

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0311

# 不同施氮量对荸荠生长、产量及氮素利用效率的影响

高美萍<sup>1</sup>, 陶运荣<sup>2</sup>, 蒋慧萍<sup>1</sup>, 胡一凤<sup>1</sup>, 林志城<sup>1</sup>, 方彦蓉<sup>1</sup>, 欧阳秀<sup>1</sup>, 江文<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区农业科学院蔬菜研究所 南宁 530007; 2. 平乐县农业科学研究所 广西平乐 542400)

**摘要:**为实现荸荠生产中肥料的高效利用,以全国荸荠主栽品种桂蹄3号为供试材料,设置4个施氮梯度,不施氮处理(CK)、120 kg·hm<sup>-2</sup>(N1)、240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)和360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3),测定其生长指标、产量和氮素含量,并进行综合分析。结果表明,与不施氮肥相比,增施氮肥能显著促进荸荠的生长发育。随着施氮量的增加,荸荠株高、分蘖数、匍匐茎等生长指标均显著增加;而总氮素积累量随施氮量增加呈先增后减趋势。在N2水平下,产量及产量构成因子、总氮素积累量达最大值。进一步分析表明,随着施氮量增加,氮肥偏生产力下降,而氮肥贡献率、氮肥农学效率、氮肥吸收利用率和氮肥生理利用率均呈先升后降趋势,且在N2处理达到最大值。综上所述,240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)水平最有利于荸荠产量提高。

**关键词:**荸荠;施氮量;产量;氮素积累;氮肥利用率

中图分类号:S645.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)11-153-05

## Effects of different nitrogen application rates on growth, yield and nitrogen accumulation of water chestnut

GAO Meiping<sup>1</sup>, TAO Yunrong<sup>2</sup>, JIANG Huiping<sup>1</sup>, HU Yifeng<sup>1</sup>, LIN Zhicheng<sup>1</sup>, FANG Yanrong<sup>1</sup>, OUYANG Xiu<sup>1</sup>, JIANG Wen<sup>1</sup>

(1. Vegetable Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China; 2. Pingle County Agricultural Science Research Institute, Pingle 542400, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to realize the efficient use of fertilizer in the production of water chestnut, the main variety Guiti 3 was used as the experimental material, four nitrogen application gradients were set up, and no nitrogen fertilizer treatments (CK), 120 kg·hm<sup>-2</sup>(N1), 240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2) and 360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3) were applied. The growth index, yield and nitrogen content were determined and analyzed comprehensively. The results showed that the application of nitrogen fertilizer could significantly promote the growth and development of water chestnut. The growth indexes such as plant height, tiller number and stolon increased significantly with the increase of nitrogen application, and nitrogen accumulation increased first and then decreased. At N2 level, nitrogen accumulation and yield of all organs reached the maximum. The effects of different nitrogen application rates on nitrogen use efficiency of water chestnut were comprehensively analyzed, and the results showed that the partial productivity of nitrogen fertilizer decreased with the increase of nitrogen application rate. However, the contribution rate of nitrogen fertilizer, agronomic use efficiency of nitrogen fertilizer, absorption and utilization efficiency of nitrogen fertilizer and physiological use efficiency of nitrogen fertilizer all showed an upward trend, and reached the maximum value in N2 treatment. To sum up, the level of 240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2) is the most beneficial to increase the yield of water chestnut.

**Key words:** Water chestnut; Nitrogen application rate; Yield; Nitrogen accumulation; Nitrogen use efficiency

荸荠作为重要的水生蔬菜,不仅具有丰富的营养价值,同时兼具药用食疗价值<sup>[1]</sup>。近年来,随着人们对饮食健康的关注度不断提高,对荸荠的需求量逐年增加。广西荸荠种植和加工位居全国第一,年栽培面积达2万hm<sup>2</sup>,种植荸荠成为农民脱贫致富

的重要经济来源<sup>[2]</sup>。然而,在荸荠的生产过程中,农民为追求产量而盲目多次施肥的现象非常普遍,不仅生产成本增加,还导致一系列环境问题。

氮素是植物生长和发育过程中必不可少的营养元素之一,它在植物体内积累的过程直接影响着

收稿日期:2024-05-08;修回日期:2024-07-12

基金项目:国家自然科学基金(32060677);广西重点研发计划项目(桂科AB23026151);广西特色八步马蹄试验站(TS202125)

