

# Interactive Effects of Nitrogen and Density on Silage Yield and Quality of DeMeiYa 1

Junzhu Ge, Ji Zha, Qian Liang, Yao Zhang, Zhiqi Ma

College of Agronomy & Resources and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin  
Email: gjz0121@126.com

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 9<sup>th</sup>, 2019; published: Oct. 29<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

In order to identify the interactive effects of nitrogen and density on forage yield and quality of silage maize in farming-pastoral interlacing area of Northwest Hebei province, early maturing maize hybrid DMY1 was used as material in this study. The results showed that the leaf area index (lai) of DMY1 at silking stage and maturity stage was significantly increased by nitrogen and density increased. The leaf SPAD value was significantly increased by nitrogen addition, but decreased by density increasing. But in this study, there were no significant difference between DMY1 silage yields among nitrogen application treatments and density treatments, respectively. The effects of nitrogen application and density on DMY1 crude protein, acidic washing fiber, neutral washing fiber, starch, water-soluble carbohydrate, ash, total digestible nutrient and milk productivity were not significant. Therefore, to achieve high yield and high quality in the farming-pastoral interlacing area of Northwest Hebei province, the nitrogen application of the silage maize should be controlled at 180 - 225 kg·ha<sup>-1</sup> to reduce the non-point source pollution, and the density should be controlled at 6.75 × 10<sup>4</sup> - 9.0 × 10<sup>4</sup> plants·ha<sup>-1</sup> to reduce the lodging risk.

## Keywords

Silage Maize, Nitrogen Application, Density, Silage Yield, Silage Quality

# 氮密互作对德美亚1号青贮产量及品质的调控效应

葛均筑, 扎吉, 梁茜, 张垚, 马志琪

天津农学院农学与资源环境学院, 天津  
Email: gjz0121@126.com

收稿日期: 2019年8月20日; 录用日期: 2019年10月9日; 发布日期: 2019年10月29日

## 摘要

为明确冀西北坝上农牧交错区氮密互作对青贮玉米产量和品质调控效应, 本文选用早熟品种德美亚1号为材料。结果表明: 增氮和增密均显著提高青贮玉米生育期的叶面积指数; 增氮极显著提高青贮玉米叶片SPAD值, 但增密SPAD值显著降低。本研究范围内, 增氮和增密对DMY1青贮产量均无显著影响。密度和施氮量对DMY1青贮玉米品质粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、淀粉、水溶性碳水化合物、灰分、总可消化养分和牛奶生产力的影响均未达显著水平。综之在本研究范围内, 冀西北农牧交错区青贮玉米施氮量宜控制在180~225 kg·hm<sup>-2</sup>, 降低面源污染, 密度范围为6.75~9.0万株hm<sup>-2</sup>防止倒伏, 以实现青贮玉米的高产与优质。

## 关键词

青贮玉米, 施氮量, 密度, 青贮产量, 青贮品质

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

青贮玉米在我国是畜牧业的主要饲料来源, 在国民经济中占有越来越重要的地位[1]。河北冀西北坝上地区是典型的农牧交错带, 由于养殖总量增加及草场承载能力降低限制, 如何基于地区光照充足而热量资源不足, 无霜期短和降雨量偏少的现状, 发展青贮玉米, 实现青贮玉米产量突破达到了 60 t/hm<sup>2</sup> [2], 促进畜牧业发展是坝上地区作物研究的热点问题。氮素是玉米产量和品质形成的必需元素之一, 合理施氮不仅能够提高青贮玉米的产量, 还可以优化品质[3]。随种植密度增加, 优化群体结构, 协调个体与群体间的矛盾, 保证个体健壮地生长发育, 实现高产[4] [5]。增加施氮提高青贮玉米的品质[6] [7]。密度增加青贮产量提高, 但粗脂肪含量降低, 中性洗涤纤维/酸性洗涤纤维含量升高[8] [9]。兰宏亮等[10]研究表明, 施氮量增加时, 产量增加, 但施氮过量会导致青贮玉米产量降低。密植条件下, 合理施氮能保障光合作用的物质积累, 调控青贮玉米产量[9], 华鹤良等[11]研究表明, 施氮量和种植密度都显著影响青贮玉米地上部分生物产量和营养品质。因此, 研究并明确氮密互作对青贮玉米德美亚 1 号产量和品质的调控规律, 可为冀西北坝上农牧交错区青贮玉米的高产栽培技术提供理论指导和技术支撑。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料与地点

