

张巩亮,王宇先,刘玉涛,等. 秸秆还田和增施氮肥对寒地水稻产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(1):8-12.

秸秆还田和增施氮肥对寒地水稻产量的影响

张巩亮,王宇先,刘玉涛,徐莹莹,杨慧莹,高盼,王晨

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为探究秸秆还田与合理的施氮模式对寒地水稻产量及穗部性状的影响,以水稻品种齐粳2号为试验材料,采用秸秆还田和增施氮肥二因素完全随机试验设计,秸秆不还田(A1),秸秆还田(A2),即秸秆全量还田($0.054\text{ kg}\cdot\text{盆}^{-1}$);常规施氮(B1,施氮比例为基肥:分蘖肥:调节肥:穗肥=4:3:1:2),分蘖肥增氮10%(B2),调节肥增氮10%(B3),穗肥增氮10%(B4)。以常规施氮作对照,就秸秆还田与增施氮肥处理对水稻干物质积累量,枝梗数,各部位穗粒数、结实率、千粒重等方面的影响进行了分析比较。结果表明:秸秆还田平均减产5.59%,增施氮肥水平间产量呈 $B3>B2>B4>B1$,调节肥增氮10%(B3)处理较常规施氮(B1)增产14.61%,主要由于穗数、结实率、千粒重提高,同时干物质积累量也有所提高。

关键词:秸秆还田;增施氮肥;寒地水稻;产量

我国秸秆资源较为丰富,可能源化利用秸秆资源总量约为1.86亿 $\text{t}^{[1]}$ 。秸秆作为主要农业废弃物之一^[2],采用还田的方式处理可以合理有效利用生物质资源,促进农业可持续发展^[3],实现碳减排最大化,进而实现碳中和目标^[4],还可以优化农田生态环境^[5],蓄水保墒、减少土壤表面雨水的侵蚀^[6]。秸秆也是植株养分积累较多的器官之一,农作物光合作用的产物有一半以上存于秸秆中,大量的养分元素对作物产量有促进作用^[7]。秸秆直接施入会造成与作物幼苗争氮的现象,需要配合适量的氮肥施用^[8]。合理的氮肥运筹模式是提高水稻产量的重要措施,张猛等^[9]研究发现,施氮量一致,基肥、分蘖肥、穗肥质量比为3:3:4时,水稻糙米产量高达 $7.40\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。李润卿^[10]研究发现,施氮量 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,扬稻6号产量增幅最高,而金香玉1号在施氮量 $200\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量达到最高。李赛慧等^[11]研究发现,基肥改进后(基肥中20%碳酸氢铵以等氮量好乐耕替代),水稻产量及氮肥利用率明显提高。因此,本研究将以秸秆还田和增施氮肥对水稻产量、产量构成因素及穗部性状的影响为主要研究对象,采用秸秆还田和增施氮肥二因素,完全随机试验设计,分析各处理对水稻产量的影响,以期为寒地水稻秸秆还田背景下的高效施氮提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2022年在齐齐哈尔市富拉尔基区黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地进行,供试水稻品种为齐粳2号。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用二因素完全随机试验设计。A因素为秸秆还田,A1秸秆不还田,A2秸秆还田($0.054\text{ kg}\cdot\text{盆}^{-1}$),即全量还田(还田方式是将6~8 cm左右水稻秸秆均匀放在盆栽底部);B因素为增施氮肥,分别为常规施氮B1(施氮比例为基肥:分蘖肥:调节肥:穗肥=4:3:1:2),B2在常规施氮基础上分蘖肥增氮10%,B3在常规施氮基础上调节肥增氮10%,B4在常规施氮基础上穗肥增氮10%,4个增氮水平,共8个处理,每个处理4次重复。氮肥按照设定比例分期施入。具体施氮量详见表1。

表1 施肥方法及施氮量 单位: $\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$

处理	基肥			分蘖肥		调节肥	穗肥
	N	P_2O_5	K_2O	N	N	N	K_2O
A1B1	0.73	0.99	0.42	0.55	0.18	0.37	0.42
A1B2	0.73	0.99	0.42	0.61	0.18	0.37	0.42
A1B3	0.73	0.99	0.42	0.55	0.20	0.37	0.42
A1B4	0.73	0.99	0.42	0.55	0.18	0.41	0.42
A2B1	0.73	0.99	0.42	0.55	0.18	0.37	0.42
A2B2	0.73	0.99	0.42	0.61	0.18	0.37	0.42
A2B3	0.73	0.99	0.42	0.55	0.20	0.37	0.42
A2B4	0.73	0.99	0.42	0.55	0.18	0.41	0.42