作者简介:高美萍,女,研究员,主要从事水生蔬菜新品种选育及高产优质栽培技术研究与应用。E-mail:gmp2009@163.com

通信作者:江文,男,研究员,主要从事水生蔬菜新品种选育及高产优质栽培技术研究与应用。E-mail:5476581@qq.com

作物的产量<sup>[3]</sup>。氮素的积累影响着植物的叶绿素含量、蛋白质合成、光合作用等多个方面,最终决定了作物的产量和品质<sup>[4]</sup>。在农业生产中,土壤类型、气候条件、施肥方式等多种因素影响氮素的积累。合理调控氮素的吸收、运输和分配对提高作物产量具有显著作用<sup>[5-7]</sup>。前人研究发现,一定范围内较高的施氮量可促进植物对氮素的吸收,增加氮素生产效率,但不同作物在氮素吸收和利用方面存在显著差异<sup>[3,8-9]</sup>。例如,赵晨<sup>[10]</sup>对不同水稻品种不同氮肥模式下的研究发现,水稻生长发育特性、产量和品质存在显著差异。目前,有关荸荠的研究主要集中在组培快繁、栽培技术、病虫害防治等方面,对氮素吸收和利用方面未见相关报道。笔者在前期田间试验观察中发现,荸荠是需肥量较大的作物,氮素营养对荸荠的球茎产量影响显著。因此,在此基础上,通过设置不同氮肥水平,探讨荸荠在生长过程中对氮素的需求规律,以及其对产量形成的影响,以期在生产实践中指导荸荠合理施氮提供借鉴。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验在广西桂林市平乐县阳安乡阳安村进行,该地为亚热带季风湿润区,气候温和,雨量充沛,热量丰富。土壤质地为红壤土,土层浅薄,通气、透水性能良好,适宜荸荠地下球茎生长发育。测定土壤基本理化性状为:pH 值 6.2,有机质含量( $w$ ,下同)  $35.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、水解性氮含量  $121.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效磷含量  $1.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量  $72.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

供试肥料为尿素(N 含量为 46%)、过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5$  含量为 16%)、氯化钾( $\text{K}_2\text{O}$  含量 60%),供试荸荠品种为桂蹄 3 号。

### 1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,设 4 个处理,分别为不施氮肥处理(CK),N1 为  $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \text{ N}$ ,N2 为  $240 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \text{ N}$ ,N3 为  $360 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \text{ N}$ ,每个处理 3 次重复,共 12 个小区。有机肥在播种前一次性全部施入,氮肥施用分 3 次进行,基肥和追肥各占 50%,追肥分 2 次进行,分蘖期占施用量的 30%,球茎膨大期占施用量的 20%。磷肥和钾肥施用分 3 次进行,基肥和追肥各占 50%,追肥分别于分蘖期和球茎膨大期进行,每次施用量为总量的 25%,试验设计详见表 1。

试验小区面积  $30 \text{ m}^2$ ,株行距  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ ,各施肥小区随机区组排列,3 次重复,种植密度为

$2700 \text{ 株} \cdot 667 \text{ m}^2$ 。于 2022 年 7 月 29 日移栽至大田定植。定植后,田间保持水层  $3 \sim 8 \text{ cm}$ ;封行后,进行 1 次排水,晾田  $2 \sim 3 \text{ d}$ ,收获前  $20 \text{ d}$  排干田水。其他田间管理措施按照优质高产栽培要求实施。

表 1 不同氮水平处理下氮肥施用量  
Table 1 Nitrogen fertilizer rate under different N level treatments

处理 Treatment	N level treatments ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )			
	总施氮量 Total nitrogen application	基肥 Base fertilizer	分蘖肥 Tillering fertilizer	膨大肥 Bulking fertilizer
CK	0	0	0	0
N1	120	60	36	24
N2	240	120	72	48
N3	360	180	108	72

### 1.3 测定内容和方 法

1.3.1 生长指标及产量 分蘖期时,每小区随机选取 10 株测定株高、分蘖数、匍匐茎粗和匍匐茎长;成熟期时,每小区随机选取 5 个点采收(每个点采挖  $1 \text{ m}^2$  的球茎),3 次重复,测量单果横径、纵径、单果质量,计算产量。