采用早熟玉米德美亚 1 号(DMY1)为试验材料, 于 2018 年 5 月~9 月在中国农科院作物所沽源试验站基地进行。

### 2.2. 试验设计与方法

本试验采用裂区试验设计, 主区为密度分别为 67,500 pls·hm<sup>-2</sup> (D6.75)、90,000 pls·hm<sup>-2</sup> (D9.0)和 112,500 pls·hm<sup>-2</sup> (D11.25), 裂区为施氮量 0 kg·hm<sup>-2</sup> (N0)、135 kg·hm<sup>-2</sup> (N135)、180 kg·hm<sup>-2</sup> (N180)和 225 kg·hm<sup>-2</sup> (N225), 分别记为 N0、N135、N180 和 N225。每个处理均公顷分别施用 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 125 kg, K<sub>2</sub>O 38.46 kg, 其中 N 肥 60%作种肥, 40%于大口期追施, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 100%作种肥。小区行长 7.5 m, 行距 0.6 m,

10 行区，小区面积 43.2 m<sup>2</sup>，各小区间设置 1 m 隔离带，重复 3 次。其它管理条件随大田管理措施进行。

### 2.3. 测定指标与方法

- 1) 叶面积指数动态：于吐丝期和收获期，小区取代表性样株 3 株，测定绿叶面积，计算叶面积指数。
- 2) 叶片 SPAD 值：于吐丝期和收获期，小区取代表性样株 30 株，测定穗位叶片 SPAD 值。
- 3) 青贮产量：蜡熟初期收获，每小区收获 5 m<sup>2</sup>，重复 3 次，测定青体产量。
- 4) 青贮品质指标：将收获期粉碎后的样品采用近红外方法测定粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、淀粉、水溶性碳水化合物、灰分、总可消化养分和牛奶等青贮指标。

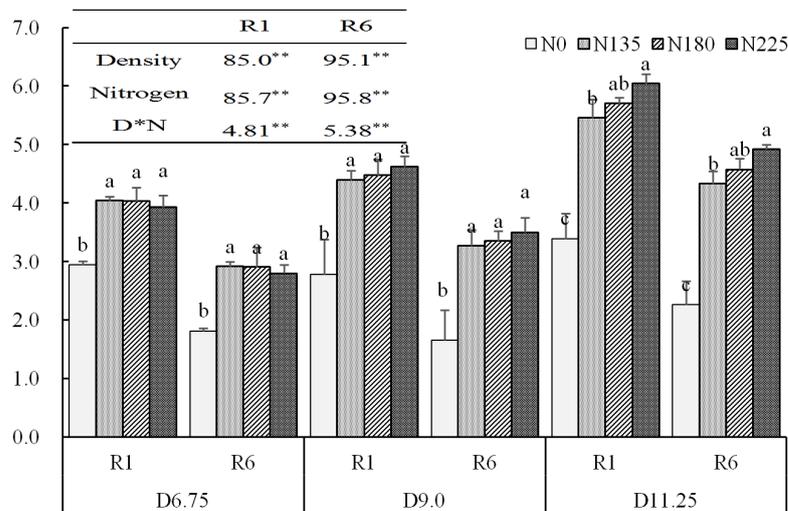
### 2.4. 数据分析

利用 MicrosoftExcel 2007 处理初始数据，用 SPSS19.0 对数据进行 ANOVA 方差分析和 Duncan 差异性分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 叶面积指数

由图 1 可以看出，随时密度增加，DMY1 吐丝期和收获期的叶面积指数显著增高，与 D6.75 相比，D9.0 和 D11.25 处理在吐丝和收获期 LAI 分别增加 8.88% 和 37.88%，12.72% 和 54.25%。施氮量增加显著增加了 DMY1 的叶面积指数，与 N0 处理相比，施氮后 R1 的 LAI 分别增加 52.50%、55.94% 和 60.14%，R6 期的 LAI 增加了 83.49%、88.96% 和 95.63%。分析密度在同一施氮水平下的 LAI 影响可以看出，N0 水平下密度增加对 LAI 无显著影响；N135 和 N180 水平下，D6.75 和 D9.0 处理间 LAI 在吐丝和收获期均无差异，均显著低于 D11.25 处理；在 N225 水平下，D6.75 处理 R1 和 R6 期 LAI 显著低于 D9.0 和 D11.25 处理，D9.0 处理 LAI 亦显著低于 D11.25 处理。分析施氮量对 DMY1 的 LAI 影响可以看出，在 D6.75 和 D9.0 处理下施氮量间的 LAI 显著差异，但显著高于 N0 处理；在 D11.25 水平下，增施氮肥 LAI 持续增加，N225 水平 LAI 显著高于 N135 水平。