收稿日期:2022-10-04

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项子课题(XDA2813 0504);国家农业环境齐齐哈尔观测实验站(NAES058AE10)。

第一作者:张巩亮(1998—),男,硕士,研究实习生,从事作物耕作栽培及秸秆还田研究。E-mail:2398337728@qq.com。

通信作者:王宇先(1982—),男,硕士,副研究员,从事作物耕作栽培及秸秆还田研究。E-mail:13836209470@163.com。

1.2.2 测定项目及方法 干物质积累量的测定:于齐穗期、成熟期根据平均茎蘖法取样 8 穴,4 次重复,将所有样品置于 105 ℃烘箱杀青 30 min,80 ℃烘箱烘至恒重,记录植株各部分干重(天平精度为 0.001 g)。

产量及穗部性状的测定:成熟期根据每处理平均茎数,取样 8 穴,进行产量构成因素的考查。测定项目主要包括单株穗数、穗长、穗重,一次枝梗数、二次枝梗数、实粒数、粒重、空秕粒数、优势粒数、中势粒数和劣势粒数。其中优势粒、中势粒、劣势粒数的划分按照吕艳东^[12]的方法,具体步骤如下:每穗根据一次枝梗数分为上、中、下 3 个部分,一次枝梗数如果能被 3 整除,则上部、中部、下部平均分配,不能被 3 整除,则先分配于下部、再分配于中部。每穗粒数分为优势粒(上部一次枝梗粒)、中势粒(上部二次枝梗粒、中部一次、二次枝梗粒,下部一次枝梗粒之和)和劣势粒(下部二次枝梗粒)3 部分。产量计算公式如下:

产量=单位面积穗数×穗粒数×结实率×千粒重

1.2.3 数据分析 应用 Excel 2019、DPS v9.01 软件进行数据分析、统计和绘图,Duncan's 新复极差法进行差异显著性比较,标准误用误差线表示。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田和增施氮肥对水稻干物质积累量的影响

由表 2 可知,秸秆还田水平间齐穗期干物质积累量差异极显著,而成熟期干物质积累量差异不显著。A2 齐穗期干物质积累量较 A1 极显著降低 4.24%。增施氮肥水平间齐穗期和成熟期干物质积累量差异极显著,均呈 B3>B2>B4>B1 的趋势,其中 B2、B3、B4 的齐穗期干物质积累量分别较 B1 显著提高 2.36%、3.23%、2.32%,B2、B3、B4 的成熟期干物质积累量分别较 B1 显著提高 2.20%、2.85%、1.59%。

2.2 秸秆还田和增施氮肥对水稻穗部性状的影响

2.2.1 穗长、单穗重、着粒密度 由表 3 可知,秸秆还田水平间穗长差异不显著,而单穗重和着粒密度差异显著,A2 单穗重和着粒密度较 A1 显著降低 7.72%和 2.85%。增施氮肥水平间单穗重差异不显著,而穗长和着粒密度差异极显著,其中

穗长呈 B2>B1>B3>B4 的趋势,B2 较 B1 显著提高 2.63%,B4 较 B1 显著降低 3.79%;B3、B4 着粒密度较 B1 显著提高 3.65%和 5.90%。

表 2 秸秆还田和增施氮肥对水稻干物质积累量的影响
单位:g·穴⁻¹

处理		齐穗期	成熟期
A	A1	32.28 aA	63.28 aA
	A2	30.91 bB	63.09 aA
	F _A	59.30 **	0.56
B	B1	30.98 bB	62.15 bB
	B2	31.71 aA	63.52 aA
	B3	31.98 aA	63.92 aA
	B4	31.70 aA	63.14 aA
	F _B	5.79 **	8.52 **
	F _{A×B}	2.78	0.06

注:*和**分别表示 P<0.05 和 P<0.01 水平差异显著。不同大小写字母表示不同处理间存在 P<0.01 和 P<0.05 水平显著差异。下同。

表 3 秸秆还田和增施氮肥对水稻穗部性状的影响

处理		单穗重/g	穗长/cm	着粒密度/(粒·cm ⁻¹)
A	A1	2.46 aA	17.09 aA	5.96 aA
	A2	2.27 bA	17.03 aA	5.79 bA
	F _A	6.95 *	0.23	7.34 *
B	B1	2.27 aA	17.14 bB	5.76 bB
	B2	2.38 aA	17.59 aA	5.66 bB
	B3	2.40 aA	17.05 bB	5.97 aA
	B4	2.41 aA	16.49 aC	6.10 aA
	F _B	0.84	13.32 **	10.09 **
	F _{A×B}	0.69	5.25 **	2.59