1.3.2 不同施氮量对荸荠氮积累量的影响 分别采集定植后 30 d(分蘖期)、定植后 90 d(成熟期)的叶状茎,定植后 118 d(收获期)的球茎,选取植株 10 株并标记,将植株分为地上部分和地下球茎 2 个部分制样分析。将所取植株样品  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  杀青 30 min,于  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  烘干,恒质量后测定干物质含量。粉碎样品后, $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消化,采用半微量凯氏定氮法测定植株含氮率,计算植株各部位含氮量和氮积累量。计算公式如下:

地上部分氮积累量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ =收获期单位面积地上部干物质量 $\times$ 地上部分含氮率;

地下部分氮积累量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ =收获期单位面积地下部干物质量 $\times$ 地下部含氮率;

总氮素积累量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ =地上部分氮积累量+地下部分氮积累量;

氮素收获指数=球茎吸氮量/植株总吸氮量;

氮肥贡献率/ $\%$ =(施氮区产量-无氮区产量)/施氮区产量 $\times 100$ ;

氮肥偏生产力/ $(\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$ =施氮区产量/施氮量;

氮肥农学效率/ $(\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$ =(施氮区产量-无氮区产量)/施氮量;

氮肥吸收利用率/ $\%$ =(施氮区植株总吸氮量-无氮区植株总吸氮量)/施氮量 $\times 100$ ;

氮肥生理利用率/ $(\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$ =(施氮区产量-无氮

区产量)/(施氮区植株总吸氮量-无氮区植株总吸氮量)。

### 1.4 数据计算与统计分析

采用 Microsoft Excel 2016 进行数据整理及图表绘制,运用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,采用 LSD 法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮量对荸荠生理特性的影响

由表 2 可知,不施氮肥处理(CK),荸荠分蘖期的分蘖数、株高、匍匐茎粗和匍匐茎长均显著低于其他处理。随着施氮量增加,荸荠分蘖数、株高和匍匐茎长显著增加,在 N3 处理下最高,匍匐茎粗也显著增加,在 N2 处理下最高。说明增施氮肥对荸荠球茎膨大之前的生长发育具有显著促进作用。

表 2 施氮量对荸荠生长发育的影响

Table 2 Effects of different nitrogen application rates on the growth and development of water chestnut

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	分蘖数 Number of tillers	匍匐茎粗 Stolon diameter/cm	匍匐茎长 Stolon length/cm
CK	70.3±1.2 d	2.9±0.2 d	0.26±0.03 d	12.9±0.8 d
N1	85.2±1.7 c	4.6±0.7 c	0.45±0.05 c	14.1±0.6 c
N2	96.2±2.2 b	6.6±0.5 b	0.62±0.14 a	17.0±1.5 b
N3	118.1±1.8 a	8.9±0.8 a	0.51±0.06 b	18.4±1.2 a

注:同列数字后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatment at 0.05 level. The same below.

### 2.2 不同施氮量对荸荠产量及构成因素的影响

由表 3 可知,不同施氮量对荸荠产量及产量构成因素均影响显著。随着氮肥增施,荸荠单果横径、纵径、单果质量及产量均呈先上升后下降的趋势,且在不同氮肥水平处理下各性状均差异显著。其中,单果横径、纵径、单果质量及产量均在 N2 水平下达最大值。随后增施氮肥,荸荠单果横径、纵径、单果质量和产量呈下降趋势。表明高施氮水平下,不能使产量进一步提高,反而导致产量下降。

表 3 施氮量对荸荠产量及构成的影响

Table 3 Effects of different nitrogen application rates on yield and composition characters of water chestnut

处理 Treatment	单果横径 Corm transverse diameter/cm	单果纵径 Corm diameter/ cm	单果质量 Sing corm mass/g	产量 Yield/ (kg·667 m <sup>2</sup> )
CK	2.5±0.2 d	2.8±0.2 d	19.8±0.8 d	1 903.4±40.9 d
N1	3.8±0.2 b	4.1±0.3 c	32.4±1.2 c	2 482.5±48.2 c
N2	4.5±0.4 a	4.9±0.4 a	38.7±2.1 a	3 210.2±44.1 a
N3	3.2±0.3 c	4.8±0.3 b	35.7±1.7 b	2 706.4±38.9 b

