

旱平垄作双侧双深施肥对水稻产量和品质的影响

康楷, 刘丽华*, 郑桂萍, 王文玉, 秦猛, 王云鹏, 陈余波

(黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:为了探究新型耕作方式, 解决水稻传统耕作方式全层施肥肥料利用率低、整个生产过程作业环节多、成本高的问题, 拟开展旱平垄作双侧双深施肥试验, 研究其对寒地水稻产量和品质的影响。2018年在齐齐哈尔市泰来县农研所, 采用当地主栽水稻品种龙稻21, 随机区组试验设计, 设计13 cm和14 cm两种穴距, 常规处理(P)行距均为30 cm×30 cm, 旱平垄作双侧双深施肥处理(L)行距均为宽窄行13 cm×37 cm, 分别在分蘖期、齐穗期与成熟期选取有代表性的植株4穴考种, 计算理论产量, 测定营养品质与食味评分。两种耕作模式下, 13 cm穴距处理的产量均高于14 cm穴距处理, L_1 、 L_2 、 L_5 、 L_6 产量均极显著高于常规平作, 垄作处理的产量平均较 P_1 处理高6.24%, 较 P_2 处理高9.33%。在营养品质中, 13 cm穴距处理的蛋白质含量均低于14 cm穴距处理, 蛋白质含量: 垄作速效肥>常规平作>垄作缓释肥。直链淀粉含量均呈13 cm穴距处理小于14 cm穴距处理, 但旱平垄作模式与常规搅浆平作均未达到显著水平。旱平垄作与常规搅浆平作的食味评分中, 14 cm穴距处理的食味评分值均小于13 cm穴距处理。食味评分表现为 $L_1>L_3>L_2>L_5>L_4>P_1>L_6>P_2$ 。本试验条件下, 旱平垄作模式中施用中化缓释肥处理的产量显著高于常规平作处理, 全层缓释肥处理品质的改良效果优于其他处理。

关键词: 水稻; 垄作; 产量; 品质

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)03-0031-06

Effect of Double Deep Fertilization on Yield and Quality of Rice by Dry Flat Ridge

KANG Kai, LIU Lihua*, ZHENG Guiping, WANG Wenyu, QIN Meng, WANG Yunpeng, CHEN Yubo

(College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to explore new tillage methods to solve the problems of low fertilizer utilization rate, multiple operation links and high cost in the whole production process of rice traditional tillage methods. In order to study the effect on rice yield and quality in the cold region, the experiment was carried out on bilateral and deep fertilization with dry flat ridge. In 2018, at the Agricultural Research Institute of Tailai County, Qiqihar City, Longdao 21, a local main rice variety, was used in a randomized block trial design. Two kinds of planting distances of 13 cm and 14 cm were designed, and the row spacing of routine treatment (P) was 30 cm × 30 cm, dry flat ridge farming, double deep fertilization treatment (L) row spacing is 13 cm × 37 cm, four representative plants were selected at tillering stage, full heading stage and mature stage, respectively, to calculate the theoretical yield, determine the nutritional quality and taste score. Under the two cultivation modes, the yield of 13cm furrow spacing treatment was higher than that of 14 cm furrow spacing treatment, the yield of L_1 , L_2 , L_5 and L_6 was significantly higher than that of conventional parallel cropping, and the average yield of ridge treatment was 6.24% higher than that of P_1 treatment, and 9.33% higher than that of P_2 treatment. In terms of nutritional quality, the protein content of 13 cm treatment was lower than that of 14 cm treatment. Protein content is ridge planting quick acting fertilizer > conventional flat planting > ridge planting slow-release fertilizer. Amylose content of 13 cm treatment is less than 14 cm treatment, but no significant level was achieved in the drought-plain ridge cropping model and the conventional pulsed ridge cropping. The food taste score was $L_1>L_3>L_2>L_5>L_4>P_1>L_6>P_2$. Under the conditions of this experiment, the yield of Sinochem slow-release

