



周超,王俊强,韩业辉,等.氮密互作对嫩单 23 产量及干物质积累特性的影响[J].黑龙江农业科学,2022(2):6-9,13.

# 氮密互作对嫩单 23 产量及干物质积累特性的影响

周超<sup>1</sup>,王俊强<sup>1</sup>,韩业辉<sup>1</sup>,许健<sup>1</sup>,马宝新<sup>1</sup>,孙善文<sup>1</sup>,董扬<sup>1</sup>,丁昕颖<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000;2. 黑龙江省农业科学院 畜牧兽医分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

**摘要:**为促进齐齐哈尔地区春玉米高产栽培,于 2020—2021 年进行两年田间试验,以玉米新品种嫩单 23 为试验材料,设置 4 个施氮量,即 0(N0)、120 kg·hm<sup>-2</sup>(N1)、240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)、360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3);3 个种植密度,即 52 500 株·hm<sup>-2</sup>(M1)、60 000 株·hm<sup>-2</sup>(M2)和 67 500 株·hm<sup>-2</sup>(M3),研究不同施氮量和种植密度组合对嫩单 23 单株及群体干物质积累特性、产量及其构成因素的影响。结果表明:同一种植密度条件下,氮肥施用水平对千粒重、穗粒数、产量、花后单株干物质积累量、花后群体干物质积累量影响显著;随着种植密度的增加,同一施肥水平下嫩单 23 的千粒重和穗粒数呈降低趋势。说明根据嫩单 23 的品种特征特性,合理地增加种植密度、减少氮肥的施用量,协调群体的光能及养分的利用效率,进而可以获得更高的产量。研究表明玉米品种嫩单 23 的适宜种植密度为 67 500 株·hm<sup>-2</sup>,最佳施氮量为 240 kg·hm<sup>-2</sup>。

**关键词:**氮密互作;春玉米;产量;干物质积累特性

玉米是我国的第一大粮食作物,在保障国家粮食安全上起到至关重要的作用<sup>[1]</sup>。目前玉米的增产途径主要通过合理地提高施肥量、灌水量、种植密度以及其他一些病虫害防治措施等<sup>[2]</sup>,其中合理施用氮肥是玉米增产最快、最有效的途径<sup>[3]</sup>。目前直接研究种植密度对玉米氮素利用的研究较少,一般多把种植密度与施氮量结合进行研究。多项研究表明,种植密度对氮肥偏生产力影响显著,对其他氮肥利用指标无显著影响<sup>[4-6]</sup>。而种植密度对氮肥偏生产力的影响本质上是种植密度对玉米籽粒产量的影响。还有研究发现,增加种植密度还会引起玉米单株含氮量的降低,群体氮素积累量、氮素转运量及其对籽粒贡献率的增加<sup>[7-11]</sup>。这本质上是关于种植密度对干物质积累的影响研究。确定品种最佳的氮肥施用量和种植密度,提高产量是当前春玉米生产中急需解决的重要问题。因此,本研究设置 3 个种植密度和 4 个施氮量水平,研究种植密度与施氮量互作对玉米品种嫩单 23 产量及干物质积累特性的影响。以期科学施用氮肥及建立玉米增产增效栽培技

术体系提供理论及实践依据,为齐齐哈尔地区春玉米高产栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地状况

本试验于 2020—2021 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地进行,土壤类型为黑土,土壤基本理化性状为 pH6.9,有机质含量 17.37 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮 89.51 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 10.7 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 80.3 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 材料

本试验选用嫩单 23 为试验材料,该品种由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院玉米室育成,2019 年通过黑龙江省审定(黑审玉 20190013)。嫩单 23 株高平均 277 cm,穗位高 108 cm,成株可见 17 片叶。果穗圆筒型,穗轴红色,穗长 20.0 cm,穗粗 4.9 cm,穗行数 14~16 行,籽粒中齿质型、黄色,百粒重 38.0 g。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用裂区设计,设置 4 个施氮水平,分别为 0 kg·hm<sup>-2</sup>(N0)、120 kg·hm<sup>-2</sup>(N1)、240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)和 360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3);3 个种植密度处理,分别为 52 500 株·hm<sup>-2</sup>(M1)、60 000 株·hm<sup>-2</sup>(M2)和 67 500 株·hm<sup>-2</sup>(M3);试验共计 12 个处理,3 次重复,共计 36 个小区,采用

