

吕艳东,郭晓红,李红宇,等. 肥水耦合对寒地水稻产量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):93-97.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.027

肥水耦合对寒地水稻产量的影响

吕艳东¹, 郭晓红¹, 李红宇¹, 周健¹, 姜玉伟¹, 赵洋², 蔡永盛³, 马艳⁴, 郑桂萍¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院/黑龙江省教育厅寒地作物种质改良与栽培重点实验室, 黑龙江大庆 163319;

2. 北大荒垦丰种业股份有限公司, 黑龙江哈尔滨 150036; 3. 黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所, 黑龙江佳木斯 154026;

4. 山东省成武县农业局, 山东菏泽 274200)

摘要:采用随机区组试验设计,以龙庆1号和龙盾104为试验材料,研究肥水耦合对寒地水稻产量的影响。结果表明:2个品种的肥料与水分处理间在穗数、结实率、千粒质量及产量上均存在互作关系;龙盾104肥料处理以F3的产量最高,肥水耦合以F3S3的产量最高,显著或极显著高于F3S1、F1S3、F1S1、F1S4、F2S3处理;龙庆稻1号水分处理以S1产量最高,肥水耦合以F3S1最高,显著或极显著高于F3S4、F1S3、F2S3、F1S4、F2S2处理。

关键词:肥水耦合;寒地水稻;产量;互作;穗数;结实率;千粒质量;产量

中图分类号: S511.05 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-093-04

水稻是我国耗水量最多的作物,土壤水分和养分是影响水稻产量的重要因子,阐明肥料和水分对水稻产量的影响及水肥的互作效应,对于建立优质高产栽培技术具有重要意义^[1-3]。有研究表明,在农业生态系统中,水分和养分是密不可分的,合理的水肥交互作用能促进作物生长,提高作物产量^[4-6]。进行水稻的水肥耦合研究结果表明,充分发挥水肥对水稻产量、品质的协同激励作用,不仅可以提高肥水利用效率、节本增效;还可以减少肥料对环境的污染,节约水肥资源,改善生态环境^[6-9]。这对解决我国的水资源危机、农业的可持续发展、保障国家粮食安全具有重大意义。多年来,国内外关于水分和养分对水稻产量作用的研究已有丰富的报道^[10-12],但水分和肥料对产量的交互作用报道甚少。本试验在不同的肥料和水分控制下研究其对水稻产量的影响,旨在为水稻高产提供依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料及设计

试验于2011年在黑龙江省庆安和平水利试验站进行,在防雨棚中人工严格控水,晴天时打开防雨棚。供试品种龙庆稻1号和龙盾104均为12叶品种,4月10日浸种,4月19日播种,4月26日出苗,秧田管理正常进行,5月20日进行移

栽,每个小区面积4 m²左右,每个小区内栽植2个品种,每个品种4行,行距24 cm,穴距12 cm,选叶龄均为3.1~3.5叶的秧苗,每穴3~5苗,9月23日收获。

施肥处理包括F1、F2、F3,具体见表1。肥料种类包括尿素、磷酸二铵、硫酸钾、七水硫酸镁。施肥方法:40%氮肥、100%磷肥、50%钾肥、50%镁肥作基肥,在最后一次水整地前施入,耙入土中8~10 cm;50%镁肥用于中期追肥,追肥于9.0~9.3叶龄时进行(混入细土中撒匀),每个小区单排单灌。分蘖肥要求早施,可分2次进行,第1次施分蘖肥总量的70%~80%,于返青期(4叶期)后立即施用;第2次施分蘖肥总量的20%~30%,于6.0叶龄施于色淡、生长差、分蘖少处。

用负压式真空表监测土壤水势,设-10、-15、-20 kPa等3个水势梯度,当土壤水势达-10、-15、-20 kPa时灌水,即-10、-15、-20 kPa为控水下限,自泡田起就要记录灌水定额。具体操作为秧苗移栽本田后,5~6 cm水层深水护苗返青。在返青后的各个生育阶段除了除草和施肥期间外,灌水后田面不再保留水层(一定要封闭除草,苗后施用除草剂期间保持水层要多2~3 d,否则易出现草荒),不同生育时期的水势管理见表2,以常规栽培的水分管理为CK;减数分裂期遇低温则灌深水达17 cm以上,低温过后进行湿润灌溉(0 kPa为水分敏感期),齐穗后恢复到控水灌溉的水势要求进行水分管理,蜡熟未停灌。育苗、移栽按常规旱育稀植“三化一管”进行,要求在本地同一条件下育苗,本田按叶龄指标计划管理,适期收获。

