

钙镁硅肥施用对粳稻天隆优 619 产量和品质的影响

姜沛琦¹ 柏珺焯¹ 赵维汉² 王东元² 汤兆军³ 刘建¹ 赵飞¹

(¹天津农学院农学与资源环境学院,天津 300392; ²天津金岸生态农业科技发展有限公司,天津 300350;

³天津华臻农业科技有限公司,天津 301700)

摘要:以杂交粳稻天隆优 619 为供试材料,于幼穗分化期分别施用硫酸镁、过磷酸钙和富乐微 3 种肥料,并设置 0 (CK)、20kg/hm²、40kg/hm²、60kg/hm²、80kg/hm² 共 5 个梯度的处理。成熟期取样调查产量和产量构成因素,测定加工品质、外观、稻米主成分,并进行食味品尝试验。结果表明,硅、镁、钙肥的施用可使千粒重增加,每穗粒数和结实率也略有提高。折合产量以富乐微施用效果表现最为突出,其次是硫酸镁,各处理平均每 hm² 的增产效果达到了 1000kg 以上,过磷酸钙的增产作用也比较明显。品质方面,硅、镁、钙肥的施用改善了稻米的加工和外观品质,降低了稻米籽粒中的蛋白质含量,提高了稻米的食味品质,其中以钙肥和硅肥比较突出。

关键词:水稻;钙肥;镁肥;硅肥;产量;品质

The Effect of Calcium Magnesium Silicon Fertilizer Application on the Yield and Quality of Tianlongyou 619

JIANG Peiqi¹, BAI Junzhuo¹, ZHAO Weihang², WANG Dongyuan²,

TANG Zhaojun³, LIU Jian¹, ZHAO fei¹

(¹College of Agronomy & Resources and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300392; ²Tianjin Jin'an Ecological Agricultural Technology Development Co., Ltd., Tianjin 300350; ³Tianjin Huazhen Agricultural Technology Co., Ltd., Tianjin 301700)

小站稻是具有天津市地域特色的品牌,因其独特优良的食味品质而名扬国内外,深受大众的喜爱,在全国水稻生产中也占有重要的一席之地。随着经济发展和人民生活水平提高,人们对食味品质的要求也越来越高,优质食味米生产将是今后水稻育种和栽培研究的主流^[1]。目前栽培方面关于氮磷钾肥施用对水稻产量和品质影响的研究较多,而其他元素对水稻产量和品质影响的研究较少。

天津市为退海盐碱地,海水中的化学元素除氢和氧外,还含有较多的 Cl、Na、Mg、S、Ca、K、Br、C、Sr、B 和 F (共 11 种),一般称为主要元素,此外还含有一些微量元素或痕量元素。由此可见,天津地区土壤中除含有丰富的 Cl 和 Na 元素外,还

含有丰富的 Ca、Mg 等矿物质元素,天津小站稻得以驰名除气候适宜因素外,还可能与其独特的土壤环境有关。钙不但是水稻必需的营养元素,而且可改善氮、磷、钾三要素的营养条件,减少土壤对磷的固定,调节土壤对微量元素的供应,增强土壤的通气透水性,从而提高土壤的保肥能力。镁是作物必需的营养元素,是叶绿素的组成部分,能促进光合作用的合成,如维生素 a、维生素 c 等,从而提高稻米的品质^[3];镁能促进作物对磷、硅元素的吸收,增强磷的营养代谢,提高作物的抗性能力^[4]。硅进入水稻体内可以强化秸秆的坚韧度,防止倒伏现象发生,还可提高水稻抗病害能力,使植株健康生长。

目前在水稻生产上对肥料的投入主要以氮、磷、钾肥为主,特别是氮肥。诸多研究表明,水稻抽

基金项目:天津市科学技术局重点研发计划(21YFSNSN00100)