收稿日期:2021-12-02

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-02-38)。

第一作者:周超(1986—),女,硕士,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:zhouchao1201@126.com。

随机区组排列。小区面积29.4 m<sup>2</sup>,每小区长7 m,宽4.2 m,设置7行区,等行距种植,每行间距为0.6 m。四周设保护行各1 m。每个处理在播前施磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)120 kg·hm<sup>-2</sup>和钾肥(K<sub>2</sub>O)240 kg·hm<sup>-2</sup>。施用氮肥为普通尿素(46%),分别在拔节期和大喇叭口期,分两次按4:6比例施入。两年试验均于5月4日播种,10月5日收获,其他管理与大田相同。

1.3.2 测定项目及方法 每个处理分别在开花期(VT)和成熟期(R6)取3株长势均匀且具代表性的植株,按器官分离,放置烘箱内,105℃杀青30 min,然后80℃烘干至恒重测定干物质质量。

成熟期收获各处理,测定有效穗数,室内考种穗粒数和千粒重。

地上部干物质积累量=成熟期单株总干重×成熟期实收株数

花后单株干物质积累量=成熟期单株干物质积累量-开花期单株干物质积累量

花后单株干物质贡献率(%)=花后单株干物质积累量/成熟期单株干物质积累量×100

花后群体干物质积累量=成熟期群体干物质积累量-开花期群体干物质积累量

花后群体干物质贡献率(%)=花后群体干物

质积累量/成熟期群体干物质积累量×100  
收获指数=籽粒产量/成熟期干物质积累量×100

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2003 统计分析数据。本文分析所用数据为2020和2021年数据的平均值。

2 结果与分析

2.1 氮密互作对嫩单 23 产量及构成因素的影响

由表1可知,嫩单23的产量在同一种植密度不同施氮量条件下,产量均呈先增后减的趋势,其中M1N2、M2N2、M3N2处理下的产量较高,分别达到9432.91,9929.95和10018.92 kg·hm<sup>-2</sup>均显著高于同一种植密度下的其他处理产量。在同一施氮量的不同种植密度条件处理下,穗粒数和千粒重呈下降趋势,有效穗数呈增加趋势。3种植植密度下,M3处理收获指数最低。

2.2 氮密互作对嫩单 23 干物质积累特性的影响

由表2和表3可知,花后和成熟期单株干物质积累量随着种植密度的增加整体呈降低趋势,群体干物质积累量呈增加趋势。随施氮量增加,单株干物质积累量和群体干物质积累量整体均呈显著增加的趋势。M1种植密度条件下的花后单株和群体干物质贡献率要高于M2和M3。

表 1 氮密互作对嫩单 23 产量及产量构成因素的影响

密度处理	施氮水平	有效穗数/(穗·hm <sup>-2</sup> )	穗粒数	千粒重/g	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	收获指数
M1	N0	47523 b	546.2 c	320.2 a	8311.45 b	0.58 a
	N1	48012 b	564.1 b	310.1 b	8398.61 b	0.57 a
	N2	49365 a	580.1 a	329.4 a	9432.91 a	0.59 a
	N3	50521 a	548.5 c	295.1 c	8177.45 c	0.50 b
M2	N0	55124 b	528.1 c	293.1 b	8532.43 c	0.53 a
	N1	56021 b	552.3 a	278.5 c	8616.90 c	0.51 ab
	N2	56252 ab	553.2 a	319.1 a	9929.95 a	0.55 a
	N3	57212 a	538.7 b	290.4 b	8950.16 b	0.48 b
M3	N0	62154 c	535.5 b	275.3 b	9162.94 c	0.51 a
	N1	63514 b	545.5 a	267.4 c	9264.58 c	0.48 ab
	N2	63954 b	549.1 a	285.3 a	10018.92 a	0.50 a
	N3	65211 a	523.6 c	282.5 a	9645.82 b	0.46 b