由图 1 可知,穗长的秸秆还田和增施氮肥互作效应显著。在 A1 秸秆不还田条件下,B2 显著高于 B1,B4 较 B1 显著降低;在 A2 秸秆还田条件下,B2、B3、B4 与 B1 差异均不显著,而 B2 显著高于 B3 和 B4。

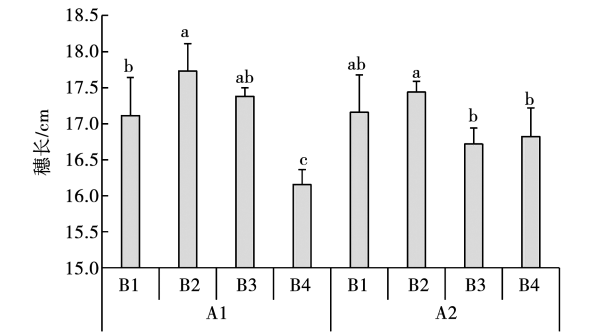


图 1 穗长的秸秆还田和增施氮肥二因素互作效应
注:不同小写字母表示处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.2.2 一次枝梗数 由图 2 可知,每穗各部位的一次枝梗数表现为上部>中部>下部。中部一次枝梗数和下部一次枝梗数的秸秆还田和增施氮肥互作效应显著,A1 秸秆不还田条件下,B2、B3 中部一次枝梗数和下部一次枝梗数显著高于 B1;A2 秸秆还田条件下,B3 下部一次枝梗数较 B1 显著降低。

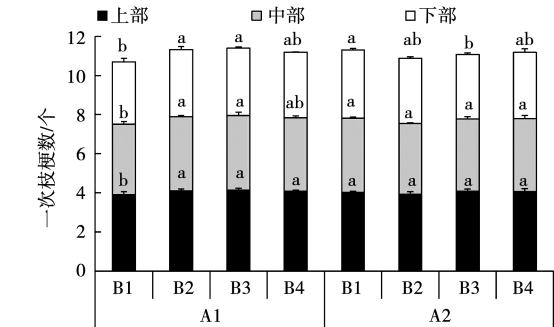


图 2 秸秆还田和增施氮肥对每穗不同部位一次枝梗数的影响

2.2.3 二次枝梗数 由图 3 可知,每穗各部位的二次枝梗数表现为中部>上部>下部。增施氮肥水平间下部二次枝梗数差异显著,下部二次枝梗数的秸秆还田和增施氮肥互作效应显著,A1 秸秆不还田条件下,B2、B3、B4 下部二次枝梗数显著高于 B1。A2 秸秆还田条件下,下部二次枝梗数呈 B3>B2>B1>B4 的趋势。

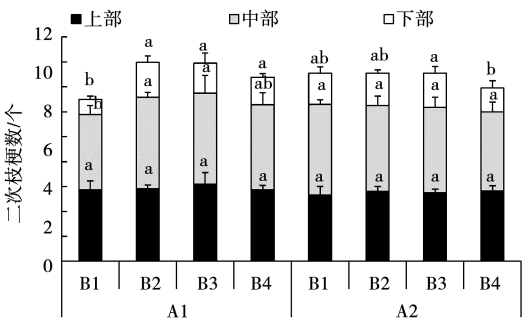


图 3 秸秆还田和增施氮肥对每穗不同部位二次枝梗数的影响

2.3 秸秆还田和增施氮肥对水稻产量的影响

2.3.1 产量及其构成因素 由表 4 可知,秸秆还田量水平间每穴穗数和千粒重差异不显著,而穗粒数、结实率和产量差异极显著,A2 的穗粒数、结实率和产量分别较 A1 降低 3.17%、0.52%和 5.59%。增施氮肥水平间穗粒数差异不显著,而穗数、结实率、千粒重和产量差异显著或极显著,其中每穴穗数呈 B2>B3>B4>B1 的趋势,B2、B3、B4 分别较 B1 提高 9.38%、6.86%和 5.91%;B3 结实率较 B1 提高 0.98%;B2、B3、B4 的千粒重分别较 B1 显著提高 2.75%、2.71%和 2.49%,且 B2、B3、B4 之间差异不显著;产量呈 B3>B2>B4>B1 的趋势,B2、B3、B4 分别较 B1 提高 13.99%、14.61%和 11.01%,且 B2、B3、B4 之间差异不显著。

