

# 不同施氮肥方式对高粱吉杂127干物质和产量的影响

高悦, 侯佳明, 杨微, 赵德, 李捷, 李继洪\*

吉林省农业科学院作物资源研究所, 吉林 公主岭  
Email: [gylina9003@163.com](mailto:gylina9003@163.com), [nky106@163.com](mailto:nky106@163.com)

收稿日期: 2021年8月21日; 录用日期: 2021年9月15日; 发布日期: 2021年9月22日

## 摘要

为探究不同施氮肥方式对高粱产量和干物质积累与分配的影响, 以高粱杂交种吉杂127为试验材料, 设置4种施氮肥方式, 氮肥1:0氮量, 播种前施氮肥0 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾150 kg/hm<sup>2</sup>; 氮肥2: 一次性施氮肥, 播种前施磷酸氢二铵150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾150 kg/hm<sup>2</sup> + 尿素400 kg/hm<sup>2</sup>; 氮肥3: 播种前施磷酸氢二铵150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾150 kg/hm<sup>2</sup> + 追肥(400 kg/hm<sup>2</sup>尿素, 拔节期施用); 氮肥4: 播种前施磷酸氢二铵150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾150 kg/hm<sup>2</sup> + 追肥(500 kg/hm<sup>2</sup>尿素, 拔节期施用)。结果表明: 4种不同施氮肥方式下, 穗部性状和产量均表现不同的趋势, 一级枝梗数、千粒重、经济产量和生物产量均表现为氮肥3 > 氮肥4 > 氮肥2 > 氮肥1, 相比于未施氮肥、一次性施氮肥和二次施氮肥过量处理相比, 氮肥3处理下生育期提前2天, 且在开花期和灌浆期, 高粱群体冠层中、下部叶片能够保持更高的叶面积指数, 并能够增加植株各器官的干物质积累量, 提高花后干物质积累量及其对籽粒产量的贡献率。

## 关键词

高粱, 施氮肥方式, 干物质, 产量

## The Effects of Different Nitrogen Application Methods on Dry Matter and Yield of *Sorghum* Jiza 127

Yue Gao, Jiaming Hou, Wei Yang, De Zhao, Jie Li, Jihong Li\*

Institute of Crop Germplasm Resources, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling Jilin  
Email: [gylina9003@163.com](mailto:gylina9003@163.com), [nky106@163.com](mailto:nky106@163.com)

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: Sep. 15<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2021

\*通讯作者。

文章引用: 高悦, 侯佳明, 杨微, 赵德, 李捷, 李继洪. 不同施氮肥方式对高粱吉杂 127 干物质和产量的影响[J]. 植物学研究, 2021, 10(5): 670-676. DOI: [10.12677/br.2021.105084](https://doi.org/10.12677/br.2021.105084)

## Abstract

In order to explore the effects of different nitrogen application methods on the yield and dry matter accumulation and distribution of *Sorghum*, the *Sorghum* hybrid Jiza 127 was used as the experimental material, and 4 nitrogen application methods were set up. Nitrogen fertilizer 1:0 nitrogen amount, nitrogen fertilizer 0 kg before planting /hm<sup>2</sup> + potassium sulfate 150 kg/hm<sup>2</sup>; nitrogen fertilizer 2: one-time application of nitrogen fertilizer, apply diammonium hydrogen phosphate 150 kg/hm<sup>2</sup> + potassium sulfate 150 kg/hm<sup>2</sup> + urea 400 kg/hm<sup>2</sup> before sowing; nitrogen fertilizer 3: apply diammonium hydrogen phosphate 150 kg/hm<sup>2</sup> + sulfuric acid before sowing Potassium 150 kg/hm<sup>2</sup> + top dressing (400 kg/hm<sup>2</sup> urea, applied at jointing stage); Nitrogen fertilizer 4: Diammonium hydrogen phosphate 150 kg/hm<sup>2</sup> + potassium sulfate 150 kg/hm<sup>2</sup> + top dressing (500 kg/hm<sup>2</sup> urea, applied at jointing stage) before sowing. The results showed that under the four different nitrogen application methods, the ear traits and yield showed different trends. The number of first-grade branches, thousand-grain weight, economic yield and biological yield all showed the order of nitrogen fertilizer 3 > nitrogen fertilizer 4 > nitrogen fertilizer 2 > nitrogen fertilizer 1. Compared with no nitrogen application, one-time application of nitrogen fertilizer and second application of excessive nitrogen fertilizer, the growth period under nitrogen fertilizer treatment 3 was 2 days earlier, and the middle and lower leaves of the *Sorghum* population canopy remained higher during the flowering and filling stages. The leaf area index can increase the accumulation of dry matter in each organ of the plant, and increase the accumulation of dry matter after flowering and its contribution to grain yield.