通信作者:刘建,赵飞

穗后施氮肥会使稻米籽粒中蛋白质含量增加,从而
影响稻米的食味品质^[5-9]。随着氮、磷、钾等化肥的
施用,作物产量不断提高,但若土壤中钙、镁、硅元
素的消耗多、补充少,则有可能造成其缺乏情况的发
生,从而影响稻米产量和品质。为此,本试验在杂交
粳稻天隆优 619 的栽培过程中,于幼穗分化期分别
进行 5 个梯度的钙、镁、硅肥处理,探讨了水稻产量
和品质的变化规律,为今后水稻栽培过程中降低氮、
磷、钾肥用量,提高天津乃至全国的稻米食味品质,
保护农业生态环境,维持农业的可持续发展奠定了
理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 天隆优 619 为天津天隆种业科技
有限公司选配的杂交粳稻新组合,该组合因稻米食
味品质优良,2018 年被天津市政府指定为 4 个优质
小站稻品种之一。施用的肥料为过磷酸钙(钙肥,
有效 CaO 的含量 $\geq 12\%$)、硫酸镁(镁肥,有效 MgO
的含量 $\geq 20\%$)和富乐微(硅肥,有效 SiO₂ 的含量
 $\geq 25\%$)。

1.2 试验方法 试验于 2021 年 4—10 月于天津市
宝坻区大米庄村的试验田内进行。在天隆优 619
幼穗分化期分别单独施用不同用量的过磷酸钙、硫
酸镁、富乐微,每种肥料分别设置 5 个施肥梯度(0、
20kg/hm²、40kg/hm²、60kg/hm²、80kg/hm²),对
照均为不施 3 种肥料的天隆优 619,每个处理重复 3
次,随机区组排列,处理前进行小区隔离。株行距
15cm $\times$ 30cm,小区面积 15m²,除施肥处理外,其余
栽培措施按天津惯行栽培法进行。成熟期每重复按
对角线取样法选取分蘖数居中的 10 株进行考种,调
查产量构成要素,主要指标包括每株穗数、总粒数、
结实率、千粒重。取样后的其余各小区单独收获计
产,并从每个处理的 3 次重复中混取 1kg 稻谷,用

于进行加工、外观品质的测定及主成分和食味品尝
试验。

1.3 加工和外观品质测定 用韩国 High Motor
Co.,Ltd. 生产的 KMT-400B6 型号砻谷机去糙,用
日本佐竹公司生产的 CBS300AS 型号精米机碾米,
用日本佐竹公司生产的 RJQI20 型颗粒评定仪测定
稻米外观,糙米率和精米率参照 NY/T 83—2017《米
质测定方法》进行测定。

1.4 主成分测定 用 RLTA10B2 型水稻食味计
(SATAKE)测定精米的蛋白质含量,直链淀粉含量
采用德国 BRAN-LUEBBE 公司生产的 AA3 连续
流动分析仪进行测定。

1.5 食味品尝试验 采用型号 SR-MH181-R 微电
脑电饭煲(Panasonic)蒸煮后,由 20 名天津农学院
教职工和学生组成鉴评小组,以未施钙、镁、硅肥的
天隆优 619 为对照进行食味品尝试验,评价方法按
松江勇次^[10]提出的十点法进行。

2 结果与分析

**2.1 过磷酸钙施用量对天隆优 619 产量及其构成
因素的影响** 由表 1 可见,不同过磷酸钙施用量下
天隆优 619 每穴有效穗数并无显著性差异,这主要
是因为施肥是在幼穗分化期进行,此时分蘖已经结
束,有效分蘖数基本确定。除 Ca1 处理外,每穗粒数
和结实率方面虽与对照相比略有增加,但幅度变化
并不明显。在千粒重和折合产量上,除 Ca1 处理与
对照无显著性差异外,其余各处理均显著提高,其
中 Ca2 处理的数值最大。这一结果说明,于天隆优
619 幼穗分化期施用适量的过磷酸钙可以提高其千
粒重,进而达到提高产量的目的。