表 4 秸秆还田和增施氮肥对水稻产量及其构成因素的影响

处理		每穴穗数/穗	穗粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	每穴产量/g
A	A1	13.50 aA	101.68 aA	96.82 aA	23.39 aA	31.11 aA
	A2	13.28 aA	98.46 bB	96.32 bB	23.30 aA	29.37 bB
	F_A	1.73	8.67 **	9.58 **	0.33	12.23 **
B	B1	12.69 bB	98.58 aA	96.13 bB	22.89 bA	27.51 bB
	B2	13.88 aA	99.47 aA	96.55 bB	23.52 aA	31.36 aA
	B3	13.56 aA	101.85 aA	97.07 aA	23.51 aA	31.53 aA
	B4	13.44 aA	100.39 aA	96.55 bB	23.46 aA	30.54 aA
	F_B	9.17 **	1.64	5.65 **	4.20 *	14.06 **
	$F_{A \times B}$	0.13	0.92	1.09	0.18	0.18

2.3.2 每穗不同部位穗粒数 由表 5 可知,秸秆还田量水平间优势粒穗粒数、劣势粒穗粒数差异均不显著,而中势粒穗粒数差异极显著,A2 中势粒穗粒数较 A1 显著降低 8.75%。增施氮肥水平间各处理每穗不同类型粒数差异均不显著。

由图 4 可知,劣势粒穗粒数的秸秆还田和增施氮肥互作效应显著。A1 秸秆不还田条件下,B2、B3、B4 劣势粒穗粒数显著高于 B1;A2 秸秆还田条件下,B4 劣势粒穗粒数较 B1 和 B3 显著降低,B2、B3 与 B1 差异均不显著。

表 5 秸秆还田和增施氮肥对水稻每穗不同部位穗粒数的影响

处理		优势粒	中势粒	劣势粒
A	A1	21.90 aA	76.00 aA	5.73 aA
	A2	21.63 aA	69.35 bB	6.68 aA
	F_A	0.80	15.43 **	2.68
B	B1	21.35 aA	72.80 aA	5.59 aA
	B2	21.70 aA	70.18 aA	6.98 aA
	B3	22.23 aA	73.30 aA	6.85 aA
	B4	21.80 aA	74.42 aA	5.39 aA
	F_B	1.52	1.13	2.04
	$F_{A \times B}$	0.22	1.09	5.52 **

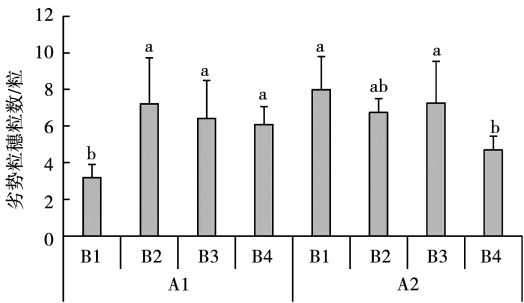


图4 劣势粒穗粒数的秸秆还田和增施氮肥二因素互作效应

2.3.3 每穗不同部位结实率 由表6可知,秸秆还田量水平间优势粒结实率、劣势粒结实率差异均不显著,而中势粒结实率差异极显著,A2中势粒结实率较A1极显著增加1.07%。增施氮肥水平间各处理每穗不同类型籽粒结实率差异均不显著。

表6 秸秆还田和增施氮肥对水稻每穗

不同部位结实率的影响 单位: %

处理		优势粒	中势粒	劣势粒
A	A1	97.61 aA	96.86 aA	93.31 aA
	A2	97.16 aA	95.82 bB	93.19 aA
	F_A	2.90	16.91**	0.02
B	B1	97.11 aA	95.85 aA	93.53 aA
	B2	97.43 aA	96.47 aA	93.98 aA
	B3	97.23 aA	96.54 aA	93.63 aA
	B4	97.79 aA	96.50 aA	91.86 aA
	F_B	1.30	1.71	1.30
	$F_{A \times B}$	1.92	2.56	2.14

2.3.4 每穗不同部位千粒重 由表7可知,秸秆还田量水平间优势粒千粒重、劣势粒千粒重差异均不显著,而中势粒千粒重差异极显著,A2中势粒千粒重较A1显著降低2.51%。增施氮肥各处理每穗不同部位籽粒千粒重差异均不显著。

