长量和草产量增加,而粗纤维和中性洗涤纤维含量随之增加。

关于行距对作物营养成分含量的影响研究结果不尽一致。本研究表明,行距对藜草营养成分含量有一定影响,宽行距下藜草粗蛋白质含量高于窄行距,而粗纤维含量低于窄行距。这可能与宽行距下藜草分蘖旺盛,营养枝数和叶量率高于窄行距有关。随着藜草生长期的延长,粗蛋白含量迅速下降,酸性洗涤纤维含量升高。

综上所述,抽穗期是藜草刈割利用的最适时期,种植行距 30 cm,施氮 $92 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时可获得较高的饲草产量($10\,061.9 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)和粗蛋白质产量($1\,739.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

参考文献 References:

- [1] 杨开虎,于磊,张前兵,罗良俊,杨国林,和海秀.施氮对猫尾草栽培草地饲草产量和品质的影响.草业科学,2015,32(12):2071-2077.
Yang K H, Yu L, Zhang Q B, Luo L J, Yang G L, He H X. Effects of nitrogen application on *Phleum pratense* pasture's forage yield and quality. Pratacultural Science, 2015, 32(12): 2071-2077. (in Chinese)
- [2] 董晓兵,郝明德,郭胜安,石学军,马甜,刘盼盼,刘公社.施肥对羊草产量和品质的影响.草业科学,2014,31(10):1935-1942.
Dong X B, Hao M D, Guo S A, Shi X J, Ma T, Liu P P, Liu G S. Fertilization effects on hay yield and quality of *Leymus chinensis*. Pratacultural Science, 2014, 31(10): 1935-1942. (in Chinese)
- [3] 郭明明,赵广才,郭文善,常旭虹,王德梅,杨玉双,王美,范仲卿,亓振,王雨,刘孝成.施氮量与行距对冬小麦品质性状的调控效应.中国生态农业学报,2015,23(6):668-675.
Guo M M, Zhao G C, Guo W S, Chang X H, Wang D M, Yang Y S, Wang M, Fan Z Q, Qi Z, Wang Y, Liu X C. Effects of nitrogen rate and row spacing on winter wheat grain quality. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(6): 668-675. (in Chinese)
- [4] 祝小龙.氮肥和行距对小麦产量和品质的影响研究.合肥:安徽农业大学硕士学位论文,2008.
Zhu X L. Studies on yield and quality under intra spacing and nitrogen. Master Thesis. Hefei: Anhui Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [5] 吴玉娥,薛香,郝庆炉,段爱旺,杨文平.行距对超高产小麦产量和品质的影响.麦类作物学报,2004,24(3):84-86.
Wu Y E, Xue X, Gao Q L, Duan A W, Yang W P. Effect of row spacing on grain yield and quality of super-high yielding wheat. Journal of Triticeae Crops, 2004, 24(3): 84-86. (in Chinese)