**2.2 硫酸镁施用量对天隆优 619 产量及其构成因
素的影响** 由表 2 可见,不同硫酸镁处理条件下天
隆优 619 每穴有效穗数无显著性差异,其原因和 2.1

表 1 不同过磷酸钙处理条件下天隆优 619 产量构成及折合产量

施肥处理	有效穗数(穗/穴)	每穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	结实率(%)	折合产量(kg/hm ²)
CK	15.3 $\pm$ 1.1a	136.9 $\pm$ 18.6a	27.5 $\pm$ 0.3b	87.1 $\pm$ 2.3a	11137.7b
Ca1	15.2 $\pm$ 1.4a	135.5 $\pm$ 34.6a	27.9 $\pm$ 0.3ab	88.3 $\pm$ 2.6a	11438.3b
Ca2	15.5 $\pm$ 1.5a	143.7 $\pm$ 30.7a	28.6 $\pm$ 0.4a	88.5 $\pm$ 3.0a	12354.1a
Ca3	15.1 $\pm$ 0.7a	144.1 $\pm$ 19.5a	28.3 $\pm$ 0.5a	88.7 $\pm$ 1.7a	12050.7a
Ca4	14.9 $\pm$ 0.9a	142.9 $\pm$ 25.8a	28.1 $\pm$ 0.2a	88.2 $\pm$ 2.1a	12029.6a

CK、Ca1、Ca2、Ca3、Ca4 分别表示过磷酸钙施用量处理(0、20kg/hm²、40kg/hm²、60kg/hm²、80kg/hm²);同列中凡含有相同字母的表示差异不显著,
含有不同字母的表示差异显著,下同

段分析相同。每穗粒数和结实率与对照相比略有增加,但无显著性差异。除 Mg1 处理外,在千粒重和折合产量上,硫酸镁各处理与对照相比均显著提高,其中以 Mg3 处理数值最高。这一结果表明,天隆优 619 于幼穗分化期施用适量的硫酸镁可达到提高千粒重,从而提高产量的效果。

2.3 富乐微施用量对天隆优 619 产量构成及产量的影响 由表 3 可见,不同富乐微施用量处理的每穴有效穗数无显著性差异,其原因同 2.1。每穗粒数和结实率与对照相比略有增加,但无显著性差异。在千粒重和折合产量上,富乐微各处理的千粒重显著高于对照,折合产量除 Si1 处理与对照相比显著提高外,以 Si3 效果表现最佳。这一结果同过磷酸

钙和硫酸镁的施用结果类似,表明天隆优 619 于幼穗分化期施用适量的富乐微同样可以达到增加千粒重,提高产量的目的。

2.4 钙镁硅肥施用量对天隆优 619 的加工和外观品质的影响 由表 4 可见,过磷酸钙、硫酸镁、富乐微肥料的施用可以改善稻米的加工和外观品质,但效果不是特别突出,糙米率、精米率和整精米率的变异范围基本上在 1 个百分点左右浮动。从平均值来看,富乐微较硫酸镁和过磷酸钙的施用效果好。从整体数据上看,各处理的糙米率和精米率比较正常,而整精米率出现了数值偏低的现象,这可能与品种籽粒比较细长,加工时水分含量较低造成的碎米较多有关。

表 2 不同硫酸镁处理条件下天隆优 619 产量构成及折合产量

施肥处理	有效穗数(穗/穴)	每穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	结实率(%)	折合产量(kg/hm ²)
CK	15.3 ± 1.1a	136.9 ± 18.6a	27.5 ± 0.3b	87.1 ± 2.3a	11137.7b
Mg1	15.1 ± 1.4a	137.1 ± 36.5a	28.2 ± 0.5a	88.5 ± 1.6a	11756.4ab
Mg2	15.3 ± 1.5a	142.8 ± 31.3a	28.4 ± 0.4a	88.6 ± 2.9a	12218.9a
Mg3	15.5 ± 0.9a	144.5 ± 18.4a	28.7 ± 0.3a	88.9 ± 2.9a	12587.1a
Mg4	15.2 ± 1.0a	143.6 ± 26.7a	28.6 ± 0.4a	88.7 ± 2.7a	12105.3a

CK、Mg1、Mg2、Mg3、Mg4 分别表示硫酸镁施用量处理(0、20kg/hm²、40kg/hm²、60kg/hm²、80kg/hm²)