表7 秸秆还田和增施氮肥对水稻每穗

不同部位千粒重的影响 单位: g

处理		优势粒	中势粒	劣势粒
A	A1	24.55 aA	23.49 aA	20.98 aA
	A2	24.31 aA	22.90 bB	20.62 aA
	F_A	2.14	10.39**	1.28
B	B1	24.25 aA	23.34 aA	20.96 aA
	B2	24.47 aA	23.08 aA	20.89 aA
	B3	24.55 aA	23.14 aA	20.71 aA
	B4	24.46 aA	23.22 aA	20.63 aA
	F_B	0.67	0.38	0.25
	$F_{A \times B}$	0.60	2.19	1.89

3 讨论

秸秆还田对产量的影响,前人进行了大量研究,但结果不尽相同,有研究认为秸秆还田有利于提高后期水稻产量,促进水稻生产。徐桂红等^[13]研究表明,秸秆的长期全量还田对促进水稻产量的提高是有利的。陈军等^[14]研究表明,秸秆全量还田条件下施氮量在180 kg·hm⁻²时水稻产量达到最大。陈红金等^[15]研究表明随年际增加,秸秆粉碎还田水稻产量提高到6.82%~8.47%。也有研究发现秸秆还田处理,水稻干物质积累不充分,叶片输出率与贡献率下降,每穗实粒数、千粒重与有效穗数均表现出负向效应而导致减产^[16]。赵长坤等^[17]研究表明,水稻分蘖期秸秆处于快速腐解时期,消耗大量氧气,致使土壤和水体产生大量有毒物质,导致秸秆在短期内释放的养分较少,甚至不利于水稻的生长。朱利群等^[18]研究发现,秸秆还田平均减产7.7%,主要由于千粒重降低5.7%。这与本研究结果相似,本研究认为,秸秆还田处理,产量降低5.59%,也许是因为秸秆在腐烂过程中耗氮、耗氧量较大,激化了水稻和微生物争氮的矛盾,且没有充分腐熟分解造成的。宫亮等^[19]研究发现,氮肥用量210 kg·hm⁻²处理减产1.34%,氮肥用量315 kg·hm⁻²处理增产0.26%或减产1.92%,氮肥过量或不足,水稻产量均存在下降的风险。石爱龙等^[20]研究发现,产量随施氮量增加呈先增后减的趋势,产量与有效穗数、穗粒数呈显著正相关,与千粒重之间相关性不显著。吕珂等^[21]研究发现,施纯氮肥193.5 kg·hm⁻²,产量比CK增加14.52%。孟祥宇等^[22]研究发现,秸秆全量还田配施氮肥240 kg·hm⁻²为最优组合,且产量达到最高。

4 结论

本试验研究结果表明,秸秆还田平均减产5.59%,主要由于穗粒数、结实率分别降低3.17%、0.52%;增施氮肥水平间产量呈调节肥增氮10%>分蘖肥增氮10%>穗肥增氮10%>常规施氮,调节肥增氮10%处理较常规施氮增产14.61%,穗数、结实率、千粒重均有提高,最终使产量提高。

参考文献:

[1] 张崇尚,刘乐,陆岐楠,等. 中国秸秆能源化利用潜力与秸秆能源企业区域布局研究[J]. 资源科学,2017,39(3):473-481.
[2] 凌一波,薛颖昊,王家平,等. 近20年来新疆农作物秸秆资源量变化、现状分析及综合利用探讨[J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-12 (2022-07-21) [2022-10-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220720.1946.020.html>.

