

庆安县水稻高产优质氮磷钾适宜用量研究

李玉影¹, 刘双全¹, 王孝纯², 周建朝², 颜景武³, 史旭梅³, 刘颖¹,
张明怡¹, 任文娟³, 赵阳³, 申慧波⁴, 王秀奎⁵

(1. 黑龙江省农科院土肥所, 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江大学农作物研究院, 哈尔滨 150080;
3. 庆安县农业技术推广中心, 庆安 152400; 4. 黑龙江省农科院, 哈尔滨 150086;
5. 沈阳军区双山第二农副基地, 双山 161441)

摘要: 采用不完全正交设计方法, 研究了庆安县水稻主产区黑土和草甸黑土水稻高产优质适宜的氮磷钾用量。试验结果表明, 在中低产条件下, 庆安县水稻氮磷钾适宜用量为: N 100~150 kg·hm⁻²、P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻²、K₂O 75~125 kg·hm⁻², 氮磷钾适宜比例为 1.7:1:1.3。在高产条件下, 水稻氮磷钾适宜用量为: N 100~200 kg·hm⁻²、P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻²、K₂O 75~125 kg·hm⁻², 氮磷钾适宜比例为 2.5:1:1.3。从产量和品质两个方面综合考虑, 庆安县水稻施肥氮、磷、钾的适宜用量为 N 100~150 kg·hm⁻², P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻², K₂O 75~125 kg·hm⁻² 为宜, 过高或过低对产量和品质均有显著的负效应。

关键词: 水稻; 氮磷钾用量; 产量; 品质

中图分类号: S 511.106 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2007)06-0040-03

Studies on the Optimum Rate of Fertilization for High Yield and High Quality Rice in Qing'an County

LI Yu-ying¹, LIU Shuang-quan¹, WANG Xiao-chun², ZHOU Jian-chao², YAN Jing-wu³,
SHI Xu-mei³, LIU Ying¹, ZHANG Ming-yi¹, REN Wen-juan³, ZHAO Yang³,
SHEN Hui-bo⁴, WANG Xiu-kui⁵

(1. Soil and Fertilizer Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086; 2. Agricultural Crop Academy of Heilongjiang University, Harbin 150080; 3. Qing'an Agricultural Technology Extension Center, Qing'an, 152400; 4. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 5. The Second Agricultural and Sideline Productions Base of Shenyang Military Area Command, Shuangshan 161441)

Abstract: It studied on optimum rate of nitrogen, phosphorous and potassium application on rice for high yield and high quality in black soil and meadow black soil of the main rice production region of Qing'an county by the method of incomplete orthogonal design. The results showed that the optimum rate of nitrogen, phosphorous and potassium was N 100~150 kg·hm⁻², P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻² and K₂O 75~125 kg·hm⁻², respectively, the proper ratio of N:P₂O₅:K₂O was 1.7:1:1.3 under the condition of moderate to low yield level in the county. The optimum rate of nitrogen, phosphorous and potassium was N 100~200 kg·hm⁻², P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻² and K₂O 75~125 kg·hm⁻², respectively, the proper ratio of N:P₂O₅:K₂O was 2.5:1:1.3, under the condition of high yield level in the county. On comprehensive considering of the yield and quality, the optimum rate of nitrogen, phos-

收稿日期: 2007-04-30
基金项目: 黑龙江省重点攻关项目(GB06B104-1-2-1)
第一作者简介: 李玉影(1962-), 女, 哈尔滨市人, 硕士, 从事植物营养与施肥技术研究。E-mail: liyuying1023@163.com.

phorous and potassium was $N100 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $60 \sim 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and K_2O $75 \sim 125 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ for rice, respectively, in the county. Too high or too low was negative to yield and quality of rice

Key words: rice; rate of nitrogen, phosphorous and potassium fertilization; yield; quality

庆安县地处黑龙江省松嫩平原的东部、小兴安岭余脉的西部呼兰河中游的平原上, 位于北纬 $46^{\circ}30'01'' \sim 47^{\circ}36'21''$ 和东经 $127^{\circ}13'29'' \sim 128^{\circ}32'52''$ 。全县农区年平均气温 1.6°C , 无霜期 $113 \sim 150 \text{ d}$, 平均 128 d ; 年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2\,935^{\circ}\text{C}$, 年平均降水 582.5 mm 。全县总面积 $5\,470 \text{ km}^2$, 耕地面积 15.3 万 hm^2 , 其中水田 7.3 万 hm^2 , 占耕地面积的 47.8% ^[1]。庆安县是黑龙江省水稻主产区, 是全国绿色食品生产先进县, 绿色食品认证面积达 14.0 万 hm^2 , 庆安绿色大米享誉全国, 开展水稻高产、优质、高效平衡施肥具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地点与试验设计