## Keywords

*Sorghum*, Nitrogen Fertilizer Method, Dry Matter, Yield

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

高粱是适应性很强而又富于多种用途的高产农作物，是全球近 5 亿人口的主食，同时也是很多国家和地区重要的动物饲料。高粱的生长离不开氮肥，氮肥是高粱生长所需的重要养分之一，是高粱生长和发育的重要元素和必备元素，其不同的施肥方式和施肥量对高粱生长有显著的影响。在北方高粱春播早熟区公主岭，采用推广面积很广的吉杂 127 为试验材料，针对当地农民惯用的施氮肥方式(一次性施肥，俗称“一炮轰”和二次施氮肥即追施氮肥)和不同追施用量，开展了施肥方式和施肥量对高粱产量、生物学性状和干物质积累与分配影响的研究，最终明确位于北方高粱春播早熟区之一的公主岭地区最佳的施肥方式和施肥量，以期为该区域高粱高产、稳产和优质化生产提供理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验地概况

本试验于 2019 年在吉林省农业科学院试验基地(124°48'E、43°30'N)进行，试验地为黑钙土，前茬种植大豆，耕层 0~20 cm 土壤 pH 6.43，有机质 24.3 g·kg<sup>-1</sup>、全氮 0.91 g·kg<sup>-1</sup>、碱解氮 97.3 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 22.2 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾 140.8 mg·kg<sup>-1</sup>。

## 2.2. 试验材料

供试材料为吉杂 127, 为吉林省高粱主栽品种, 由吉林省农业科学院作物资源研究所提供。试验所用肥料为磷酸氢二铵、硫酸钾和尿素, 均由吉林地富肥业科技有限责任公司提供。

## 2.3. 试验设计

试验于 2019 年在吉林省农业科学院公主岭院区试验地进行。试验设置 4 种施氮处理, 分别为氮肥 1 (T1): 施氮肥 0 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾 150 kg/hm<sup>2</sup>; 氮肥 2 (T2): 一炮轰, 磷酸氢二铵 150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾 150 kg/hm<sup>2</sup> + 尿素 400 kg/hm<sup>2</sup>, 不追肥; 氮肥 3 (T3): 磷酸氢二铵 150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾 150 kg/hm<sup>2</sup> + 追肥(400 kg/hm<sup>2</sup> 尿素, 拔节期施用); 氮肥 4 (T4): 磷酸氢二铵 150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾 150 kg/hm<sup>2</sup> + 追肥(500 kg/hm<sup>2</sup> 尿素, 拔节期施用)。3 次重复, 小区行长 5 米, 6 行区, 行距 0.6 m, 株距为 15.5 cm, 小区面积 6 \* 5 \* 0.6 = 18 m<sup>2</sup>。其中磷酸氢二铵 150 kg/hm<sup>2</sup> + 硫酸钾 150 kg/hm<sup>2</sup> 均在起垄时一次性施入原垄沟内作为底肥。种植密度统一为 8000 株/hm<sup>2</sup>, 其他管理同一般高产田。

## 2.4. 测定项目与方法

### 2.4.1. 物候期调查

调查试验各个处理的不同生育期。

### 2.4.2. 叶面积指数

在高粱苗期、拔节期、开花期、灌浆前期和灌浆后期进行叶面积指数测定(LAI)。叶面积 = 长 × 宽 × 系数(完全展开叶系数为 0.75, 未完全展开叶系数为 0.5)。

### 2.4.3. 干物质

每小区分别在开花期、灌浆后期(花后 21 天)和成熟期 3 个生育时期, 每一行取同一天开花且长势一致的植株各 20 株, 按照不同时期将植株分成叶片、茎、鞘和穗等器官, 成熟期将营养器官和籽粒分离。分样后于 105℃ 杀青 30 min, 80℃ 烘干至恒质量, 称取各器官干质量。