注:同列不同小写字母表示同一密度下不同施氮水平下存在 P≤0.05 水平差异显著。下同。

表 2 氮密互作对嫩单 23 单株干物质积累特性的影响

密度处理	施氮水平	单株干物质积累量/(t·hm <sup>2</sup> )			花后单株干物 质贡献率/%
		开花期	花后	成熟期	
M1	N0	125.2 c	175.1 c	300.3 b	58.3 a
	N1	130.3 b	176.2 c	306.5 b	57.5 a
	N2	140.7 a	185.9 b	326.6 a	56.9 ab
	N3	132.1 b	190.4 a	322.5 a	59.0 a
M2	N0	134.3 c	155.5 b	289.8 c	53.7 a
	N1	142.5 b	159.2 b	301.7 bc	52.8 a
	N2	159.3 a	164.1 ab	323.4 b	50.7 b
	N3	154.8 a	174.5 a	329.3 a	53.0 a
M3	N0	135.2 c	152.1 b	287.3 c	52.9 a
	N1	140.6 c	156.8 b	297.4 b	52.7 a
	N2	147.4 b	163.5 a	310.9 b	52.6 a
	N3	150.1 a	169.4 a	319.5 a	53.0 a

注:干物质积累量均为地上部干物质积累量。下同。

表 3 氮密互作对嫩单 23 群体干物质积累特性的影响

密度处理	施氮水平	群体干物质积累量/(t·hm <sup>2</sup> )			花后群体干物 质贡献率/%
		开花期	花后	成熟期	
M1	N0	5949.9 c	8321.3 b	14271.2 b	58.3 a
	N1	6256.0 b	8459.7 b	14715.7 b	57.5 a
	N2	6945.7 a	9177.0 ab	16122.6 a	56.9 ab
	N3	6673.8 a	9619.2 a	16293.0 a	59.0 a
M2	N0	7403.2 c	8571.8 c	15974.9 c	53.7 a
	N1	7983.0 b	8918.5 c	16901.5 b	52.8 a
	N2	8960.9 a	9231.0 b	18191.9 a	50.7 b
	N3	8856.4 a	9983.5 a	18839.9 a	53.0 a
M3	N0	8403.2 c	9453.6 b	17856.8 c	52.9 a
	N1	8930.1 b	9959.0 ab	18889.1 b	52.7 a
	N2	9426.8 a	10456.5 a	19883.3 a	52.6 a
	N3	9788.2 a	11046.7 a	20834.9 a	53.0 a

3 讨论

研究结果显示,玉米产量受遗传因素、环境因素、栽培措施和播种时间等的影响,其中合理密植、适量施氮是玉米增产的有效途径<sup>[12]</sup>。虽然增加种植密度是提高单产最有效的途径,但是当

密度超过一定限度时,会因叶面积指数过大,而造成玉米植株互相遮荫、通风透光不良,导致叶片早衰枯黄,进而破坏了群体与个体发育的平衡关系,使光合速率降低,干物质积累减少<sup>[13-14]</sup>。随密度增加,群体产量潜力的提升会由于植株个体间的