收稿日期: 2019-12-29

基金项目: 黑龙江八一农垦大学博士启动基金项目(101/2031011046); 国家重点研发计划项目(2018YFD0300104); 黑龙江省自然科学基金(C2018048)

作者简介: 康楷(1995-), 男, 在读硕士, 研究方向为水稻栽培与耕作。

通讯作者: 刘丽华, 女, 博士, 副教授, E-mail: 11887352@qq.com

fertilizer treatment in dry flat ridge cultivation mode is significantly higher than that of conventional flat cultivation treatment, and the quality improvement effect of full-layer slow-release fertilizer treatment is better than that of other treatments.

Key words: Rice; Ridge Tillage; Yield; Quality

水稻作为我国三大粮食作物之一,其增产稳产对我国粮食安全至关重要。近年来,水稻单产和总产均大幅提高^[1]。为了获得更高的产量,农民常常施用过量的肥料。鲁如坤提出中国氮肥施用量非常大^[2]。过量施肥和不平衡施肥的现象日益严重,造成在产量提高的同时,肥料利用率低下^[3-8]。目前,中国氮肥用量占全球氮肥用量的30%,成为世界第一大氮肥消耗国^[9]。施用氮肥所采取的方法也不够科学,浪费大量肥料^[10],严重影响了水稻的产量与品质^[11]。

水稻传统耕作方式导致土壤结构被破坏、土壤致密、通透性差^[12-13]、水资源浪费和农时紧张,全层施肥肥料利用率低^[4],整个生产过程作业环节多,成本高^[15-16]。针对以上问题,黑龙江八一农垦大学水稻研究中心经长时间研究,提出水稻旱平垄作双侧双深施肥的栽培方法^[17]:秋翻地或春翻地,进行晾晒、旋耕、旱整平。翻地深度需达到20 cm,旋耕深度16~18 cm,然后旱整平,早起垄同时分层分类施肥采用新型的“水田早起垄双侧双深分类施肥机”起垄施肥。当土壤墒情适宜时进行秋起垄,同时施肥和镇压,要求垄底宽50~60 cm,垄面宽30~40 cm,镇压后垄高达到12 cm以上。早起垄的同时将基肥和分蘖肥分层深施于垄中形成三条肥带,一条深肥带位于垄正中央,将肥施入距垄面6~7 cm深处,两条浅肥带分别位于深肥带两侧水平距离10.5~18 cm,将肥施入距垄面3 cm深处。大大减少作业成本,3层肥带在水稻苗期持续提供肥料,有效提高肥料的利用率,

达到增产增收与提升食味品质的目的^[18]。

本试验从产量与品质双重角度,分析垄作双深对水稻产量及品质的影响,为垄作双深栽培模式提供理论依据和技术指导,进一步完善大田栽培管理技术,形成具有寒地特色垄作双深高产、高效、优质栽培技术。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于2018年在齐齐哈尔泰来县农研所进行。供试品种:龙稻21,主茎13叶,株高109.76 cm左右,全生育期142 d,需活动积温2 650℃·d左右。供试土壤:pH值6.7,有机质2.49%,碱解氮80.98 mg/kg,有效磷36.58 mg/kg,速效钾113.9 mg/kg。供试肥料:中化控释掺混肥料(中化吉林长山化工有限公司),神归硅肥(佳木斯三兴农业技术服务公司),好苗子复合肥(中化化肥控股有限公司),其他采用常规化肥。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组试验设计,设计13 cm和14 cm两种穴距,常规处理(P)均为30 cm×30 cm,旱平垄作双侧双深施肥处理(L)行距均为宽窄行13 cm×37 cm;试验共8个处理,穴距及施肥情况为:P₁(13 cm,常规肥料)、P₂(14 cm,常规肥料)、L₁(13 cm,中化缓释肥)、L₂(14 cm,中化缓释肥)、L₃(13 cm,缓释肥减量10%)、L₄(14 cm,缓释肥减量10%)、L₅(13 cm,肥料速缓结合)、L₆(14 cm,肥料速缓结合)。施肥量见表1。4月17日播