### 2.4.4. 高粱产量和穗部性状测定

在高粱成熟期收获测产。全小区测产, 风干后进行考种, 测定单株干物质、穗长、穗粗、一、二级枝梗数、穗粒数、千粒质量和穗粒重等产量构成因素, 并计算籽粒产量、经济系数。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 生育期的影响

如表 1 可知, 施肥方式和施肥量对高粱生育期有明显影响, 4 种施肥方式均在 5.15 日播种, 均在 5.23 日出苗, 开花期, 追肥 T3 处理比 T2 和 T4 处理提前 1 d, 比 T1 处理提前 2 天; 灌浆期和成熟期, 追施肥 T3 处理分别比 T2、T4 和 T1 处理提前 1 d、1 d 和 2 d。由此可知, 适当的二次施氮肥方式能够缩短高粱的生育期。

### 3.2. 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 叶面积指数的影响

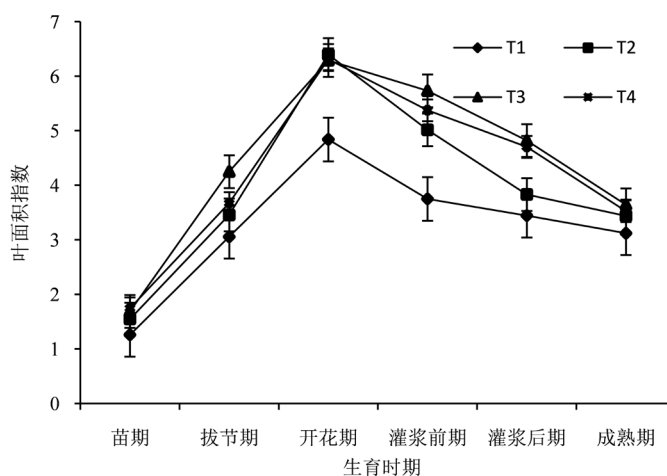
如图 1 所示, 各施肥方式处理的叶面积指数均随着生育期的进行呈现先升高后下降的趋势, 各处理均在开花期达到最大值, 其中 T2、T3、T4 处理在开花期 LAI 值差异不显著, 均显著大于 T1 处理; T2 处理在开花期后 LAI 值下降迅速, T3、T4 处理 LAI 值下降平稳, 且两者间差异不显著。如表 2 所示, 不同冠层部位, 不同处理之间在不同的生育期的叶面积指数呈现不同的变化趋势, 冠层上部, 各处理在

不同时期表现未达到显著水平；管层中部，各处理在不同生育期表现为：T1 处理在各生育期叶面积指数均显著小于其他处理，且 T2、T3 和 T4 的 LAI 值未达到显著水平；冠层下部，开花期，T1 和 T2 处理叶面积指数显著低于其他处理，而灌浆前期和灌浆后期 LAI 值均变为 T3 > T4 > T2 > T1，且各处理达到显著差异水平，这可能和施肥方式有关，不施氮肥处理，后期植株氮肥缺失，叶片持绿性下降，采取一次施肥方式，由于生育期较长，前期氮肥过量，后期氮肥不足，导致氮肥利用率下降，叶片衰老过速，而采用适当追施氮肥(T3 处理)方式，后期氮肥保持较高的利用率，叶片持绿性强，衰老延迟。

**Table 1.** Effects of different fertilization methods and amounts on the growth period of *Sorghum Jiza 127*

**表 1.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 生育期的影响

施肥方式	播种期	出苗期	开花期	灌浆期	成熟期
T1	5.15	5.23	7.31	8.20	9.20
T2	5.15	5.23	7.30	8.19	9.19
T3	5.15	5.23	7.29	8.18	9.18
T4	5.15	5.23	7.30	8.19	9.19



**Figure 1.** The effect of different fertilization methods and amounts on the leaf area index of *Sorghum*

**图 1.** 不同施肥方式和施肥量对高粱叶面积指数的影响

**Table 2.** The effect of different fertilization methods and amounts on the leaf area index of different canopy of *Sorghum Jiza 127*