1.2 测试内容与方法

每个处理选有代表性的植株4穴,测定项目主要有单株穗数、实粒数、空秕粒数,称取粒质量,计算结实率、千粒质量。

2 结果与分析

2.1 肥水耦合对寒地水稻穗数的影响

肥水对龙盾104穗数影响的F测验结果说明,肥料间、水分间和肥料×水分间差异极显著。

收稿日期:2014-10-17

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303007);国家科技支撑计划(编号:2011BAD16B11、2013BAD07B01);黑龙江省博士后资助经费项目(编号:LBH-Z13167);黑龙江八一农垦大学省作物学重点学科学术骨干科研启动金项目(编号:ZWXQDJ-8);黑龙江八一农垦大学博士启动金项目(编号:XDB 2012-03);黑龙江八一农垦大学大学生创新创业训练计划(编号:201310223009);黑龙江省重大科技招标项目(编号:GA14B102-03)。

作者简介:吕艳东(1978—),男,黑龙江肇州人,博士,副研究员,主要从事水稻节水栽培研究。E-mail:luyandong336@sohu.com。

通信作者:郑桂萍,博士,教授,主要从事水稻生理生态研究。E-mail:dqzgp@163.com。

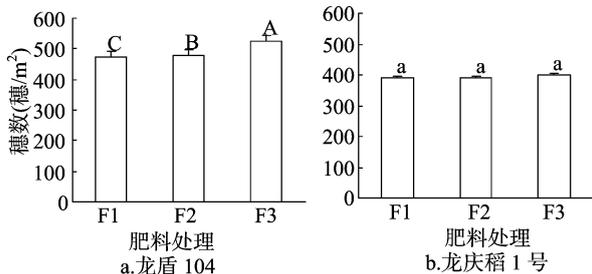
表1 肥水耦合与水稻品质关系研究的肥料处理

肥料种类	施肥总量(kg/hm ²)			施肥量(%)					
	F1	F2	F3	基肥	蘖肥	调节肥	9.0~9.3叶龄	穗肥	粒肥
尿素	210.0	210.0	252.0	40	30	10		20	0
磷酸二铵	130.5	130.5	10.4	156					
硫酸钾	184.5	184.5	222.0	50				50	
七水硫酸镁		100.5	120.0	50			50		

表2 肥水耦合与水稻品质关系研究的水分处理

水分处理	水势处理(kPa)	控水时期
S1	-10	返青-有效分蘖末
S2	-15	返青-有效分蘖末
S3	-20	返青-有效分蘖末
S4	常规水分管理	整个生育期间

2.1.1 肥料处理对寒地水稻穗数的影响 由图1可知,龙盾104的穗数在各肥料处理间差异极显著,其中以F3处理的穗数最多,F2次之;龙庆稻1号各处理之间差异不显著,其中以F3处理的穗数最多。因此,就肥料的平均效应而言,2个品种均以F3的穗数最多,F1的穗数最少。



不同大写、小写字母者分别表示在0.01、0.05水平差异显著。下同
图1 不同肥料处理对2个品种穗数的影响

2.1.2 水分处理对寒地水稻穗数的影响 龙盾104各处理间差异极显著,其中S2处理的穗数最多,其次是S1;龙庆稻1号以S1处理的穗数最多,其次是S2。因此,就水分处理的平均效应而言,龙盾104以S2的穗数最多,龙庆稻1号以S1的穗数最多,2个品种均以S3的穗数最少(图2)。