竞争加剧而受到影响,最终导致产量显著降低,因此生产上不能盲目扩大种植密度。在增密的同时配施一定的氮肥对群体产量的调控作用显得尤为重要<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,在高密度条件下,嫩单 23 群体优势显著,适当的增加密度有助于产量的提高。嫩单 23 在 3 种种植密度条件下,均是 N2 施氮水平下的籽粒产量最高,M1N2、M2N2 和 M3N2 分别为 9 432.91,9 929.95 和 10 018.92 kg·hm<sup>-2</sup>,且均显著高于其他 3 个处理。收获指数随着种植密度的增加呈降低趋势,在 M3 种植密度条件下收获指数最低。可能是嫩单 23 在 67 500 株·hm<sup>-2</sup>种植密度条件下,氮肥施用量主要通过影响穗粒数和千粒重影响产量;在 52 500 和 60 000 株·hm<sup>-2</sup>种植密度条件下,氮肥施用量主要通过影响千粒重、穗粒数和单位面积穗数对产量产生一定的影响,氮肥施用量过高,千粒重和有效穗数都有所降低。已有研究表明,施氮显著提高单株和群体干物质积累量,密度增加导致单株干物质质量减小,而群体干物质质量增加,但过量施氮和过度增密均会使干物质积累量下降<sup>[10,12]</sup>。本研究中施氮量、密度对成熟期单株和群体干物质积累影响均显著,而对其他生育时期影响不显著,与其他学者的研究结果一致,但氮密互作下对干物质积累的影响不显著。

## 4 结论

本试验研究表明,随着种植密度的增加,嫩单 23 的有效穗数和籽粒产量均呈增加趋势;穗粒数和千粒重则呈降低趋势。嫩单 23 在高密度条件下,其群体优势显著,适当增加密度有助于产量的提高。其中,M3N2 处理产量最高,达 10 018.92 kg·hm<sup>-2</sup>。因此,嫩单 23 种植密度在 67 500 株·hm<sup>-2</sup>,施氮量在 240 kg·hm<sup>-2</sup>的栽培模式下能够获得较高的产量。

## 参考文献:

- [1] 李少昆,王立春,王璞,等.中国玉米栽培研究进展与展望[J].中国农业科学,2017,50(11):1941-1959.
- [2] 王春霞.北方玉米增产种植方法分析[J].农家参谋,2019,625(14):70.
- [3] 高祥照,马文奇,杜森,等.我国施肥中存在问题的分析[J].土壤通报,2001,32(6):258-261.
- [4] 张萌,潘高峰,黄益勤,等.增密与减氮对秋玉米产量形成与氮肥利用的影响[J].湖南农业科学,2019(9):17-23.
- [5] 何俊欧.不同密度与施氮量对湖北省春玉米产量形成及氮素利用的影响[D].武汉:华中农业大学,2019.
- [6] 李海娜.覆膜条件下密度与氮肥互作对玉米农艺生产性状及氮磷钾吸收分配的研究[D].延吉:延边大学,2019.
- [7] 李婷,李世清,占爱,等.地膜覆盖、氮肥与密度及其互作对黄土旱原春玉米氮素吸收、转运及生产效率的影响[J].中国农业科学,2018,51(8):1504-1517.
- [8] CHEN K,KUMUDINI S V,TOLLENAAR M,et al. Plant biomass and nitrogen partitioning changes between silking and maturity in newer versus older maize hybrids[J]. Field Crops Research,2015,183:315-328.
- [9] 张雨寒.密度与施氮量互作对春玉米氮素利用效率及产量的影响[D].长春:吉林大学,2019.
- [10] 李广浩,刘娟,董树亭,等.密植与氮肥用量对不同耐密型夏玉米品种产量及氮素利用效率的影响[J].中国农业科学,2017,50(12):2247-2258.
- [11] JIA Q M,XU Y Y,ALI S,et al. Strategies of supplemental irrigation and modified planting densities to improve the root growth and lodging resistance of maize under the ridge-furrow rainfall harvesting system[J]. Field Crops Research,2018,224(1):48-59.
- [12] 肖继兵,孙占祥,蒋春光,等.密度和施氮量对垄膜沟播春玉米干物质积累和产量的影响[J].玉米科学,2017,25(1):98-106.
- [13] 吕丽华,王璞,易镇邪,等.密度对夏玉米品种光合特性和产量性状的影响[J].玉米科学,2007,15(2):79-81.
- [14] 张永科.玉米密植和营养改良之研究[J].玉米科学,2005,3(2):87-90.
- [15] 盛耀辉,王庆祥,齐华,等.种植密度和氮肥水平对春玉米产量及氮素效率的影响[J].作物杂志,2010(6):58-61.