表 1 施肥种类及用量											kg/hm ²
处理	基肥		分蘖肥			调节肥		穗肥			
	好苗子复合 肥	中化	46% 尿 素	64% 磷 酸二铵	50% 硫 酸钾	21% 硫酸铵	神归	46% 尿素	46% 尿素	50% 硫酸钾	21% 硫酸铵
P ₁	487.50	—	—	—	—	225.00	—	60.00	225.00	—	75.00
P ₂	487.50	—	—	—	—	225.00	—	60.00	225.00	—	75.00
L ₁	—	420.00	—	—	—	—	120.00	43.20	86.55	105.60	—
L ₂	—	420.00	—	—	—	—	120.00	43.20	86.55	105.60	—
L ₃	—	378.00	—	—	—	—	108.00	38.85	77.85	95.10	—
L ₄	—	378.00	—	—	—	—	108.00	38.85	77.85	95.10	—
L ₅	—	255.00	90.75	59.25	49.50	—	120.00	43.20	86.55	105.60	—
L ₆	—	255.00	54.45	107.55	62.85	—	120.00	43.20	86.55	105.60	—

种,5月25日移栽。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 产量及产量构成测定

成熟期每个处理选取有代表性的植株4穴考种,考查茎数、株高、干重、穗重、穗长、每穴穗数、每穗粒数、每穗一次和二次枝梗数、一次和二次枝梗的粒数、一次和二次枝梗结实率、一次和二次枝梗的千粒重,计算理论产量。

1.3.2 品质测定

每个重复取1 m²的稻株自然风干后脱谷,储存2个月后测定稻米加工品质、外观品质、营养品质、食味品质及稻粒的粒型,每个处理取稻谷600.00 g,8个处理,3次重复。按《中国农业标准汇编-粮油作物卷》的标准测定品质。

加工品质:称取部分样品,质量记为W₀,用FC-2K型实验砬谷机(YAMAMOTO,离心式)加工成糙米,质量记为W₁,并按公式计算糙米率(糙米率=W₁/W₀×100%)。用日本山本公司生产的VP-32型实验碾米机加工精米。从W₁中称取一定量的糙米W₂(30 g,3次重复)精碾,除去糠粉并称质量记为W₃,再拣出整精米粒,称质量记为W₄,并按下列公式计算精米率和整精米率:精米率(%)=W₃/W₂×(W₁/W₀)×100;整精米率(%)=W₄/[W₀×(W₂/W₁)]×

100。外观品质用日本静冈机械株式会社生产的ES-1000便携式品质分析仪测定精米的垩白粒率、垩白度。营养品质用瑞典FOSS福斯公司生产的FOSS1242近红外分析仪测定籽粒糙米中蛋白质含量及直链淀粉含量。食味品质用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)测定。

1.4 数据处理

用WPS 2019软件和DPS V9.01数据处理系统进行数据整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对产量及构成要素的影响

由表2可知,穴距为13 cm处理的产量均高于穴距为14 cm的处理,产量总体表现为L₁>L₂>L₅>L₆>L₃>L₄>P₁>P₂,L₁、L₂、L₅、L₆处理的产量均极显著高于P₁、P₂,说明垄作方式可以显著提高水稻的产量。穴距为13 cm处理的产量表现为L₁>L₅>P₁,L₁、L₅分别极显著高于P₁ 9.52%、8.70%;穴距为14 cm处理的产量表现为L₂>L₆>P₂,L₂、L₆分别极显著高于P₂ 12.21%、11.13%。L₃、L₄处理的产量均高于P₁、P₂,但差异不显著。L₁、L₂对产量的提升效果最好,说明垄作全层缓释肥对水稻产量提升效果最好。