### 2.3 不同施氮量对荸荠氮素积累量的影响

由表 4 可知,随着氮肥施用量的增加,荸荠植株地上部分叶状茎氮含量呈增加趋势,地下部分球茎氮素积累量和总氮素积累量呈先增加后减少的趋势。增施氮肥 N1、N2、N3 处理的氮素积累量均显著高于不施氮肥的 CK 处理,其中,N2 处理下球茎氮素积累量和总氮素积累量达最高,但叶状茎氮素积累量以 N3 为最高。在荸荠生长发育过程中,分蘖期叶状茎中含氮量高于成熟期的叶状茎,收获期球茎中氮素积累量高于营养器官叶状茎。N1 和 N3 水平下,荸荠球茎中氮素积累量差异不显著;N2 和 N3 水平下,分蘖期叶状茎氮素积累量差异不显著,但当氮肥施用量达到 360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3)时,除荸荠植株叶状茎外,球茎中氮素积累量和总氮素积累量均显著下降。说明高施氮量下荸荠氮素积累量明显增加,但适量施用氮肥能够提高氮素积累量,过量施用氮肥反而不利于荸荠氮素积累。

### 2.4 不同施氮量对荸荠氮肥利用率的影响

通过研究不同施氮量对荸荠氮肥利用率的影响,结果(表 5)表明,与不施氮肥相比,施氮处理均显著提高了氮素收获指数。不同氮肥水平下,氮肥偏生产力存在显著差异。不同氮水平处理间的氮肥贡献率、氮肥农学效率和氮肥偏生产力均差异显著。N1、N2 和 N3 水平下,氮素收获指数和氮肥生理利用率差异不显著;施氮水平 N1、N2 与 N3 比较,氮肥吸收利用率差异显著,但 N1 和 N2 处理之间差异不显著。随着施氮量增加,氮肥贡献率、氮

表 4 不同施氮量对荸荠氮素积累量的影响

Table 4 Effects of different nitrogen application rates on nitrogen accumulation of water chestnut (kg·hm<sup>-2</sup>)

处理 Treatment	叶状茎 Cladode		球茎(收获期) Corm(Harvest stage)	总氮素积累量 Total nitrogen accumulation
	分蘖期 Tillering stage	成熟期 Maturation stage		
CK	24.71±0.70 c	15.37±0.16 d	65.82±0.89 c	103.92±2.11 d
N1	27.03±0.52 b	16.57±0.92 c	86.43±1.64 b	126.79±1.16 c
N2	31.14±0.23 a	21.85±1.10 b	104.52±2.28 a	156.52±4.90 a
N3	31.75±0.32 a	26.29±1.30 a	87.03±1.79 b	143.73±1.68 b

表5 不同施氮水平对氮肥利用率的影响

Table 5 Effects of different nitrogen application levels on nitrogen use efficiency

处理 Treatment	氮素收获指数 Nitrogen harvest index	氮肥贡献率 Contribution rate of nitrogen fertilizer/%	氮肥偏生产力 Partial productivity of nitrogen fertilizer/ (kg·kg <sup>-1</sup> )	氮肥农学效率 Nitrogen fertilizer agronomic efficiency/(kg·kg <sup>-1</sup> )	氮肥吸收利用率 Nitrogen absorption efficiency/%	氮肥生理利用率 Physiological efficiency of nitrogen fertilizer/ (kg·kg <sup>-1</sup> )
CK	0.59±0.015 b					
N1	0.63±0.026 a	23.6±0.3 c	310.3±6.1 a	72.4±1.2 b	30.7±1.60 a	23.7±1.10 a
N2	0.64±0.020 a	41.2±1.5 a	200.6±7.5 b	79.8±1.8 a	32.4±1.90 a	23.9±1.40 a
N3	0.63±0.018 a	29.9±2.6 b	112.8±1.6 c	33.3±2.1 c	16.4±0.47 b	20.4±1.28 a

肥农学效率、氮肥吸收利用率和氮肥生理利用率均呈先上升后下降的趋势,且在N2处理达到最大值。

### 3 讨论与结论

在对荸荠增施氮肥后,观察到其叶状茎颜色更深,株高、分蘖数及匍匐茎粗也有显著增加,这与向悦丹等<sup>[11]</sup>的研究结果类似,通过研究氮肥施用量对菜豆株高的影响结果表明,在高氮(N3)水平下,菜豆的株高达到最大值。类似结果见田伟等<sup>[12]</sup>、赵凯能<sup>[13]</sup>的报道。在本研究中,N3处理下荸荠的株高、分蘖数表现最优,而匍匐茎粗在N2处理下表现最优。本研究结果表明,增施氮肥有利于荸荠的生长和发育,进一步验证了氮肥作为一种重要的植物营养元素在荸荠的生长过程中起到了积极作用。