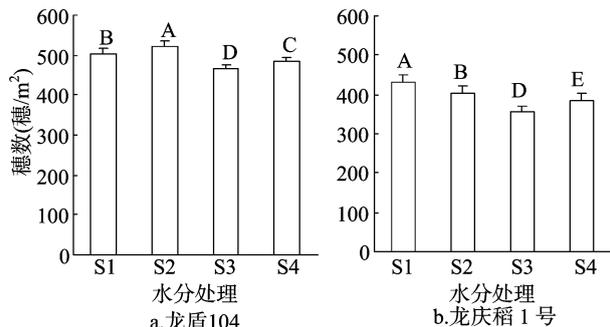


图2 不同水分处理对2个品种穗数的影响

2.1.3 肥水耦合对寒地水稻穗数的影响 由表3可知,2个品种各处理间的穗数差异极显著。2个品种的穗数由于存在肥料与水分间的互作效应,说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分的变化而变化。

2.2 肥水耦合对寒地水稻穗粒数的影响

肥水耦合对龙盾104和龙庆稻1号穗粒数的影响的F测

验结果表明,龙盾104在不同肥料处理、水分处理、肥料×水分处理间差异不显著;龙庆稻1号在不同肥料处理、肥料×水分处理间差异不显著,在各水分处理间差异极显著。

表3 不同肥水处理对穗数的影响

肥料×水分	穗数(穗/m ²)	
	龙盾104	龙庆稻1号
F1S1	467.2jJ	419.2eE
F1S2	486.4hH	457.6aA
F1S3	489.6gG	339.2jJ
F1S4	451.2kK	345.6iI
F2S1	540.8cC	435.2cC
F2S2	508.8eE	374.4hH
F2S3	352.0iI	332.8kK
F2S4	518.4dD	428.8dD
F3S1	505.6fF	444.8bB
F3S2	569.6aA	384.0gG
F3S3	553.6bB	390.4fF
F3S4	480.0iI	384.0gG

2.2.1 肥料处理对寒地水稻穗粒数的影响 龙盾104和龙庆稻1号在各肥料处理间差异均不显著。但就肥料的平均效应而言,龙盾104以F2的穗粒数最多,龙庆稻1号以F3的穗粒数最多,2个品种均以F1的穗粒数最少(图3)。

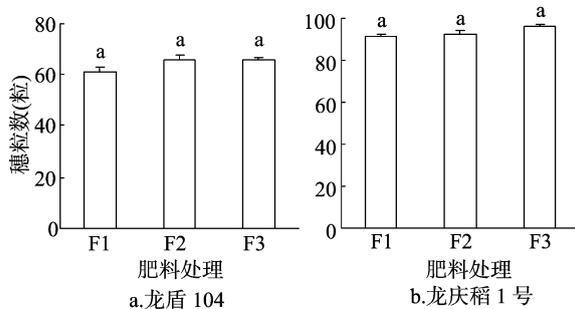


图3 不同肥料处理对2个品种穗粒数的影响

2.2.2 水分处理对寒地水稻穗粒数的影响 龙盾104各水分处理间差异均不显著;但龙庆稻1号的S3与S2差异极显著,S4、S1与S2、S3差异不显著(图4)。因此,就水分的平均效应而言,龙盾104以S4的穗粒数最多,S3次之,S2最少;龙庆稻1号以S3的穗粒数最多,S4次之,S2最少。

2.2.3 肥水耦合对寒地水稻穗粒数的影响 因肥料与水分间不存在互作效应,故以水分的最优处理和肥料的最优处理组合在一起为最优组合。龙盾104以S4和F2的穗粒数最多,两者组合F2S4穗粒数最多;龙庆稻1号以F3和S3的穗粒数最多,两者组合F3S3穗粒数最多(表4)。其中,龙盾104的F2S4与F1S4差异显著;龙庆稻1号的F3S3与F2S2差异极显著,F3S3与F3S2、F1S2、F2S4、F2S3与F2S2差异显著。