- [6] 沈文彤,王静,张蕴薇,杨富裕,姚拓.种植行距与施肥量对柳枝稷产量及粗蛋白质含量影响.草地学报,2010,18(4):594-597.
Shen W T,Wang J,Zhang Y W,Yang F Y,Yao T.Effect of planting row distance and nitrogen rate on switchgrass yield and the content of crude protein.Acta Agrestia Sinica,2010,18(4):594-597.(in Chinese)
- [7] Sahramaa M,Ihamek H,Jauhiainen L.Variation in biomass related variables of reed canary grass.Agricultural and Food Science in Finland,2003,12:213-225.
- [8] 张永亮,骆秀梅.藜草的研究进展.草地学报,2008,16(6):659-666.
Zhang Y L,Luo X M.Research progress of reed canarygrass.Acta Agrestia Sinica,2008,16(6):659-666.(in Chinese)
- [9] Smith D,Bula R J,Walgenbach R P.Reed canarygrass.In:Forage Management,5th ed.Dubuque:Kendall Hunt Publishing Co.,1986.
- [10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术.第二版.北京:中国农业大学出版社,2003.
- [11] 符佩斌,干友民,张洪轩,杨平贵,郭丽娟,曾华,陈立坤,张雪莲,薛晶月,刘焘,苏剑,高伟,洪家平.施肥对高寒草甸产草量和品质的影响.草业科学,2015,32(7):1137-1142.
Fu P B,Gan Y M,Zhang H X,Yang P G,Guo L J,Zeng H,Chen L K,Zhang X L,Xue J Y,Liu T,Su J,Gao W,Hong J P.Effects of fertilizing on the forage production and quality of alpine grassland.Pratacultural Science,2015,32(7):1137-1142.(in Chinese)
- [12] 董召荣,田灵芝,赵波,武德传,朱玉国.小黑麦牧草产量与品质对施氮的响应.草业科学,2008,25(5):64-67.
Dong Z R,Tian L Z,Zhao B,Wu D C,Zhu Y G.Effects of nitrogen application on the yield and quality of *Triticale cereale*.Pratacultural Science,2008,25(5):64-67.(in Chinese)
- [13] 张永亮,张浩.行距与氮肥对藜草分蘖和产量的影响.中国草地学报,2013,35(2):43-47.
Zhang Y L,Zhang H.Effect of row spacing and nitrogen fertilizer application on tillers and yield of *Phalaris arundinacea*.Chinese Journal of Grassland,2013,35(2):43-47.(in Chinese)
- [14] 吴菲菲,张永亮,王显国.行距与播种量对无芒雀麦生产性状的影响.草业科学,2013,30(1):91-95.
Wu F F,Zhang Y L,Wang X G.Impacts of row spacing and sowing rate on production characteristics of *Bromus inermis*.Pratacultural Science,2013,30(1):91-95.(in Chinese)
- [15] 贾志锋.播量和行距对莜麦产量及其构成因素的影响.草业科学,2014,31(3):474-478.
Jia Z F.Effects of seeding rate and row space on yield and components of naked oat.Pratacultural Science,2014,31(3):474-478.(in Chinese)
- [16] 罗凤敏,雷虹娟,汪季,王静,高亮,高君亮,党晓宏.水肥调控对无芒雀麦品质的影响.草业科学,2014,33(1):2135-2140.
Luo F M,Lei H J,Wang J,Wang J,Gao L,Gao J L,Dang X H.Effectsof irrigation and fertilizer on quality of *Bromus inermis*.Pratacultural Science,2014,33(1):2135-2140.(in Chinese)
- [17] 张晓玲,刘晓静,齐鹏.外源氮素形态及水平对紫花苜蓿幼苗各部位氮含量的影响.草原与草坪,2015,35(2):9-14.
Zhang X L,Liu X J,Qi P.Effects of exogenous nitrogen forms and level on nitrogen content in different parts of alfalfa seedlings.Grassland and Turf,2015,35(2):9-14.(in Chinese)
- [18] 贾珺,韩清芳,周芳,贾志宽,王俊鹏,杨保平.氮磷比对旱地紫花苜蓿产量构成因子及营养成分的影响.中国草地学报,2009,31(3):77-81.
Jia J,Han Q F,Zhuo F,Jia Z K,Wang J P,Yang B P.Effects of different N/P ratio on forage yield components and nutritional composites in non-irrigated land.Chinese Journal of Grassland,2009,31(3):77-81.(in Chinese)
- [19] 沈文彤.种植行距及氮肥施用量对柳枝稷生长、饲用品质及能源特性的影响.兰州:甘肃农业大学硕士学位论文,2010.
Shen W T.Effect of row spacing and nitrogen rate on switchgrass of growing,feed quality and energy characteristics.Master Thesis.Lanzhou:Gansu Agricultural University,2010.(in Chinese)
- [20] 李婧,李玲玲,张立健,陈亮亮,谢军红.氮肥用量对粮饲兼用玉米产量和饲用品质形成的影响.草业科学,2015,32(3):442-449.
Li J,Li L L,Zhang L J,Chen L L,Xie J H.Effects of nitrogen application on yield and forage quality of grain and forage maize.Pratacultural Science,2015,32(3):442-449.(in Chinese)

(责任编辑 王芳)