**表 2.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 不同冠层叶面积指数的影响

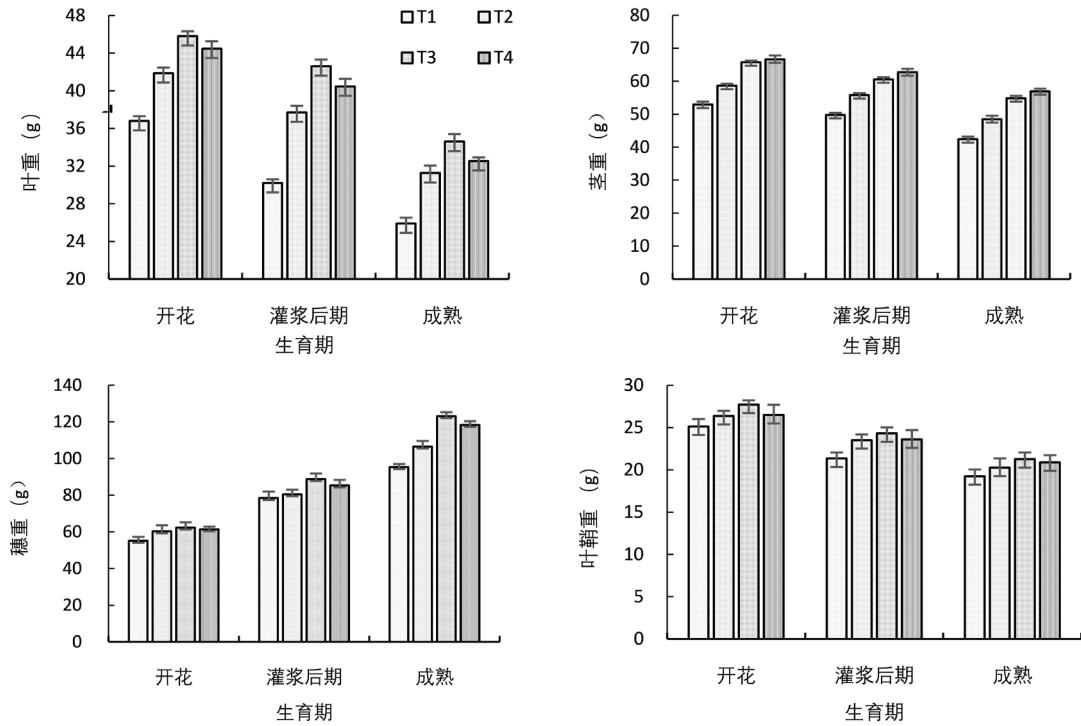
处理	冠层上部			冠层中部			冠层下部		
	开花期	灌浆前期	灌浆后期	开花期	灌浆前期	灌浆后期	开花期	灌浆前期	灌浆后期
T1	1.21a	1.02a	1.00a	1.65b	1.42b	1.21b	2.78c	1.31d	1.13d
T2	1.23a	1.06a	1.16a	1.95a	1.92a	1.34b	2.88b	2.03c	1.33c
T3	1.24a	1.10a	1.11a	2.03a	1.93a	1.72a	3.03a	2.73a	1.98a
T4	1.25a	1.09a	1.09a	2.01a	1.96a	1.71a	3.05a	2.32b	1.70b

注：同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

### 3.3. 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 干物质积累与分配的影响

如图 2 所示，在不同时期，叶片重、茎重、叶鞘重对不同的施肥方式和施肥量处理响应大致相同，

在开花期、灌浆期和成熟期均表现为 T3 > T4 > T2 > T1，且达到显著水平；穗重在开花期各处理未达到显著水平，灌浆期和成熟期各处理均表现为 T3 > T4 > T2 > T1。表 3 所示，在开花期、灌浆后期和成熟期，一炮轰施肥和拔节期追施氮肥处理在不同生育期的地上部生物量和生长速度均显著大于不施氮肥处理，由此可知，施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 干物质积累有显著影响，对高粱不同时期植株各部位生长有调节作用。



**Figure 2.** The effects of different fertilization methods and amounts on the dry matter accumulation of individual organs of *Sorghum Jiza 127*

**图 2.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 单株各器官干物质积累的影响

**Table 3.** The effects of different fertilization methods and fertilization rates on the biomass and dry matter accumulation of *Sorghum Jiza 127*