表 3 不同富乐微处理条件下天隆优 619 产量构成及折合产量

施肥处理	有效穗数(穗/穴)	每穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	结实率(%)	折合产量(kg/hm ²)
CK	15.3 ± 1.1a	136.9 ± 18.6a	27.5 ± 0.3b	87.1 ± 2.3a	11137.7b
Si1	15.0 ± 0.8a	142.8 ± 27.2a	28.6 ± 0.4a	88.3 ± 4.9a	11895.2ab
Si2	15.3 ± 0.9a	146.7 ± 21.1a	28.7 ± 0.3a	88.7 ± 3.7a	12584.3a
Si3	15.5 ± 1.5a	147.8 ± 36.0a	29.1 ± 0.5a	89.2 ± 2.2a	12856.4a
Si4	15.2 ± 1.4a	145.7 ± 25.6a	28.5 ± 0.4a	88.5 ± 1.4a	12358.7a

CK、Si1、Si2、Si3、Si4 分别表示富乐微施用量处理(0、20kg/hm²、40kg/hm²、60kg/hm²、80kg/hm²)

表 4 钙镁硅肥不同梯度处理条件下天隆优 619 的加工和外观品质

施肥处理 (kg/hm ²)	过磷酸钙			硫酸镁			富乐微		
	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)
0	82.25	72.26	54.4	82.25	72.26	54.4	82.25	72.26	54.4
20	82.58	72.65	55.1	82.88	73.77	55.3	83.58	73.53	55.9
40	82.86	73.01	55.8	83.15	74.92	55.7	84.39	73.89	56.6
60	83.07	72.97	56.1	83.26	74.31	56.1	84.65	73.46	56.7
80	82.94	72.89	55.9	83.07	73.84	55.9	83.71	73.65	56.3
平均值	82.74	72.76	55.5	82.92	73.82	55.5	83.72	73.36	56.0

2.5 钙镁硅肥施用量对天隆优 619 主成分和食味值的影响 由表 5 可见,Ca1、Mg1 和 Si1 处理的蛋白质含量虽低于对照空白处理,但差异并不显著,而其他各处理与对照相比蛋白质含量均显著降低。直链淀粉含量与施肥无关,各处理间差异均不显著,这一结果表明,直链淀粉含量受施肥影响较小,主要和品种以及成熟期的温度有关。食味值和蛋白质含量的结果相反,除 Ca1、Mg1 和 Si1 处理和对照无显著性差异外,其他各处理与对照相比食味值均显著提高,表明食味值主要和蛋白质含量有关,蛋白质含量越低,食味值越高。

表 5 钙镁硅肥不同梯度处理条件下

天隆优 619 的主成分和食味值

施肥处理	蛋白质含量 (%)	直链淀粉含量 (%)	食味值
CK	8.6 ± 0.4a	22.25 ± 0.17a	71.0 ± 1.4b
Ca1	8.3 ± 0.1ab	22.60 ± 0.30a	73.2 ± 1.0ab
Ca2	7.7 ± 0.1b	22.20 ± 0.26a	75.5 ± 0.6a
Ca3	7.9 ± 0.2b	22.40 ± 0.43a	74.3 ± 1.0a
Ca4	8.0 ± 0.1b	21.86 ± 0.25a	74.6 ± 0.6a
CK	8.6 ± 0.3a	22.25 ± 0.17a	71.0 ± 1.4b
Mg1	8.4 ± 0.2ab	22.80 ± 0.38a	73.3 ± 0.6ab
Mg2	8.2 ± 0.2b	22.36 ± 0.29a	74.2 ± 0.6a
Mg3	7.9 ± 0.4b	22.46 ± 0.32a	75.2 ± 0.6a
Mg4	8.1 ± 0.3b	22.23 ± 0.15a	74.7 ± 0.6a
CK	8.6 ± 0.2a	22.25 ± 0.17a	71.0 ± 1.4b
Si1	8.3 ± 0.3ab	22.70 ± 0.35a	73.7 ± 0.6ab
Si2	8.0 ± 0.2b	22.70 ± 0.29a	74.9 ± 1.0a
Si3	7.7 ± 0.3b	22.30 ± 0.24a	75.4 ± 1.0a
Si4	8.1 ± 0.4b	22.43 ± 0.25a	74.8 ± 0.6a