表2 不同耕作方式对产量的影响

处理	穗数(穗/m ²)	穗粒数(粒/穗)	结实率(%)	千粒重(g)	产量(kg/hm ²)
P ₁	341.75deAB	121.53aA	87.60aA	27.26abA	7 485.51bC
P ₂	302.75eB	129.14aA	86.27aA	27.05abA	7 273.94bC
L ₁	445.00abA	109.13aA	88.28aA	27.27abA	8 198.13aA
L ₂	442.50abcA	109.85aA	86.91aA	27.74abA	8 162.36aA
L ₃	362.67bcdeAB	122.72aA	85.54aA	26.20bA	7 602.58bABC
L ₄	415.50abcdAB	107.58aA	85.01aA	27.59abA	7 531.34bBC
L ₅	421.50abcdAB	119.56aA	82.62aA	27.49abA	8 136.76aA
L ₆	470.25aA	101.89aA	83.42aA	27.63abA	8 083.36aAB
F	3.55**	0.68	0.61	1.17	7.12**

注:大、小写字母不同表示差异极显著(P<0.01)、显著(P<0.05),“*”表示差异达到5%显著水平,“**”表示差异达到1%显著水平,下同

2.2 不同耕作方式对稻米加工品质的影响

由表3可知,旱平垄作的糙米率均高于平作,穴距为13 cm处理的糙米率表现为L₁>L₅>L₃>P₁,其中L₁、L₅处理的糙米率极显著高于P₁;穴距为14 cm处理的糙米率表现为L₂>L₆>L₄>P₂,其中L₂、L₆处理的糙米率极显著高于P₂;L₁、L₂的精米率均高于平作的处理,且L₁的精米率显著高于P₂,P₁极显著高于L₄,其余处理均未达显著水平;旱平垄作的整精米率与常规平作的处理均未达显著水平,说明垄作对稻米的糙米率与精米率有提升作用,对整精

米率没有明显影响,L₁、L₂的提升效果最好。

2.3 不同耕作方式对稻米外观品质的影响

由表4可知,常规平作处理的垩白粒率与垩白度表现为穴距为13 cm小于穴距为14 cm的处理,而旱平垄作处理的垩白粒率与垩白度表现为穴距为13 cm大于穴距为14 cm的处理。13 cm穴距下垩白粒率表现为L₅>L₃>P₁>L₁,14 cm穴距下垩白粒率表现为P₂>L₆>L₄>L₂,其中L₁的垩白粒率显著低于P₁、P₂,L₂的垩白粒率显著低于P₁,极显著低于P₂;L₅的垩白粒率极显著高于P₁、P₂。13 cm

表3 不同处理对加工品质的影响 %

处理	糙米率	精米率	整精米率
P ₁	77.35deBC	70.57abA	61.9abAB
P ₂	77.03eC	69.45bcAB	61.73abAB
L ₁	79.81aA	70.79aA	62.83aA
L ₂	79.55abA	70.62abA	60.18bB
L ₃	78.36bcdABC	69.41bcAB	60.14bB
L ₄	78.25cdABC	68.63cB	60.89abAB
L ₅	79.11abcA	70.18abAB	62abAB
L ₆	78.94abcAB	69.93abAB	62.53aAB
F	6.32**	3.50**	2.85*