**表 3.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 地上部生物量和干物质积累的影响

处理	营养器官花前储藏干物质														
	叶					茎					叶鞘				
	AS (g/株)	MS (g/株)	TA (g/株)	TP (%)	CR (%)	AS (g/株)	MS (g/株)	TA (g/株)	TP (%)	CR (%)	AS (g/株)	MS (g/株)	TA (g/株)	TP (%)	CR (%)
T1	34.81c	25.92c	8.89b	25.54a	13.23a	52.91c	44.43c	8.48c	16.02a	12.62b	25.12c	19.25c	5.87b	23.37a	8.74a
T2	41.88b	31.27b	10.61b	25.33c	13.74c	58.64b	48.48b	10.16a	17.33a	13.16a	26.37b	20.26b	6.11a	23.17a	7.91b
T3	45.82a	34.61a	11.21a	24.47c	13.33c	65.73a	54.83a	10.90a	16.58a	12.96a	27.71a	21.26a	6.45a	23.28a	7.67b
T4	44.48a	32.54b	11.90a	26.84b	14.89b	66.62a	56.91a	9.71b	14.58b	12.15b	27.02b	20.89b	6.13a	22.69a	7.67b

注：AS：开花期；MS：成熟期；TA：转运量；TP：转运率；CR：贡献率。同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

从表 3 可以看出，高粱干物质积累主要集中在拔节和抽穗期，干物质积累量在成熟期达到顶峰，不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 茎、叶、鞘和穗积累量影响显著，在开花期和成熟期，一次施氮肥

和二次施氮肥方式的茎、叶和鞘干物质积累量均显著高于不施氮肥处理,且 T3 和 T4 处理均显著大于 T2 处理;花前干物质转运量也表现为相同的趋势,各个处理的转运重量均表现为叶 > 茎 > 叶鞘;各个处理的叶和茎的贡献率大于鞘,且达到显著水平。和花前干物质积累相比,各个处理的花后干物质积累量对籽粒积累的贡献率更大(表 4);和未施氮肥处理相比,一次施氮肥和二次施氮肥方式花后同化物质质量 T3 > T4 > T2 > T1,且各处理达到显著水平,花后干物质积累与花前干物质转运量呈相反趋势。本试验结果表明,适当二次施氮肥处理花后干物质生产量及其对籽粒产量贡献率和成熟期籽粒干物质积累量均高于其余处理,表明适宜追施氮肥有利于提高花后干物质积累量及其对籽粒产量贡献率。

**Table 4.** Effects of different fertilization methods and fertilization rates on the dry matter distribution ratio of *Sorghum Jiza 127*  
**表 4.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 地上部干物质分配比例的影响

处理	花后干物质积累		贡献率	
	籽粒(g/株)	光合同化(g/株)	花前干物质转运(%)	花后干物质积累(%)
T1	67.20c	41.96d	37.56a	62.44c
T2	77.20b	50.32c	34.82 b	65.18b
T3	84.10a	55.54a	33.96b	66.04a
T4	79.90b	52.12b	34.77b	65.23b

注: 同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

### 3.4. 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 产量和产量性状的影响

如表 5 所示,各处理间生物产量、经济产量均呈现为 T3 > T4 > T2 > T1 趋势,且各处理间达到显著差异水平,不同施肥方式和施肥量对高粱一级枝梗数有显著影响,而各处理间的二级枝梗数差异不显著,而千粒重、穗粒重和穗粒数变化趋势一致,均表现为 T3 > T4 > T2 > T1 的趋势。由此可知,施肥方式和施肥量对高粱产量及其穗部性状有显著的影响。

**Table 5.** Effects of different fertilization methods and amounts on yield and yield traits of *Sorghum Jiza 127*  
**表 5.** 不同施肥方式和施肥量对高粱吉杂 127 产量和产量性状的影响

处理	生物产量(kg/hm <sup>2</sup> )	经济产量(kg/hm <sup>2</sup> )	经济系数	一级枝梗数(个)	二级枝梗数(个)	千粒重(g)	穗粒数(粒/穗)	穗粒重(g)
T1	19,984.1d	7233.5d	0.36	75c	5a	25.3d	2035.7c	67.2c
T2	22,750.0c	8183.7c	0.36	81b	5a	27.6c	2316.2b	77.2b
T3	24,432.9a	9251.5a	0.38	86a	6a	29.3a	2630.3a	84.1a
T4	24,156.4b	8821.2b	0.37	84a	5a	28.1b	2484.2b	80.9b