2.6 钙镁硅肥施用量对天隆优 619 食味品尝综合评价的影响 稻米品尝评价中,米饭的综合评价价值是诸多品评项目中最为重要的一项指标。由表 6 可以看出,各种肥料不同用量处理的综合评价价值均为正值,其中以 Ca2 处理的 1.05 为最高,Mg2 处理的 0.15 为最低。和对照存在显著差异的仅有 Ca2 和 Si3 处理,其余处理和对照间的差异并不显著,且各施肥量处理间没有表现出明显的规律。另一方面,各处理的标准差较大,表明品尝员间的分散性较强,是造成食味综

合评价价值较高,但差异不显著的主要原因。

表 6 钙镁硅肥不同施肥处理食味品尝的综合评价价值

施肥处理	综合评价	施肥处理	综合评价	施肥处理	综合评价
CK	0bc	CK	0a	CK	0bc
Ca1	0.75 ± 0.96ab	Mg1	0.16 ± 0.92a	Si1	0.45 ± 1.23abc
Ca2	1.05 ± 0.63a	Mg2	0.15 ± 0.81a	Si2	0.55 ± 1.05ab
Ca3	0.89 ± 1.10ab	Mg3	0.52 ± 0.77a	Si3	0.78 ± 0.41a
Ca4	0.75 ± 1.25ab	Mg4	0.55 ± 1.05a	Si4	0.73 ± 0.87ab

3 讨论

3.1 钙、镁、硅肥施用对天隆优 619 产量及其构成因素的影响 施肥是影响稻米产量和品质的重要外界因子,目前生产上肥料的投入主要以氮、磷、钾肥为主,而这些肥料的投入已经达到饱和状态,对水稻的增产不再会起到明显效果。而且过度的氮、磷、钾肥施用,特别是氮肥施用不仅影响稻米的品质,还会对农业生态环境带来一定的破坏,为此研究中量和微量元素对水稻产量和品质的影响显得越来越重要。钙、镁、硅是水稻生长发育必不可少的营养元素,张晓光^[11]的研究结果表明,钙肥能够明显提高水稻结实率及千粒重,提高水稻产量。陈志青等^[12]指出,镁能够提高水稻光合势和净光合速率,促进水稻生育后期光合物质的积累,获得更高的每穗粒数、结实率以及千粒重,从而获得水稻高产。王圣毅等^[13]的研究结果表明,施硅有利于水稻增强植株抗倒伏能力,抽穗后更好地利用光能进行有机物生产,主要是通过影响实粒数和结实率来促进产量的提高。邱菁华等^[14]研究发现,不同生育时期施硅肥对水稻的影响也不同,孕穗期施用硅肥可以获得较高的穗粒数、结实率和水稻产量。幼穗分化期是水稻由营养生长向生殖生长转变的关键时期,该期施肥对水稻产量的形成和品质的提升起到至关重要的作用,因此本研究在该期进行了钙、镁、硅肥的梯度施肥试验。试验结果表明,尽管钙、镁、硅肥的施用对穗粒数和结实率的影响不十分明显,但还是得到了一定程度的提高。千粒重除 Ca1,产量除 Ca1、Mg1 和 Si1 外,其余施肥处理均明显高于对照,这和前人的研究结果基本一致。另一方面,从产量构成和实际测产的结果来看,钙、镁、硅肥的施用并不是越多产量越高,在实际生产中应把握合理的钙、镁、硅肥施用量,以达到节约成本,提高经济效益的目的。