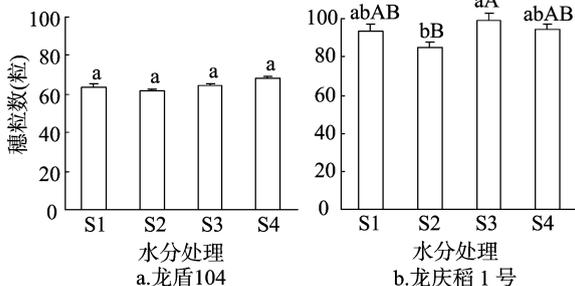


图4 不同水分处理对2个品种穗粒数的影响

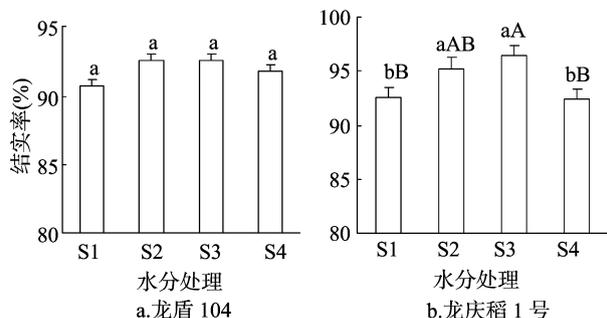


图6 不同水分处理对2个品种结实率的影响

表4 不同肥水处理对穗粒数的影响

肥料 × 水分	穗粒数(粒)	
	龙盾104	龙庆稻1号
F1S1	65.9abA	91.4abcAB
F1S2	61.0abA	87.3bcAB
F1S3	60.0abA	93.9abcAB
F1S4	58.5bA	91.2abcAB
F2S1	63.5abA	94.5abcAB
F2S2	63.5abA	78.6cB
F2S3	62.7abA	97.0abAB
F2S4	73.8aA	100.8abAB
F3S1	61.5abA	95.9abcAB
F3S2	60.1abA	89.7bcAB
F3S3	68.7abA	107.8aA
F3S4	70.4abA	90.7abcAB

的结实率最高, F3S1 的结实率最低; 龙庆稻1号 F2S2、F2S3、F1S3 与 F2S4 差异极显著, F1S4、F3S3 与 F2S4 差异显著, 龙庆稻1号以 F2S2 的结实率最高, 以 F2S4 的结实率最低。由于2个品种的结实率在各肥料与水分间存在互作效应, 说明各处理组合的效应不是各单因素效应的简单相加, 而是肥料效应随水分的变化而变化。

表5 不同肥水处理对结实率的影响

肥料 × 密度	结实率(%)	
	龙盾104	龙庆稻1号
F1S1	90.8aA	92.0bcAB
F1S2	93.2aA	94.1abcAB
F1S3	92.2aA	96.6abA
F1S4	93.0aA	95.2abAB
F2S1	92.0aA	92.0bcAB
F2S2	92.8aA	97.5aA
F2S3	92.2aA	97.4abA
F2S4	90.6aA	89.1cB
F3S1	89.2aA	93.6abcAB
F3S2	91.6aA	94.1abcAB
F3S3	93.4aA	95.2abAB
F3S4	91.6aA	92.8abcAB

2.3 肥水耦合对寒地水稻结实率的影响

肥水耦合对龙盾104和龙庆稻1号结实率的影响的F测验结果表明, 龙盾104在各肥料处理、水分处理间差异不显著, 而在各肥料 × 水分间差异显著; 龙庆稻1号在各肥料处理间差异不显著, 在各水分、肥料 × 水分处理间差异极显著; 说明不同的水分处理对龙庆稻1号的结实率均有影响。

2.3.1 肥料处理对寒地水稻结实率的影响 龙盾104和龙庆稻1号各肥料处理间差异均不显著, 两者均以F1的结实率最高, F3处理的结实率最低(图5)。

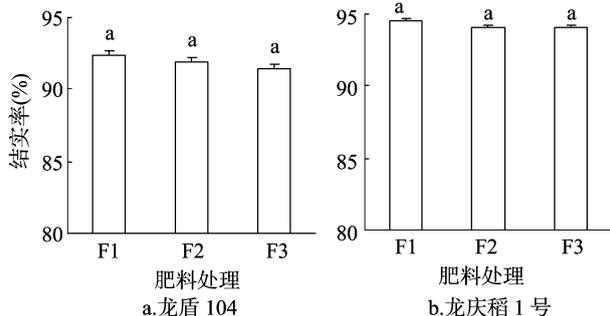


图5 不同肥料处理对2个品种结实率的影响

2.3.2 水分处理对寒地水稻结实率的影响 龙盾104在各水分处理间差异均不显著; 龙庆稻1号的S3与S1、S4差异极显著, S2与S1、S4差异显著(图6)。就水分的平均效应而言, 2个品种均以S3的结实率最高, S2次之; 龙盾104的S1处理、龙庆稻1号S4处理的结实率最低。