乔秀平<sup>[14]</sup>对芸豆氮肥施用量的研究表明,芸豆产量随着氮肥增施呈先增加后减少的趋势。李丙奇等<sup>[15]</sup>指出,随着施氮量增加,大豆有效荚质量、株粒质量均显著增加,最佳氮肥施用量为105 kg·hm<sup>-2</sup>。本研究结果表明,施用氮肥在240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)以下时,荸荠产量随着施氮量的增加而增加。但当施氮量超过360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3)时,产量呈下降趋势。表明过高的氮肥施用量不仅无法进一步提高产量,而且可能对荸荠的生长产生负面影响,如生长过旺、病害加剧等。因此,在实际生产中,合理的施氮水平对荸荠的高产稳产至关重要。

本研究结果表明,施氮能够增加荸荠氮素积累量,这与在水稻、玉米和马铃薯等作物中的研究结果一致<sup>[16-18]</sup>。宋毅等<sup>[19]</sup>研究表明,增加氮肥施用量显著提高了油菜产量和氮素积累量。曾博玲等<sup>[20]</sup>研究表明,不同氮肥施用量会影响樱桃番茄植株干物质和氮素积累,随着氮肥施用量增加,樱桃番茄各器官和氮素积累量均呈增加趋势,当施氮量超过450 kg·hm<sup>-2</sup>时,植株总干物质和氮素积累量均开始降低。本研究结果表明,施氮后荸荠各器官氮积累量显著高于未施氮(CK),但当施氮量达360 kg·hm<sup>-2</sup>

(N3)时,总氮素积累量降低,这可能是因为高氮水平抑制了荸荠的生长发育,降低了氮素的吸收和积累。姚青青等<sup>[21]</sup>研究表明,作物最高施氮水平主要与作物类型、土壤氮水平有关。在本研究中,分蘖期氮素吸收量随着施氮量的增加而增加,在成熟期氮素吸收量有所下降,表明同一作物在不同生育时期,含氮量变化也不相同。张永泽等<sup>[22]</sup>对水稻氮素吸收利用的研究表明,分蘖期含氮量明显高于苗期,通常在分蘖盛期含氮量达最高峰,其后含氮量随生育期推移而逐渐下降。单新河等<sup>[23]</sup>对苜蓿的研究结果也有类似报道,这与本研究结果相符合,可能与植株生长后期本身可以固氮,使得氮素吸收有所降低有关。

本研究结果表明,施氮水平显著影响荸荠氮素利用效率。荸荠氮肥贡献率、氮肥农学效率、氮肥吸收利用率和氮肥生理利用率变化及产量与施氮水平变化趋势一致,均在N2处理达到最大值。这可能是高氮水平条件下施氮量对氮肥贡献率和氮肥农学效率影响不大,由于氮肥损失或在土壤中残留,造成氮肥利用率下降,与秦碧蓉等<sup>[24]</sup>对双季稻的研究结果相符。在本研究中,荸荠氮肥偏生产力随施氮水平的提高呈显著降低趋势,高氮肥水平会显著降低氮肥偏生产力,这与孔丽雨等<sup>[25]</sup>的研究结果趋势一致。朱启东等<sup>[26]</sup>、郭浪等<sup>[27]</sup>研究指出,氮肥过量会增加水稻营养器官中的氮素含量,降低氮素利用效率,与本研究施氮量为360 kg·hm<sup>-2</sup>(N3)时,氮素利用效率降低的结果相符。可见,合理的氮肥水平是提高作物氮素吸收利用效率的重要途径。

综上所述,不同施氮量对荸荠的生长发育、氮素积累与产量有显著影响。在一定的施氮量范围内,增加施氮量可以提高荸荠产量,但超过一定范围后,产量的提高幅度逐渐减小。综合分析,与其他施氮处理相比,240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)时荸荠氮素积累量、产量和氮肥农学效率达最大值。因此,生产中推荐施用氮肥量为240 kg·hm<sup>-2</sup>(N2)。在实际生产

中,还需要根据荸荠的品种、土壤肥力等因素去制定合理的施氮量方案。笔者的研究结果对指导荸荠生产中合理确定施氮量具有重要意义。在未来的研究中,将进一步深入探索氮肥施用水平和方式对植物生长的影响,以期为农业生产提供更全面的指导。