3.2 钙、镁、硅肥施用对天隆优 619 品质的影响

随着物质的丰富和人民生活水平的提高,消费者对稻米品质的要求也越来越高,稻米品质是水稻生产中不可忽视的一项重要指标。水稻的诸多品质中,稻米的加工品质直接影响到单位质量水稻可用于销售的稻米量,糙米率和精米率越高,经济效益越高。整精米率是外观品质中最重要的指标,是稻米的商品品质,单位质量水稻的整精米率高,不仅经济效益好,而且往往会受到消费者的青睐。过磷酸钙、硫酸镁、富乐微肥料的施用可以改善稻米的加工和外观品质,和对照相比平均提高糙米率、精米率和整精米率 1 个百分点左右,但整精米率存在数值偏低的情况。因此,根据天隆优 619 品种的特点,选择理想的加工设备,控制其含水量在 14%~15% 范围内,减少加工时的机械损伤,以提高其精米率十分必要。

蛋白质和直链淀粉是稻米的主要组成成分,其含量高低可反映稻米食味的优劣,是稻米成分中影响食味的 2 个主要因素,蛋白质含量越低,直链淀粉含量在一定范围(>15%)内越低,稻米的食味越好^[15]。此次的试验结果,除 Ca1、Mg1 和 Si1 处理的蛋白质含量与对照无明显差异外,其他各处理的蛋白质含量均显著降低,但各处理间直链淀粉含量的差异均不显著。食味值和蛋白质含量呈现负相关,蛋白质含量越低,食味值越高。由此可见,直链淀粉含量受施肥影响较小,主要和品种以及成熟期的温度有关。由于大田生产环境下成熟期的温度无法控制,所以在进行杂交稻配组时,通过筛选低直链淀粉含量不育系和恢复系来降低杂交稻组合的直链淀粉含量,可达到提高稻米食味的目的。

米饭的品尝评价是衡量食味优劣最为直接、客观不可或缺的方式,在品尝评价的诸项目中,综合评价是最为重要的一项指标。从本试验的结果看,各种肥料不同用量处理的综合评价值均为正值,尽管和对照相比,综合评价值超过 0.5 以上的处理较多,但仅有 Ca2 和 Si3 处理存在显著差异,各施肥量处理间没有明显规律可循,品尝人员的分散性较强。刘建等^[16]指出,参加品尝人员味觉的灵敏度和准确性会对客观准确地把握水稻的食味品质产生直接的影响,其鉴别能力和精确性是优质食味水稻品种筛选的必要条件。此次试验中品尝人员间综合评价值差别较大,品尝员综合评价值越大或越小,与处理本

身真实值的偏差也就越大。为此在今后的水稻食味品尝试验中,通过对品尝人员的严格筛选来保证试验的精确度十分必要。经过最终筛选后的品尝员,可作为今后水稻食味品尝的骨干队伍,对水稻品种食味的高效率准确评价发挥积极的作用。

3.3 杂交粳稻发展前景展望 杂交水稻产量得到大幅度提高,有效地解决了中国乃至世界人口增长所带来的粮食安全问题,被公认为水稻的第二次绿色革命,是我国水稻发展史中的一个重要里程碑。相对于杂交籼稻而言,杂交粳稻由于受制种产量和杂种优势的影响,推广面积受到限制。邓华凤等^[17]指出,中国杂交粳稻的增产优势在实际应用中仅为 10% 左右,尽管有些组合的米质达到国标 2 级以上,但整体水平远不及优质常规粳稻。因此,利用亚种间杂种优势提高杂交粳稻优势水平,充分挖掘品质突出的优良粳稻资源,走“双亲双优”策略,改良稻米品质,并配以优化的栽培技术体系,可使杂交粳稻未来发展可期。刘建等^[18]的研究发现,食味优良的杂交粳稻组合主要和恢复系的蛋白质含量有关,选择蛋白质含量低、食味优的恢复系是杂交粳稻食味改良的关键。天隆优 619 的诞生是对以上研究结果的佐证,该品种食味优良,被天津市政府纳入 4 个优质小站稻品种之中进行推广。从本次的试验结果看,天隆优 619 的蛋白质含量较低,但直链淀粉含量略高,说明通过改良还有进一步提升食味空间的可能。