备注：\*\*表示在 0.01 水平下达极显著差异；\*表示在 0.05 水平下达显著差异；NS 表示无显著差异。下同。

Figure 1. Leaf area index

图 1. 叶面积指数

### 3.2. 穗位叶 SPAD 值

随时密度增加, DMY1 在 R1 期和 R6 期的穗位叶 SPAD 值显著降低, 如下图 2, 与 D6.75 相比, D9.0 和 D11.25 处理在 R1 和 R6 的 LAI 分别增加 7.85% 和 8.10%, 9.48% 和 9.78%, D9.0 和 D11.25 处理穗位叶 SPAD 无显著差异。施氮量增加极显著增加了 DMY1 穗位叶的 SPAD 值, 与 N0 处理相比, 施氮后 R1 的 LAI 分别增加 79.80%、82.99% 和 88.00%, R6 期的 LAI 增加了 113.28%、117.81% 和 124.92%。分析密度在同一施氮水平下的穗位叶 SPAD 值影响可以看出, N0 和 N225 水平下密度增加对穗位叶 SPAD 值降低的效应, 但未达显著水平; N135 和 N180 水平下, D6.75 和 D9.0 处理间穗位叶 SPAD 值在 R1 和 R6 期均无差异, 但 D6.75 水平系显著高 D11.25 处理, 9.0 和 D11.25 处理间无差异。分析施氮量对 DMY1 的穗位叶 SPAD 影响可以看出, 在 D6.75、D9.0 和 D11.25 水平下, 增加施氮量具有提高穗位叶 SPAD 值的趋势, 但施氮量间差异不显著。