庆安县主要农业土壤类型为黑土和草甸土, 分别为 9.1 万 hm^2 和 3.3 万 hm^2 , 分别占耕地面积的 64.1% 和 23.1% , 土壤肥力较低, 但土壤物理性状不好。该试验在庆安县水稻主产区平安镇徐连福村和同乐乡同兴村进行。平安镇位于庆安县中部第三积温带上限, 土壤类型为草甸黑土型水稻土, 土壤 $\text{pH } 6.3$, 碱解氮 $103.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $19.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $122.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 同乐乡位于庆安西北部, 第三积温带下限, 土壤类型为黑土型水稻土, $\text{pH } 6.5$, 碱解氮 $90.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $19.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $127.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 上茬作物均为水稻。小区试验采用 $L_8(4 \times 2^4)$ 正交试验设计, 其中氮素因子设 4 个水平: $0, 100, 150, 200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (放在正交表的第 1 列), 磷素因子设 2 个水平: P_2O_5 $60, 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (放在 2 列), 钾素因子设 2 个水平: K_2O $75, 120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (放在正交表的第 5 列), 另设一个无肥空白对照区, 共 9 个处理 (各处理养分组合见表 1)。小区面积 21 m^2 , 3 次重复, 随机区组排列。氮肥用尿素, 磷肥用重过磷酸钙, 钾肥用氯化钾。50% 氮肥和全部磷钾肥作基肥在耙地时施入, 30% 氮肥在分蘖期追施, 20% 氮肥在孕穗期至抽穗期追施。平安镇试验点水稻供试品种为龙粳 12, 同乐乡试验点供试品种为 99—390。插秧密度为 $30 \text{ cm} \times 13.3 \text{ cm}$, 单排单灌, 以免影响肥料效果。

1.2 分析方法

土壤速效氮分析采用碱解扩散法测定, 土壤速效磷分析采用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 法, 土壤速效

钾分析采用 NH_4OAc 浸提, 原子吸收法测定^[2]。稻米粗蛋白测定方法: $\text{NY/T } 3-1982$, 直链淀粉含量测定方法: $\text{NY/T } 55-1987$, 胶稠度测定方法: $\text{GB/T } 17891-1999$ 附录 A, 碱消值测定方法: $\text{NY/T } 83-19882$, 检测单位: 农业部谷物及制品质量监督检验测试中心哈尔滨分中心。

表 1 $L_8(4 \times 2^4)$ 正交试验养分用量 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

处理	N	P_2O_5	K_2O
1	0	60	75
2	0	90	125
3	100	60	125
4	100	90	75
5	150	60	125
6	150	90	75
7	200	60	75
8	200	90	125
9	0	0	0

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾比 对水稻生长发育、产量及品质的影响

考种结果表明, 不同氮磷钾用量对水稻生长发育有很大影响, 进而影响产量。平安镇试验点处理 6 各项指标最好, 其次是处理 7, 再次是处理 3, 最差的是处理 9。与处理 9 相比, 处理 6、处理 7 和处理 3 的穗粒数平均增加 $16.8, 6.1$ 和 13.2 个 $\cdot \text{穗}^{-1}$, 空瘪率平均降低 $5.5, 4.1$ 和 4.8 个百分点, 千粒重平均增加 $2.7, 2.3$ 和 2.4 g 。同乐乡试验点处理 4 各项指标最好, 其次是处理 8 和处理 1, 最差的是处理 9。与处理 9 相比, 处理 4、处理 8 和处理 1 的穗粒数平均增加 $4.8, 13.1$ 和 10.5 个 $\cdot \text{穗}^{-1}$, 空瘪率平均降低 $3.8, 3.1$ 和 2.8 个百分点, 千粒重平均增加 $2.1, 1.9$ 和 1.2 g 。平安镇水稻试验点由于稻瘟病较重, 水稻空瘪率较高, 对水稻生长发育和产量都有一定影响。

试验结果表明 (见表 2), 不同氮磷钾施肥水平对水稻产量有较大影响。平安镇试验处理 6 产量最高, 其次是处理 3, 分别较最低处理 (N0P0K0) 增产 68.4% 和 57.9% , 说明这两个处理氮磷钾用量及比例比较适合, 即氮 (N) $100 \sim 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷 (P_2O_5) $60 \sim 90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、钾 (K_2O) $75 \sim 125 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为宜, 适宜的氮磷钾比例为 $1.7:1:1.3$ 。同