我国杂交粳稻经过几十年的研究,已取得可喜成绩,奠定了坚实基础。通过杂交粳稻全国大协作创新平台建设,在未来的研究和发展中增加投入,联合攻关,加强基础理论研究,选育精品组合,构建优质、高产双轮驱动的宏伟蓝图是完全可能的。

参考文献

- [1] 赵飞,刘建,曹高蕊,杜锦,崔晶,向春阳,郭淑玲. 水稻品质育种与优质化栽培问题的探讨. 杂交水稻,2022,37(2): 1-6
- [2] 李军,肖丹丹,邓先亮,朱大伟,邢志鹏,胡雅杰,崔培媛,郭保卫,魏海燕,张洪程. 镁锌肥追施时期对优良食味粳稻产量及品质的影响. 中国农业科学,2018,51(8): 1448-1463
- [3] 孔宇,张文忠,高继平,陈书强. 钾硅镁配施对寒地水稻产量及品质的影响. 沈阳农业大学学报,2016,47(2): 224-229
- [4] 徐晨,刘晓龙,李前,凌凤楼,武志海,张治安. 供氮水平对盐胁迫下水稻叶片光合及叶绿素荧光特性的影响. 植物学报,2018,53(2):

(下转第 118 页)

54-57,59

- [5] 石自忠,王明利,胡向东,崔妮.我国牧草种植成本收益变化与比较.草业科学,2017,34(4):902-911
- [6] 刘祖春.农业供给侧结构性改革的三个维度—2017年中央一号文件解读.决策与信息,2017(7):18-24
- [7] 潘蒙英健,高峰,李长忠,孙震,苗福泓,刘洪庆,孙娟.黄淮海地区不同青贮玉米品种播期及其适应性研究.青岛农业大学学报:自然科学版,2018,35(3):200-206
- [8] 刘浏.农业供给侧结构改革对玉米种业的影响.辽宁农业科学,2017(2):57-58
- [9] 刘颖慧,郭明,贾树利,尹建国.影响青贮玉米品质因素研究进展.作物杂志,2018(2):6-10
- [10] 侯燕红,张一桦,周凯,杨庆然,杨维林,刘琼花,姜华,何承刚.不同青贮玉米品种农艺性状及营养价值评价.云南农业大学学报:自然科学版,2022,37(4):604-610
- [11] 申炳涛,朱伟岭,李颜,孙忠超.河南省长葛市玉米品种比较试验研究.中国种业,2023(1):72-75
- [12] 江世高,李三要,朱晓花,刘西苑,李燕骄,刘海华,肖怀治,汪春玮.湘中丘陵区27个青贮玉米品种比较试验.草业科学,2023,40(1):227-235
- [13] 李冬梅,张春玲,吴亚男,赵奎华,王延波,齐华,聂林雪,陈涛,马丽婷.不同耐密性玉米品种干物质积累及产量对弱光响应的差异.玉米科学,2013,21(6):54-58
- [14] 陈艳霞,南张杰,潘金豹,王晔.青贮玉米不同器官对产量和品质的影响.北京农学院学报,2016,31(3):16-22
- [15] 王诚,曹慧颖,范秋苹,董桂红,何荣彦,翟桂玉,刘德娟.切割长度和含水量对玉米秸秆青贮发酵品质及营养成分的影响.甘肃畜牧