(下转第 13 页)

459-466.

[17] HALPIN C, HOLT K, CHOJECKI J, et al. *Brown-midrib* maize (*bm1*)-a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene[J]. *Plant Journal*, 1998, 14: 545-553.

[18] VIGNOLS F, RIGAU J, TORRES M A, et al. The brown midrib3(*bm3*) mutation in maize occurs in gene encoding caffeic acid omethyltransferase[J]. *Plant Cell*, 1995, 7: 407-416.

[19] 徐丁一, 王红武, 刘志芳, 等. 我国玉米骨干自交系秸秆纤维品质分析[J]. *作物杂志*, 2012(1): 39-43.

# Genetic Analysis of Lignin Content in Maize Stalk at Tasseling Stage

ZHAO Wei

(Maize Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to further explore the genetic basis of lignin content in maize stem at tasseling stage, the recombinant inbred line population and parents constructed with common maize inbred line B73 (strong lodging resistance) as female parent and common maize inbred line Fu 673 (weak lodging resistance) as male parent were used as experimental materials. The combined separation analysis model of major gene and polygene was used, and genetic analysis of lignin content in maize at heading stage was carried out. The results showed that the inheritance of stem lignin content in heading stage of maize accorded with the additive epistasis + polygenic genetic model. The major gene heritability was 41.32%, and the polygenic heritability was 38.79%. Therefore, in the breeding process of lodging resistant maize varieties, we should pay attention to the additive effect and interaction effect between genes, and the cumulative effect of micro effect multi genes can not be ignored.

**Keywords:** maize; lignin content; major gene and polygene; genetic analysis

(上接第 9 页)

# Effects of Nitrogen Application and Density Interaction on Yield and Dry Matter Accumulation Characteristics of Nendan 23

ZHOU Chao<sup>1</sup>, WANG Jun-qiang<sup>1</sup>, HAN Ye-hui<sup>1</sup>, XU Jian<sup>1</sup>, MA Bao-xin<sup>1</sup>, SUN Shan-wen<sup>1</sup>, DONG Yang<sup>1</sup>, DING Xin-ying<sup>2</sup>

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China; 2. Animal Husbandry and Veterinary Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

**Abstract:** In order to promote the high-yield cultivation of spring maize in Qiqihar area, a two-year field experiment was carried out from 2020 to 2021. The new maize variety Nendan 23 was used as the test material, and 4 nitrogen application rates were set, namely 0 (N0), 120 kg·ha<sup>-1</sup> (N1), 240 kg·ha<sup>-1</sup> (N2), and 360 kg·ha<sup>-1</sup> (N3); 3 planting densities, namely 52 500 plants·ha<sup>-1</sup> (M1), 60 000 plants·ha<sup>-1</sup> (M2) and 67 500 plants·ha<sup>-1</sup> (M3), to study the effects of different combinations of nitrogen application rate and planting density on the dry matter accumulation characteristics, yield and component factors of Nendan 23 individual plants and populations. The results showed that under the same planting density, the level of nitrogen fertilizer application had significant effects on 1 000-grain weight, grain number per ear, yield, dry matter accumulation per plant after anthesis, and dry matter accumulation of the population after anthesis; with the increase of planting density, under the same fertilization level, the 1 000-grain weight and the number of grains per spike of Nendan 23 showed a decreasing trend. Therefore, according to the characteristics of the Nendan 23 variety, reasonably increased the planting density, reduced the amount of nitrogen fertilizer, coordinate the light energy and nutrient utilization efficiency of the population, and obtain higher yields. In conclusion, the suitable planting density of the maize variety Nendan 23 was 67 500 plants·ha<sup>-1</sup>, and the optimal nitrogen application rate was 240 kg·ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** nitrogen application and density interaction; spring maize; yield; dry matter accumulation characteristics