- [3] 张帆. 紫云英与水稻秸秆联合还田下双季稻田土壤氮磷平衡状况及化肥减施策略[J]. 植物营养与肥科学报, 2021, 27(8): 1376-1387.
- [4] 马铭婧, 郝凤明, 尹岩, 等. 碳中和视角下秸秆处置方式对碳源汇的贡献[J]. 应用生态学报, 2022, 33(5): 1331-1339.
- [5] 薛泽, 徐锐, 李彦, 等. 云南省农作物秸秆综合利用现状及建议[J]. 农机使用与维修, 2022(3): 103-109.
- [6] 何如海, 薛中俊, 汪玉芳, 等. 油菜秸秆还田及化肥配施的水稻经济环境效益分析[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(6): 42-49.
- [7] 李正鹏. 青海省农作物种植结构和产量变化及秸秆资源估算[J]. 青海农林科技, 2022(3): 52-56, 74.
- [8] ZHU L, HU N, YANG M, et al. Effects of different tillage and straw return on soil organic carbon in a rice-wheat rotation system[J]. Public Library of Science, 2014, 9(2): e88900.
- [9] 张猛, 李振山, 陈猛猛, 等. 氮肥运筹对水稻生长、光合特性及产量的影响[J/OL]. 青岛农业大学学报(自然科学版): 1-12 (2022-09-22) [2022-10-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1459.N.20220921.1917.002.html>.
- [10] 李润卿. 施氮量对水稻产量和品质的影响及其原因分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2022.
- [11] 李赛慧, 陈丽芬, 王会来, 等. 施肥对稻田培肥及水稻浙优21产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(4): 676-678.
- [12] 吕艳东. 水分供应对寒地水稻产量和品质的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011.
- [13] 徐桂红, 陈秀梅, 毛伟, 等. 秸秆连续全量还田对土壤性状及水稻产量的影响[J]. 现代农业科技, 2021(23): 1-3, 7.
- [14] 陈军, 孙义祥. 全量秸秆还田下不同施氮量对水稻产量及土壤有机质含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(11): 169-170.
- [15] 陈红金, 陶云彬, 吴春艳. 长期秸秆粉碎还田对水稻产量和耕地质量的影响[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(12): 2342-2344, 2348.
- [16] 崔月峰, 卢铁钢, 孙国才, 等. 秸秆不同还田方式对北方粳稻物质生产和产量的影响[J]. 福建农业学报, 2019, 34(6): 630-637.
- [17] 赵长坤, 王学春, 吴凡, 等. 油菜秸秆还田对水稻根系分布及稻谷产量的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2021, 27(1): 96-104.
- [18] 朱利群, 张大伟, 卞新民. 连续秸秆还田与耕作方式轮换对稻麦轮作田土壤理化性状变化及水稻产量构成的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 81-85.
- [19] 宫亮, 金丹丹, 牛世伟, 等. 长期定位氮肥减施对水稻产量和氮素吸收利用的影响[J]. 中国稻米, 2022, 28(3): 42-46.
- [20] 石爱龙, 祝海峻, 唐舟, 等. 氮肥与密度对水稻光合特性和产量的影响[J]. 杂交水稻, 2022, 37(2): 109-117.
- [21] 吕珂, 艾东, 宋双, 等. 施不同氮肥量对水稻新品种松辽677产量影响试验研究[J]. 北方水稻, 2021, 51(4): 9-12.
- [22] 孟祥宇, 冉成, 刘宝龙, 等. 秸秆还田配施氮肥对东北黑土稻区土壤养分及水稻产量的影响[J]. 作物杂志, 2021(3): 167-172.

Effects of Straw Returning and Additional Nitrogen Fertilizer Application on Rice Yield in Cold Regions

ZHANG Gongliang, WANG Yuxian, LIU Yutao, XU Yingying, YANG Huiying, GAO Pan, WANG Chen

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to investigate the effects of straw return to the field and reasonable nitrogen fertilizer application on the yield and spike traits of rice in cold regions, this experiment used rice variety Qigeng 2 as the test material, and adopted a two-factor completely randomized experimental design with straw return to the field and nitrogen fertilizer application. Straw was returned to the field at 2 levels, no straw (A1) and straw was returned to the field (A2), mean the full amount of straw was returned to the field (0.054 kg per pot); Nitrogen was added to the field at 4 levels, regular nitrogen application (B1 nitrogen application ratio: basal fertiliser: tiller fertiliser: regulating fertiliser: spike fertiliser = 4:3:1:2), 10% more nitrogen for tiller fertiliser (B2), 10% more nitrogen for regulating fertiliser (B3) and 10% more nitrogen for spike fertiliser (B4). The effects of straw return and additional N fertilizer treatments on dry matter accumulation, number of branch stalks, number of grains in each part of the spike, fruit set rate and thousand grain weight of rice were analysed and compared with conventional N application as a control, with a view to providing a theoretical basis for efficient fertilization to improve rice yield under cold rice straw return. The results showed that the average yield reduction of 5.59% was achieved by returning the straw to the field, and the yield between the levels of additional N fertiliser was 10% for the regulating fertiliser (B3) > 10% for the tiller fertiliser (B2) > 10% for the spike fertiliser (B4) > conventional nitrogen application (B1), with the regulating fertiliser increasing by 14.61% compared to the conventional fertiliser, this was mainly due to an increase in the number of spikes, fruit set and thousand grain weight, as well as an increase in dry matter accumulation.

Keywords: straw returning; increasing nitrogen fertilizer; rice in cold regions; yield