表4 不同处理对外观品质的影响 %

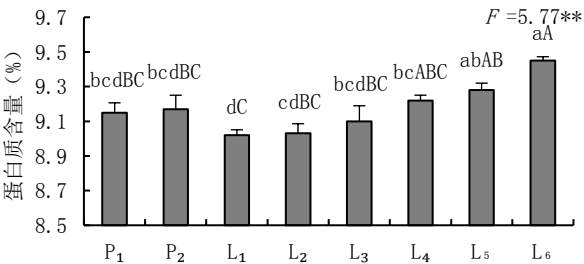
处理	垩白粒率	垩白度
P ₁	2.54bcBCD	1.35bcBC
P ₂	2.59bcBC	1.59bAB
L ₁	1.94deCD	1.00cdC
L ₂	1.79eD	0.86dC
L ₃	2.83bAB	1.59bAB
L ₄	2.23cdeBCD	1.27bcBC
L ₅	3.46aA	2.07aA
L ₆	2.49bcdBCD	1.15cdBC
F	8.55**	10.1**

穴距下垩白度表现为L₅>L₃>P₁>L₁, 14 cm穴距下垩白度表现为P₂>L₆>L₄>L₂, L₁、L₂的垩白度均极显著小于P₂, L₂的垩白度显著小于P₁; L₅的垩白度极显著大于P₁、P₂。说明垄作下施用缓释肥可以显著降低稻米的垩白粒率和垩白度, 而垄作下穴距为13 cm的处理会增加垩白粒率与垩白度。

2.4 不同耕作方式对稻米营养品质的影响

2.4.1 蛋白质含量

由图1可知, 在旱平垄作和常规平作的耕作模式下, 蛋白质含量的总体趋势为穴距为14 cm的处理大于穴距为13 cm的处理, 说明在相同环



注: 大、小写字母不同表示差异极显著 ($P<0.01$)、显著 ($P<0.05$), “*”表示差异达到5%显著水平, “**”表示差异达到1%显著水平, 下同

图1 不同耕作方式对蛋白质含量的影响

境条件下株距越小, 蛋白质含量越高。总体蛋白质含量表现为L₆>L₅>L₄>P₂>P₁>L₃>L₂>L₁, 其中处理L₆的蛋白质含量极显著高于P₁、P₂, 而L₅的蛋白质含量仅低于L₆且L₅、L₆处理的蛋白质含量极显著高于L₁、L₂, 说明施用速效肥会提高蛋白质含量, 旱平垄作施用速效肥增加幅度会更大。而L₁、L₂、L₃、L₄的蛋白质含量较P₁、P₂有下降趋势, 说明旱平垄作模式下施用速缓结合肥对蛋白质含量有降低的趋势。

2.4.2 直链淀粉含量

由图2可知, 各处理的直链淀粉含量差异不显著。两种耕作方式的直链淀粉含量均呈穴距为13 cm处理小于穴距为14 cm处理, 但旱平垄作模式与常规搅浆平作差异不显著。

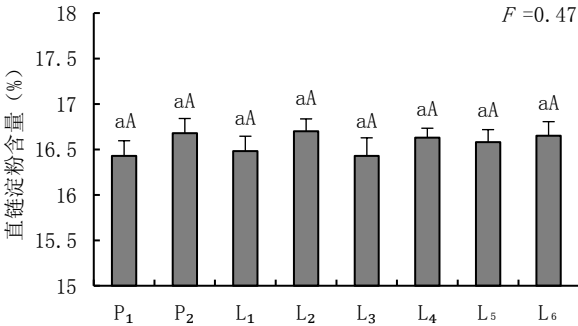


图2 不同耕作方式对直链淀粉含量的影响

2.4.3 食味评分

由图3可知, 旱平垄作与常规搅浆平作的食味评分中, 14 cm穴距处理的食味评分值均低于13 cm穴距处理。食味评分表现为L₁>L₃>L₂>L₅>L₄>P₁>L₆>P₂。表明垄作对食味评分有提升的作用, 其中L₁的食味评分显著高于P₂, 其他处理未达到差异显著水平。旱平垄作模式下, 施用缓释肥对食味品质的提升效果最好, L₆可能过于提高了蛋白质含量, 因此导致食味评分下降。