2.3.3 肥水耦合对寒地水稻结实率的影响 如表5所示, 龙盾104的各处理组合间差异均不显著, 其中以处理组合F3S3

2.4 肥水耦合对寒地水稻千粒质量的影响

肥水耦合对2个品种千粒质量影响的F测验结果表明, 龙盾104在各肥料处理、水分处理间差异不显著, 在肥料 × 水分处理间差异显著; 龙庆稻1号在各肥料处理间差异不显著, 在各水分处理、肥料 × 水分处理间差异极显著。

2.4.1 肥料处理对寒地水稻千粒质量的影响 2个品种各肥料处理间差异不显著(图7)。就肥料的平均效应而言, 2个品种均以F3的千粒质量最高。

2.4.2 水分处理对寒地水稻千粒质量的影响 龙盾104的S2与S3、S4、S1、S3与S1的千粒质量差异极显著, S4与S1差异显著; 龙庆稻1号各水分处理间差异不显著, 且2个品种均以S2的千粒质量最高(图8)。

2.4.3 肥水耦合对寒地水稻千粒质量的影响 如表6所示, 龙庆稻1号各处理间的千粒质量差异不显著, 龙盾104的F3S2与F3S1、F3S4、F3S3、F2S4、F2S1、F1S1、F2S2与F3S3、F2S4、F2S1、F1S1、F2S3、F1S2、F1S4与F2S1、F1S1、F1S3与F1S1差异极显著。其中, 龙盾104以F3S2的千粒质量最高, F1S1的千粒质量最低; 龙庆稻1号以F2S4的千粒质量最高, F2S1的千粒质量最低。由于2个品种的千粒质量在肥料与水分间存在互作效应, 说明各处理组合的效应不是各单因素