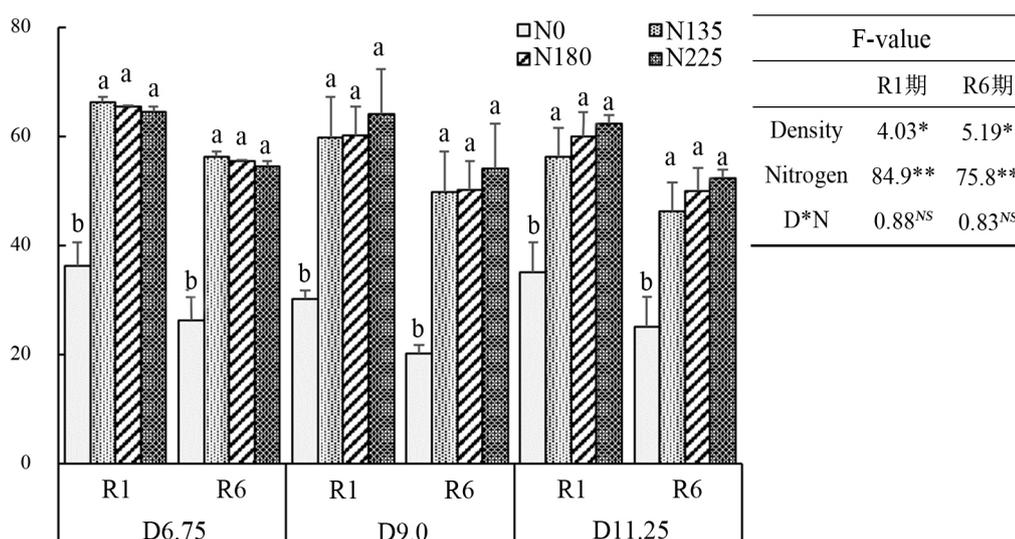


Figure 2. Spike leaf SPAD value

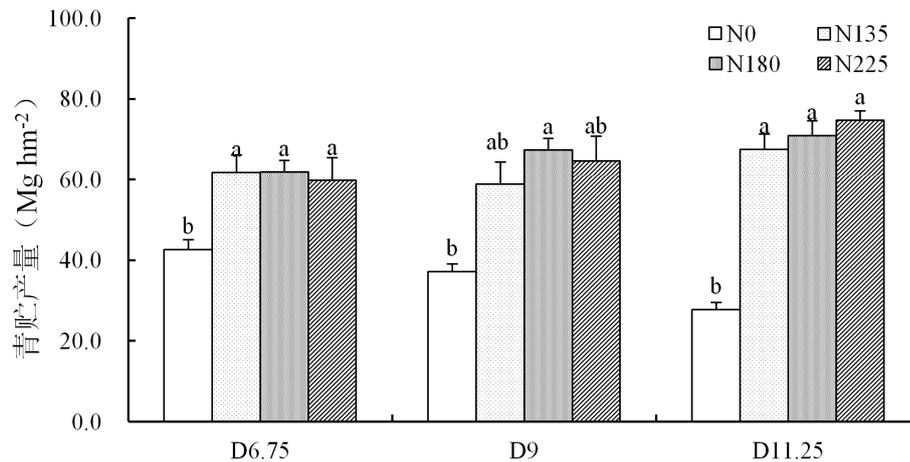
图 2. 穗位叶 SPAD 值

### 3.3. 青贮产量

由图 3 可以看出, 在 D6.57~D11.25 范围内, 增密对 DMY1 青贮产量增加不显著, 与 N0 相比, 施氮后 DMY1 青贮产量显著增加 74.7%~86.0%, 但施氮水平间的青贮产量无差异。分析同一施氮水平下密度对 DMY1 干物质积累的影响可以看出, 在 N0 水平下, 增密后青贮产量显著降低, D9.0 和 D11.25 处理比 D6.75 减产 12.8% 和 35.0%, D11.25 比 D9.0 减产 25.5%; 在 N135 水平下, D6.7 和 D9.0 间产量差异不显著, 但均显著低于 D11.25 处理; 在 N180 和 N225 水平下, 增密增加 DMY1 青贮产量, D9.0 和 D11.25 处理比 D6.75 分别增产 8.8% 和 14.6%、8.0% 和 25.1%, D9.0 和 D11.25 在 N180 水平时无差异, 但在 D11.25 时差异显著, D11.25 比 D9.0 增产 15.8%。在同一密度下施氮量对 DMY1 青贮产量的差异均未达显著水平。

### 3.4. 青贮品质

密度对 DMY1 青贮玉米品质粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、淀粉、水溶性碳水化合物、灰分、总可消化养分和牛奶生产力的影响均未达显著水平(表 1)。与 N0 相比, 施氮后显著增加了 DMY1 粗蛋白含量, 淀粉含量增加不显著; 酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维和灰分含量显著降低。



**Figure 3.** Silage yield of DM Y1  
**图 3.** 青贮产量的影响

**Table 1.** Effect of interactive effects of nitrogen and density on silage quality of DM Y1  
**表 1.** 氮密互作对 DM Y1 青贮品质的影响

	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	Starch (%)	WSC (%)	Ash (%)	TDN (%)	Hay Milk (Kg·Mg <sup>-1</sup> )
D6.75	N0	5.38	24.09	39.82	32.77	10.12	75.12	952.14
	N135	8.26	21.43	39.59	29.28	11.62	75.59	1024.56
	N180	7.35	22.93	41.29	30.11	9.60	75.01	983.10
	N225	8.11	23.26	40.01	29.47	10.70	74.55	977.61
D9.0	N0	5.71	25.01	43.80	24.97	13.66	74.41	1173.11
	N135	7.44	23.52	40.42	31.02	10.68	75.77	998.55
	N180	7.25	26.05	41.59	30.19	5.59	72.84	881.33
	N225	8.23	22.67	38.38	31.91	9.36	76.18	947.00
D11.25	N0	5.21	27.66	44.53	28.57	9.28	72.78	962.19
	N135	7.95	25.65	42.66	27.56	9.17	73.19	1003.89
	N180	7.97	22.91	39.12	29.58	10.12	75.60	985.71
	N225	8.29	23.42	40.07	27.92	10.79	75.62	1048.07

备注: CP: 粗蛋白, ADF: 酸性洗涤纤维, NDF: 中性洗涤纤维, Starch: 淀粉, WSC: 水溶性碳水化合物, Ash: 灰分, TDN: 总可消化养分, Hay Milk: 牛奶生产力。