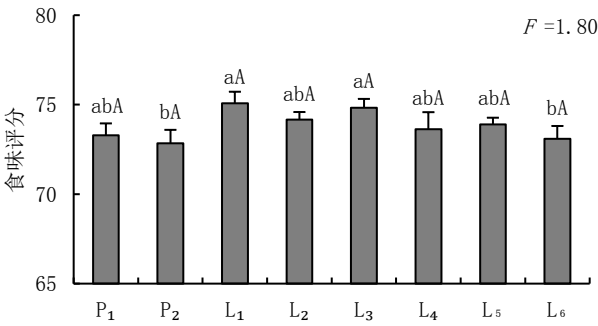


图3 不同耕作方式对食味评分的影响

2.5 稻米品质性状间的相关关系

由表5可知, 本试验的相关分析中垩白粒率和垩白度与食味评分呈负相关, 但均未达到差异

表5 稻米品质性状间的相关关系

相关系数	糙米率	精米率	整精米率	垩白粒率	垩白度	蛋白质含量	直链淀粉含量	食味评分
糙米率	1.00							
精米率	0.38	1.00						
整精米率	-0.20	0.11	1.00					
垩白粒率	-0.30	0.04	0.96**	1.00				
垩白度	-0.33	0.38	0.48	0.32	1.00			
蛋白质含量	-0.23	-0.10	-0.22	-0.18	0.31	1.00		
直链淀粉含量	0.28	-0.21	-0.20	-0.18	-0.63	-0.50	1.00	
食味评分	0.46	0.09	-0.29	-0.37	-0.14	0.08	0.66	1.00

显著水平,因此垄作处理虽显著降低了垩白粒率和垩白度,但未能显著提升食味品质。

3 讨 论

旱平垄作栽培模式通过起垄改变了土壤结构,增强了土壤的气体交换和通透性,加厚了水稻生长所需的熟土层,增加 20%~30% 的地表面积,增加了 20%~30% 的光合作用面积^[19],水稻的产量最终决定于抽穗至成熟期的光合生产能力;加之土体内水分含量较少,土壤热容量减少,土温易升高,昼夜温差也较大,减轻了对水稻的冷害和毒害,使水稻根系活力增强^[20-21]。旱平垄作栽培模式是宽、窄行结构,增加田间边际优势,为水稻生长发育创造了一个良好的冠层结构,显著提升群体光能利用率。钱永德等^[22]研究表明,垄作水稻单位面积穗数、穗粒数较平作略有增加,结实率与千粒重差异不大,实际产量提高 13.3%。郑华斌等^[21]研究表明,垄作梯式下显著提升水稻穗数,穗粒数、结实率和千粒质量的差异不显著,产量提高 24.20%。吴桂成等^[23]认为,高产主要是依靠提高穗数与穗粒数。本研究中旱平垄作处理较常规平作处理对产量构成因素的影响结果与前人一致,垄作缓释肥处理的穗数显著增加,但增产幅度稍有不同,垄作缓释肥的平均增产幅度为 10.87%,垄作速缓结合肥的平均增产幅度为 9.92%。垄作减肥的处理均没有减产,说明垄作可以提高肥料利用率,从而减少肥料的施用,有利于节约成本和保护环境。

赵西梅等^[24]研究表明,提高作物叶片的净光合速率、气孔导度等光合指标可提高品质。垄作的水稻光合作用优于常规平作,养分供应、吸收能力、传导能力较平作充足,因此, L₁、L₂ 的垩白粒率与垩白度显著下降,而 L₅ 的垩白粒率与垩白度高于常规平作,可能是由于肥料利用率高,肥料

消耗较快,导致后期养分供应不足。营养品质方面:蛋白质含量与直链淀粉含量是影响食味的主要因素^[25],但对稻米营养品质超过了平衡度就会导致食味品质的降低;王志玺等^[26]认为蛋白质含量和直链淀粉含量过高往往导致稻米的食味变差;稻米品质主要由其营养品质、加工品质、外观品质和食味品质等几个部分构成^[27-29]; L₁ 处理明显降低了蛋白质含量,较 P₂ 显著提升了食味评分, L₆ 处理的蛋白质含量极显著高于对照,降低了食味评分值,可能由于 L₆ 过高提升稻米的蛋白质含量,导致食味评分低于对照。应在旱平垄作模式下再增加肥料梯度,进一步研究垄作对品质的影响。