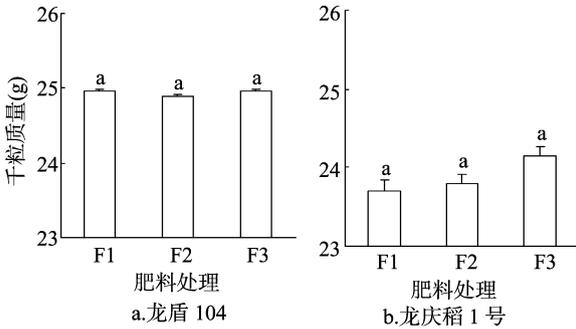


图7 不同肥料处理对2个品种千粒质量的影响

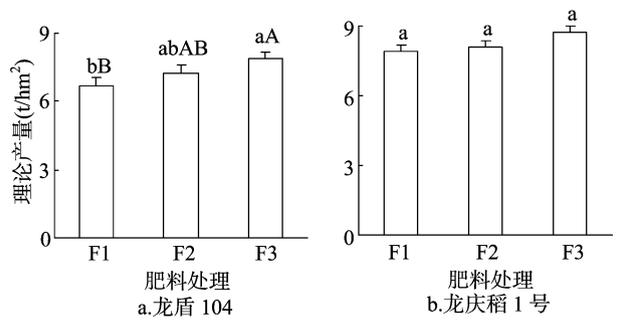


图9 不同肥料处理对2个品种理论产量的影响

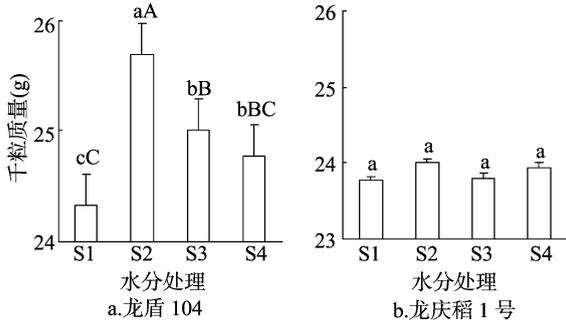


图8 不同水分处理对2个品种千粒质量的影响

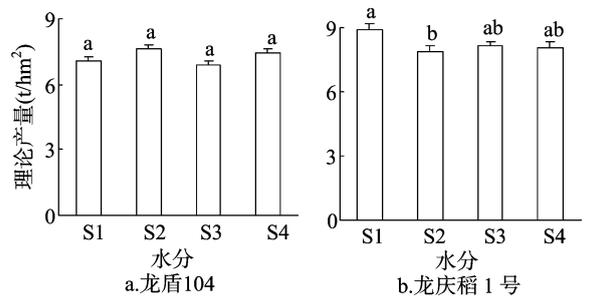


图10 不同水分处理对2个品种理论产量的影响

表6 不同肥水处理对千粒质量的影响

肥料×密度	千粒质量(g)	
	龙盾104	龙庆稻1号
F1S1	23.95fE	23.67aA
F1S2	25.41abcABC	23.65aA
F1S3	25.19bcdABCD	24.05aA
F1S4	25.31abcABC	23.47aA
F2S1	24.17efDE	23.27aA
F2S2	25.57abAB	23.78aA
F2S3	25.45abcABC	23.34aA
F2S4	24.36defCDE	24.76aA
F3S1	24.83bedeBCDE	24.35aA
F3S2	26.07aA	24.58aA
F3S3	24.37defCDE	24.03aA
F3S4	24.61cdefBCDE	23.60aA

效应的简单相加,而是肥料效应随水分的变化而变化。

2.5 肥水耦合对寒地水稻产量的影响

肥水耦合对龙盾104和龙庆稻1号的F测验结果表明,龙盾104在各肥料处理、肥料×水分处理间差异极显著,而在各水分处理间差异不显著;龙庆稻1号在各肥料处理间差异不显著,在各水分处理间差异显著,在肥料×水分处理间差异极显著。说明不同的肥料处理对龙盾104的理论产量有影响;不同的水分处理对龙庆稻1号的理论产量有影响。

2.5.1 肥料处理对寒地水稻产量的影响 龙盾104的F3与F1差异极显著,龙庆稻1号的各肥料处理间差异不显著(图9)。就肥料的平均效应而言,2个品种均以F3的理论产量最高,F1的理论产量最低。

2.5.2 水分处理对寒地水稻产量的影响 如图10所示,龙盾104各水分处理间差异不显著,其中以S2理论产量最高;龙庆稻1号的S1与S2差异显著。就水分的平均效应而言,

龙盾104以S2的理论产量最高,S3的理论产量最低;龙庆稻1号以S1的理论产量最高,S2的理论产量最低。

2.5.3 肥水耦合对寒地水稻产量的影响 2个品种的理论产量在肥料与水分间存在互作效应,说明各处理组合的效应不是单因素效应的简单相加,而是肥料效应随水分的变化而变化。龙盾104的F3S3、F2S4与F1S4、F2S3、F3S2、F2S2、F2S1、F3S4与F2S3差异极显著,F1S2、F3S1、F1S3、F1S1与F2S3差异显著;龙庆稻1号的F3S1、F3S3、F2S4与F1S4、F2S2差异极显著,F1S2与F1S4、F2S2、F2S1与F2S2差异显著(表7)。其中,龙盾104以F3S3和F2S4的理论产量较高,F1S4和F2S3的理论产量较低;龙庆稻1号以F3S1、F3S3和F2S4的理论产量较高,F1S4和F2S3的理论产量较低。

表7 不同肥水处理对理论产量的影响

肥料×密度	理论产量(t/hm²)	
	龙盾104	龙庆稻1号
F3S3	8.6aA	9.6aA
F2S4	8.4abA	9.6aA
F3S2	8.2abcAB	8.0abcdAB
F2S2	7.6abcdAB	6.8dB
F2S1	7.6abcdAB	8.8abcAB
F3S4	7.6abcdAB	7.6bcdAB
F1S2	7.0abcdABC	8.9abAB
F3S1	6.9bcdABC	9.7aA
F1S3	6.8bcdABC	7.4bcdAB
F1S1	6.7cdABC	8.3abcdAB
F1S4	6.2deBC	7.0cdB
F2S3	5.2eC	7.3bcdAB

3 结论

2个品种的肥料处理与水分处理间在穗数、结实率、千粒质量和理论产量上存在互作关系,在穗粒数上不存在互作关