### 参考文献

- [1] 魏荣锐,马勤阁,桑志培,等.荸荠中苯丙素类化学成分及其保肝活性研究[J].中国中药杂志,2021,46(6):1430-1437.
- [2] 张存彦,杨江澜,江文,等.广西贺州荸荠产业现状与高质量发展路径[J].中国蔬菜,2023(6):109-113.
- [3] 王露璐,马飞,和苗苗.光氮互作对植物生长发育及氮素代谢影响的研究进展[J].杭州师范大学学报(自然科学版),2024,23(1):63-74.
- [4] 阎世江,房雅丽,张治家,等.氮肥施用量对作物生长发育的影响研究进展[J].农业技术与装备,2022(4):45-47.
- [5] 李赛星.施氮处理对强筋小麦产量与氮素积累的影响[D].河北秦皇岛:河北科技师范学院,2023.
- [6] 张秀芝,李强,高洪军,等.长期施肥对氮素利用以及土壤剖面氮素分布、积累的影响[J].玉米科学,2023,31(5):128-135.
- [7] 朱迪.分层施氮对耐密夏玉米氮素积累及产量的影响[D].河北保定:河北农业大学,2023.
- [8] 张素瑜,岳俊芹,李向东,等.施氮对郑麦366光合速率、花后干物质积累及产量的影响[J].作物杂志,2024(3):127-132.
- [9] 吴延寻,尕桑,赵孟良,等.不同施肥水平对玉树芫根农艺性状、产量及经济效益的影响[J].中国瓜菜,2024,37(6):159-166.
- [10] 赵晨.施氮模式对不同水稻品种产量和品质及氮素利用的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [11] 向悦丹,董佳文,罗安红,等.不同栽培密度和氮肥施用量对菜豆生长及产量的影响[J].中国瓜菜,2023,36(8):71-76.
- [12] 田伟,冯海萍.宁夏六盘山区芹菜栽培对氮肥施用量的响应差异[J].中国瓜菜,2024,37(6):126-134.
- [13] 赵凯能.氮肥运筹对花生氮素吸收利用及产量和品质的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [14] 乔秀平.不同施氮水平对芸豆产量的影响[J].山西农业科学,2014,42(7):694-696.
- [15] 李丙奇,刘纯敏,毛家伟.不同施氮量对大豆产量及经济效益的影响[J].大豆科技,2024(2):25-28.
- [16] 李慧,王旭敏,刘苗,等.基于夏玉米产量和氮素利用的水氮减量方案优选[J].作物学报,2023,49(5):1292-1304.
- [17] 刘秋霞,董二伟,黄晓磊,等.不同生态区高粱籽粒产量和品质对氮肥施用的响应[J].作物学报,2023,49(10):2766-2776.
- [18] 石瑛,邓斌,魏峭嵘,等.两个马铃薯品种在氮调控下生长及氮素利用特征研究[J].东北农业大学学报,2023,54(1):1-11.
- [19] 宋毅,李静,谷贺贺,等.氮肥用量对冬油菜籽粒产量和品质的影响[J].作物学报,2023,49(7):2002-2011.
- [20] 曾博玲,孙权,刘喆,等.不同施氮量对樱桃番茄生长、品质和氮素积累量的影响[J].江苏农业科学,2024,52(1):148-154.
- [21] 姚青青,孙绘健,马兴旺,等.减量追施氮肥运筹对棉花地上部干物质积累、分配及产量的影响[J].新疆农业科学,2021,58(8):1398-1405.
- [22] 张永泽,王瑞刚,王艺媚,等.播期和施氮量对中籼杂交稻群体质量、产量及氮素吸收利用的影响[J].河南农业科学,2024,53(4):37-46.
- [23] 单新河,张运龙,王显国,等.不同施氮量对苜蓿干物质累积和氮素吸收的影响[J].草原与草业,2023,35(4):36-44.
- [24] 秦碧蓉,尤赛雅,陈书融,等.不同施氮水平对双季稻产量、氮素利用率及稻田氮素平衡的影响[J].作物杂志,2024(2):89-96.
- [25] 孔丽丽,侯云鹏,尹彩侠,等.秸秆还田下寒地水稻实现高产高氮肥利用率的氮肥运筹模式[J].植物营养与肥料学报,2021,27(7):1282-1293.
- [26] 朱启东,鲁艳红,廖育林,等.施氮量对双季稻产量及氮磷钾吸收利用的影响[J].水土保持学报,2019,33(2):183-188.
- [27] 郭浪,肖敏,崔璨,等.施氮量对小粒型杂交稻产量与氮素利用效率的影响[J].杂交水稻,2023,38(5):108-114.