兽医,2023,53(3):101-104

- [16] 于吉琳,聂林雪,郑洪兵,张卫建,宋振伟,唐建华,林志强,齐华.播期与密度对玉米物质生产及产量形成的影响.玉米科学,2013,21(5):76-80
- [17] 张美微,李川,张盼盼,牛军,郭涵潇,何佳雯,刘京宝,乔江方.错株密植对夏玉米冠层特性和产量的影响.中国农业大学学报,2023,28(5):34-43
- [18] 杨吉顺,高辉远,刘鹏,李耕,董树亭,张吉旺,王敬锋.种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响.作物学报,2010,36(7):1226-1233
- [19] 徐国强,苏萍萍,段海洋,李娜,高炯浩,高勇,付志远,李卫华,汤继华,张雪海.河南省近20年玉米品种主要性状的演变及育种方向分析.分子植物育种,2023,21(12):5148-4169
- [20] 徐艳荣,仲义,代秀云,侯宗运,焦仁海,刘兴二.我国青贮玉米的发展现状及种质改良.东北农业科学,2017,42(1):8-11
- [21] 张兴端,向振凡,霍仕平,张健,杨洪霞,冯云超,余志江,晏庆九,张芳魁.37个玉米新品种(组合)耐旱性评价.中国农学通报,2015,31(30):43-49
- [22] 吕国晓,刘婕,李会荣,陈正平,戴伟星,姜淑贞,杨在宾.不同品种玉米全株常规营养成分和氨基酸的比较研究.饲料研究,2022,45(4):92-98
- [23] 王虎宁,秦伟娜,焦婷,师尚礼,李淑艳,高永权,齐帅.甘肃不同青饲玉米品种产量、农艺性状及营养品质评定.草业科学,2023,40(6):1617-1628
- [24] 郭江,瓮巧云,宋亚菲,刘颖慧,袁进成.不同肥料配施对青贮玉米产量和品质的影响.中国农学通报,2021,37(27):21-26

(收稿日期:2023-11-13)

(上接第112页)

185-195

- [5] 高辉,马群,李国业,杨雄,李雪侨,殷春渊,李敏,张庆,张洪程,戴其根,魏海燕.氮肥水平对不同生育类型粳稻米蒸煮食味品质的影响.中国农业科学,2010,43(21):4543-4552
- [6] 刘月月,郑浣彤,程兆伟,耿艳秋,邵玺文,郭丽颖,袁晴欣,朱立群,苏宇扬,徐佳睿,袁翊新,张琦.秸秆还田与氮肥运筹对东北粳稻产量及稻米品质的影响.中国稻米,2021,27(6):20-27
- [7] 张洪程,王秀芹,戴其根,霍中洋,许轲.施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响.中国农业科学,2003,36(7):800-806
- [8] 蒋李健.施氮量对优质粳稻产量和品质的影响.安徽农学通报,2020,26(19):37-39
- [9] 蒙秀菲,伍祥,金明,张上都,彭菊,曾涛,周乐良,陈文强,熊玉堂,张元虎.不同生育期氮肥施用量对稻米品质的影响.耕作与栽培,2022,42(3):59-61
- [10] 松江勇次.少数パネル,多数試料による米飯の官能検査.家政誌,1992,43:1027-1032
- [11] 张晓光.“鑫宇绿叶”牌高钙肥在水稻上的应用效果初探.北方水稻,2015,45(3):66-68

- [12] 陈志青,刘梦竹,王锐,崔培媛,卢豪,魏海燕,张洪程,张海鹏.纳米镁对水稻产量形成和氮素吸收利用的影响.中国水稻科学,2022,36(2):195-206
- [13] 王圣毅,陈林,李丽,朱江艳,银永安,丁志强.硅肥对膜下滴灌水稻生长发育及产量的影响.中国稻米,2016,22(5):85-88
- [14] 邱菁华,孙书洪,薛铸,彭劲舟,衣若晨,董建舒.间歇灌溉下不同生育时期施硅对水稻生长发育的影响.灌溉排水学报,2023,42(4):45-50
- [15] 刘建,张欣,崔晶,王松文,丁得亮,边嘉宾,楠谷彰人,松江勇次.水稻品质分析仪在食味育种中的应用研究.种子,2013,32(10):15-20
- [16] 刘建,崔晶,张欣,丁得亮,王松文,边嘉宾,李月明,楠谷彰人.水稻食味品尝员筛选方法的研究.种子,2014,33(4):75-78
- [17] 邓华凤,何强,舒服,张武汉,杨飞,荆彦辉,东丽,谢辉.中国杂交粳稻研究现状与对策.杂交水稻,2006,21(1):1-6
- [18] 刘建,谷守贤,崔晶.北方杂交粳稻的食味品质与其亲本的相关性研究.杂交水稻,2018,33(1):50-54

(收稿日期:2023-10-16)