4 结 论

本试验条件下垄作双侧双深施用中化缓释肥可提高肥料利用率,显著提高水稻产量,但在食味评分方面除 L₁ 处理未见显著提高;缓释肥减量 10% 的处理产量没有减少,且有利于食味评分的提高,旱平垄作双侧双深缓释肥栽培在水稻高效栽培和食品安全方面均具有一定的理论指导意义。

参考文献:

[1] 刘 健,崔连群,孟庆雯.水稻垄作夹肥技术效果分析[J]. 现代化农业,2018(8):27-29.
[2] 鲁如坤.农业现代化和化肥发展[J].化肥工业,1979(5):63-66,47.
[3] 杜 森,马常宝,高祥照,等.我国水稻施肥现状和特征[J]. 中国农技推广,2004(3):50-51.
[4] 张树清.中国农业肥料利用现状、问题及对策[J].中国农业信息,2006(7):11-14.
[5] 沈 娟,高 强.吉林省水稻施肥现状的调查分析[J].吉林农业科学,2011,36(2):40-43,59.
[6] 陈 琦.农户水稻施肥现状调查与分析[D].南京:南京农业大学,2013.
[7] 马保国,杨太新,郭凤台,等.麦稻轮作体系中磷素平衡的研究[J].农业环境科学学报,2005(2):371-374.
[8] 李文军,彭保发,杨奇勇.长期施肥对洞庭湖双季稻区水稻

- 土有机碳、氮积累及其活性的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(3): 488-500.
- [9] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1095-1103.
- [10] 章星传, 黄文轩, 朱宽宇, 等. 施氮量对不同水稻品种氮肥利用率与农艺性状的影响[J]. 作物杂志, 2018(4): 69-78.
- [11] 龚玉琴, 白锦红, 侯小宁, 等. 中低产田水稻氮磷钾化肥最佳用量及适宜配比研究[J]. 宁夏农林科技, 2007(3): 8-9, 7.
- [12] 彭亚琼, 郑华斌, 扈 婷, 等. 垄作梯式栽培对水稻根系生长的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(S1): 14-17.
- [13] 李文淑, 曾玉清, 吕泽林, 等. 水稻垄作栽培增产效果及原因分析[J]. 农业科技通讯, 2014(12): 118-122.
- [14] 余 玮, 黄 璜, 郑华斌, 等. 垄作梯式栽培对水稻养分吸收利用和根区土壤养分的影响[J]. 作物研究, 2015, 29(4): 357-361.
- [15] 唐晓红, 罗友进, 赵 光, 等. 长期垄作对水稻土腐殖质特性的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20): 106-112.
- [16] 孙宝昌, 宋传毅. 水稻垄作栽培增产原因及技术要点[J]. 垦殖与稻作, 2003(4): 24-25.
- [17] 郑桂萍, 韩东来, 吕艳东, 等. 水稻旱平垄作双侧双深高效栽培新模式与技术规范[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2016, 28(1): 1-3, 24.
- [18] 王凯荣, 刘 鑫, 周卫军, 等. 稻田系统养分循环利用对土壤肥力和可持续生产力的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004(6): 1041-1045.
- [19] 梁康迢, 王雪仁, 林文雄, 等. 水稻产量形成的生理生态研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2002(3): 63-65.
- [20] 唐新媛, 范昭能, 吕泽林, 等. 垄作栽培对水稻农艺性状及产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2014(3): 66-69.
- [21] 郑华斌, 刘建霞, 姚 林, 等. 垄作梯式生态稻作对水稻光合生理特性及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2598-2604.
- [22] 钱永德, 李金峰, 郑桂萍, 等. 垄作栽培对寒地水稻根系生长的影响[J]. 中国水稻科学, 2005(3): 238-242.
- [23] 吴桂成, 张洪程, 钱银飞, 等. 粳型超级稻产量构成因素协同规律及超高产特征的研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 266-276.
- [24] 赵西梅, 陈印平, 夏江宝, 等. 六种叶面肥对冬枣生长发育及果实品质的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(16): 5530-5537.
- [25] 马兆惠, 李 坤, 程海涛, 等. 表观直链淀粉和蛋白质双低型粳稻食味的关联性性状分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2019, 50(1): 10-18.
- [26] 王志玺, 吕文俊, 崔 晶, 等. 稻米品质的相关性分析[J]. 天津农学院学报, 2018, 25(3): 9-15, 33.
- [27] Tadashi Tsukaguchi, Yae Taniguchi, Rie Ito. The effects of nitrogen uptake before and after heading on grain protein content and the occurrence of basal- and back-white grains in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Plant Production Science, 2016, 19(4): 508-517.
- [28] Manish K Pandey, N Shobha Rani, M Sheshu Madhav, et al. Different isoforms of starch-synthesizing enzymes controlling amylose and amylopectin content in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Biotechnology Advances, 2012, 30(6): 1697-1706.
- [29] Navreet K Bhullar, Wilhelm Gruissem. Nutritional enhancement of rice for human health: The contribution of biotechnology[J]. Biotechnology Advances, 2013, 31(1): 50-57.