#### 4. 讨论与结论

种植密度的不同, 对叶片的光能利用程度有很大影响。安晓宁等[12]表示, 当种植密度大于 90,000  $\text{pls}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 3、6、9 叶的叶绿素含量差异较大, Pn 叶显著下降。刘娟等[13]研究表明, 随着种植密度的增加, Pn (净光合速率)、SPAD 值(叶绿素相对含量)、冠层透光率都会下降。穗位叶的光合速率、叶绿素含量会随着施氮量的增加而增加。楚光红等[14]研究表明, 随施氮量增加, 延缓了穗位叶以下叶片的衰老速率, 总光合势增加, 并且增加了光合速率和气孔导度。本研究结果表明, 密度增加, DM Y1 吐丝期和收获期的叶面积指数显著增高, 施氮量增加显著增加了 DM Y1 的叶面积指数, 说明密度增加可以截获更多的光能, 促进干物质的积累, 提高产量。密度增加, DM Y1 穗位叶 SPAD 值显著降低, 施氮量增加极显著增加了 DM Y1 穗位叶的 SPAD 值, 说明增密后叶片的含氮量降低, 光合性能减弱, 但施氮量可以提

高叶片含氮量, 促进叶片的光合作用, 提高干物质积累和产量的形成。

关于氮肥和种植密度对于青贮玉米的调控效应的研究较多, 构建合理的群体结构和施氮量可显著提高青贮玉米的产量和品质, 研究表明[9] [10], 同时密度是限制产量和品质的关键因素, 随着施氮量的增加, 玉米地上部干物质产量增加, 过量施用氮肥反而造成同等密度下青贮玉米产量降低。本研究结果表明, 密度增加显著降低了 DMY1 单株干物质积累量, 但显著增加体干物质积累量, 施氮后单株干物质积累量和群体干物质积累量极显著地增加。本研究密度范围内, 增密对 DMY1 青贮产量增加不显著, 同时施氮水平间的青贮产量亦无差异。密度和施氮量对 DMY1 青贮玉米品质粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、淀粉、水溶性碳水化合物、灰分、总可消化养分和牛奶生产力的影响均未达显著水平。

综之在本研究范围内, 冀西北农牧交错区青贮玉米施氮量宜控制在  $180\sim 225\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 降低面源污染, 密度范围为  $6.75\sim 9.0\text{ 万株 hm}^{-2}$ , 防止倒伏, 以实现青贮玉米的高产与优质。

## 基金项目

国家重点研发计划课题“青贮玉米应对气候变化的关键技术效应与适应性栽培途径研究”(2017YFD0300305)。

## 参考文献

- [1] 岳密江. 青贮玉米与籽粒玉米种植饲喂效果比较[J]. 中国畜牧业, 2018(19): 51-53.
- [2] 方精云, 景海春, 张文浩, 等. 论草牧业的理论体系及其实践. 科学通报, 2018, 63(17): 1619-1631.
- [3] 刘志恒, 徐开未, 王科, 解晋, 王佳锐, 赵亚妮, 陈远学. 不同施氮量对玉米产量及各器官养分积累的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2018, 44(5): 573-579.
- [4] 隋曼. 玉米种植密度对耐密性状的影响[J]. 吉林农业, 2019(8): 30.
- [5] 罗会举, 李玉, 韩国太, 刘俊博. 合理密植的生理基础及其对玉米产量的影响[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(2): 87-88.
- [6] 胡文河, 张丹, 宋红凯, 张吉选, 陈喜凤, 吴春胜. 不同施氮量对青贮玉米产量和品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(7): 102-104.
- [7] 王晓娟, 何海军, 寇思荣, 周玉乾, 刘忠祥, 杨彦忠, 连晓荣, 周文期. 种植密度对不同品种青贮玉米生物产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(1): 169-177.
- [8] 陈志辉, 范连益, 李芳春, 等. 春玉米密肥调控技术研究[J]. 玉米科学, 1996, 4(4): 57-59+74.
- [9] Ferreira, G., Alfonso, M., Depino, S. and Alessandri, E. (2014) Effect of Planting Density on Nutritional Quality of Green-Chopped Corn for Silage. *Journal of Dairy Science*, **97**, 5918-5921. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8094>
- [10] 兰宏亮, 王海波. 施氮量对不同密度夏播青贮玉米产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2): 73-75.
- [11] 华鹤良, 卞云龙, 李国生, 等. 密度和施氮量对青贮玉米产量与品质的影响[J]. 上海农业学报, 2014, 30(4): 81-84.
- [12] 安晓宁, 秦国杰, 牛艳. 种植密度对不同叶位玉米叶片光合特性的影响[J]. 农业与技术, 2018, 38(24): 38.
- [13] 刘娟. 增密与施氮对不同耐密型玉米品种产量及生理特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [14] 楚光红, 章建新. 施氮量对滴灌超高产春玉米光合特性、产量及氮肥利用效率的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(1): 130-136.