注: 同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

## 4. 结论与讨论

有研究表明:在适宜的种植密度下,适当增加氮肥的施入量,可使作物干物质积累量和产量增加[1] [2] [3],生育期提前,适当增施氮肥还能增大作物植株功能叶片的叶面积,减少叶片衰落速率,增加光合有效面积,从而增高产量[4]。本研究结果表明:和未施氮肥、一炮轰施氮肥和追施过量氮肥处理相比,T3 处理,追施氮肥为 400 kg/hm<sup>2</sup>时,生育期提前 2 天,开花期和灌浆期高粱群体冠层中、下部叶片能够保持较高的叶面积指数,说明追施适宜的氮素,能够增加叶面积,增加叶片持绿期,并能够增加植株各器官的干物质

积累量, 选择适宜追施氮肥有利于提高花后干物质积累量及其对籽粒产量贡献率, 从而提高产量。

研究表明: 随着氮肥施入的增加, 作物产量也随着增加, 但施氮量如果过量, 作物产量会降低[5] [6] [7], 另外有研究表明[8], 不同施肥方式对作物产量有明显影响, 2次施肥比1次施肥作物长势好, 产量高。吕鹏等认为, 氮肥施入过量, 作物会出现早衰现象, 进而影响产量。有关试验表明, 氮肥用量增加至一定水平后, 穗长、每穗粒数虽然会随着施氮量的增加而增加, 但结实率降低明显, 造成水稻产量不升反降[2] [3] [6] [7] [9]。本研究表明, 与一次施氮肥处理相比, 追施适当氮肥使高粱产量显著增加, 高粱枝梗数、千粒重和穗粒数等均显著高于其他处理, 但超过一定范围施氮量, 产量会受到影响: 追施氮肥 400 kg/hm<sup>2</sup>时, 和一次性施入氮肥和不施氮肥相比, 高粱产量最高, 但追施氮肥达到 500 kg/hm<sup>2</sup>时, 高粱产量下降, 这说明追施氮肥过量和一次性施入氮肥均不利于吉杂 127 品种产量提高。

本试验结果表明: 相比于一次性施氮肥, 吉杂 127 采用二次施氮肥方式, 追施氮肥量在 400 kg/hm<sup>2</sup>效果较好, 能够实现更大的干物质积累和对籽粒产量的贡献率, 经济产量为 9251.5 kg/hm<sup>2</sup>, 均高于其他处理。

## 基金项目

吉林省科技厅重点研发计划——优质酿造高粱种质创新及新品种选育(20200402108NC); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助(CARS-06-13.5-A12)。

## 参考文献

- [1] 段文学, 于振文, 张永丽, 等. 施氮量对旱地小麦耗水特性和产量的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(9): 1657-1664.
- [2] 马存金, 刘鹏, 赵秉强, 等. 施氮量对不同氮效率玉米品种根系时空分布及氮素吸收的调控[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 845-859.
- [3] 张铭, 蒋达, 缪瑞林, 等. 不同土壤肥力条件下施氮量对稻茬小麦氮素吸收利用及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(1): 135-140, 148.
- [4] 周丽慧, 朱镇, 张亚东, 等. 密肥条件对超级稻南粳 44 穗部性状及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(10): 62-64.
- [5] 高杰, 李青凤, 汪灿, 等. 不同氮素水平对糯高粱物质生产及氮素利用特性的影响[J]. 作物杂志, 2017(6): 1-4.
- [6] 李亚静, 郭振清, 杨敏, 等. 施氮量对强筋小麦氮素积累和氮肥农学利用效率的影响[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(3): 343-350.
- [7] 石玉, 于振文, 王东, 等. 施氮量和底追比例对小麦氮素吸收转运及产量的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(12): 1860-1866.
- [8] 吕鹏, 张吉旺, 刘伟, 等. 施氮量对超高产夏玉米产量及氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 852-860.
- [9] 李洪顺, 纪雄辉, 朱校奇, 等. 氮肥运筹对 Y 两优 1 号产量和生物量影响的探讨[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 116-122.