(责任编辑: 刘洪霞)

(上接第30页)

- [16] 张琳琳, 孙仕军, 陈志君, 等. 不同颜色地膜与种植密度对春玉米干物质积累和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(1): 113-124.
- [17] 李维敏, 周国兴, 李媛媛, 等. 不同覆膜方式对春玉米土壤温度和水分效应影响[J]. 北方农业学报, 2017, 45(2): 46-53.
- [18] 韩云良, 胡迎春, 张宁宁, 等. 覆膜时期和方式对黄土高原春玉米耗水特性和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(3): 362-371.
- [19] 路文涛, 贾志宽, 高 飞, 等. 秸秆还田对宁南旱作农田土壤水分及作物生产力的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(1): 93-99.
- [20] 任新茂, 孙东宝, 王庆锁. 覆膜和种植密度对旱作春玉米产量和蒸散量的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 206-211.
- [21] 高剑民, 邓 忠, 吕谋超, 等. 畦灌液施方式对夏玉米灌溉质量和水分利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(6): 79-86.
- [22] 孔丽丽, 李 前, 侯云鹏, 等. 半干旱区覆膜玉米的氮肥运筹及干物质积累特性[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(4): 30-33.
- [23] 霍轶珍, 银 花, 韩翠莲, 等. 施用有机肥及地膜覆盖对春玉米土壤温度及水分利用效率的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 211-215.
- [24] Li M Z, Feng M L, Sheng L J, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China[J]. Field Crops Research, 2009, 113(1): 41-47.
- [25] C A Liu, S L Jin, L M Zhou, et al. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 31(4): 241-249.
- [26] 胡 敏, 苗庆丰, 史海滨, 等. 不同类型地膜覆盖对土壤水热及春玉米产量的影响[J]. 土壤, 2018, 50(3): 628-632.
- [27] 翟连仲. 塑料薄膜地面覆盖栽培技术的应用和发展前景[J]. 吉林农业科学, 1983(3): 36-40.
- [28] 李尚中, 樊廷录, 王 勇, 等. 旱地玉米抗旱覆膜方式研究[J]. 核农学报, 2009, 23(1): 165-169.
- [29] 杨静然. 解读不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]. 农民致富之友, 2019(9): 110.

(责任编辑: 刘洪霞)