乐乡 试验处理 3 产量最高, 其次是处理 7, 分别较最低处理(N0P0K0)增产 38. 2%和 29. 4%, 说明这两个处理氮磷钾用量及比例比较适合, 即氮(N)100~

200 kg ° hm⁻²、磷(P₂O₅)60~90 kg ° hm⁻²、钾(K₂O)75~125 kg ° hm⁻² 为宜, 适宜的氮磷钾比例为 2. 5 :1 :1. 3。

表 2 水稻小区试验统计结果

地点	处理	产量	相对产量	相对产量	差异显著性		位次
		/ kg ° hm ⁻²	/ kg ° hm ⁻²	/ %	0. 05	0. 01	
平安镇	1	3667	500	15. 8	abc	A	5
	2	4333	1166	36. 8	abc	A	4
	3	5000	1833	57. 9	ab	A	2
	4	4500	1333	42. 1	abc	A	3
	5	3517	350	11. 1	bc	A	6
	6	5333	2166	68. 4	a	A	1
	7	4500	1333	42. 1	abc	A	3
	8	4500	1333	42. 1	abc	A	3
	9	3167	—	—	c	A	7
同乐乡	1	5833	167	2. 9	b	A	7
	2	6000	333	5. 9	ab	A	6
	3	7833	2166	38. 2	a	A	1
	4	7000	1333	23. 5	ab	A	4
	5	6333	666	11. 8	ab	A	5
	6	5833	166	2. 9	b	A	7
	7	7333	1666	29. 4	ab	A	2
	8	7167	1500	26. 5	ab	A	3
	9	5667	—	—	b	A	8

注: 5% LSD= 1344 kg ° hm⁻², 1%LSD= 2018 kg ° hm⁻²。

2. 2 不同氮磷用量对水稻品质的影响

直链淀粉含量、糊化温度和蛋白质含量都是影响米饭适口性的重要因素。直链淀粉含量高, 米饭粗糙无光泽, 而且容易回生; 蛋白质含量高, 米粒结构紧密、口感发硬; 糊化温度高(碱消值低), 米饭硬而松散, 口感差^[3]。直链淀粉含量高其胶稠度则低, 米饭偏硬, 蛋白质含量高会降低胶稠度, 使米饭的口感变差^[4]。本试验品质分析结果表明(见表 3), 总

表 3 水稻小区试验统计结果

地点	处理	粗蛋白	直链淀粉	胶稠度	碱消值
		/ %	/ %	/ mm	/ 级
平安镇	1	8. 17	20. 45	56. 7	7. 0
	2	8. 23	20. 62	55. 9	7. 1
	3	8. 73	18. 15	59. 1	7. 2
	4	8. 95	18. 02	59. 4	7. 0
	5	9. 02	18. 63	58. 6	7. 2
	6	8. 93	19. 05	57. 2	7. 3
	7	9. 11	19. 20	67. 9	7. 0
	8	8. 74	19. 13	58. 1	7. 0
	9	8. 09	20. 07	55. 9	6. 8
同乐乡	1	8. 17	20. 67	57. 5	6. 9
	2	8. 11	20. 35	56. 8	7. 0
	3	8. 65	17. 81	62. 3	7. 4
	4	8. 93	18. 19	60. 6	7. 2
	5	9. 13	18. 29	58. 2	7. 2
	6	9. 06	18. 41	57. 7	7. 3
	7	9. 12	18. 80	56. 9	7. 0
	8	9. 17	19. 06	57. 0	7. 0
	9	8. 04	20. 31	55. 2	6. 7

的趋势是中等水平氮磷钾组合各品质指标较为理想, 即处理 3、处理 4、处理 5 和处理 6, 缺氮处理、高氮处理和不施肥处理各项指标均不理想。水稻品质很难用一或两项指标来评价, 必须从各项指标综合考虑。平安镇试验点各项指标均较为理想的是处理 4, 即 N 100 kg ° hm⁻², P₂O₅90 kg ° hm⁻², K₂O 75 kg ° hm⁻²; 同乐乡 试验各项指标均较为理想的是处理 5, 即 N 150 kg ° hm⁻², P₂O₅60 kg ° hm⁻², K₂O 75 kg ° hm⁻²。所有处理碱消值级别没有明显区别, 粳稻碱消值的平均值为 7. 0 级(基本上以 7 级为主), 即以低糊化温度为主^[4], 一般施肥措施很难改变其特性, 本试验也证明了这一点。

3 结 论

3. 1 在中低产条件下, 庆安县水稻氮磷钾的用量为氮(N)100~150 kg ° hm⁻²、磷(P₂O₅)60~90 kg ° hm⁻²、钾(K₂O)75~125 kg ° hm⁻²为宜, 氮磷钾比例为 1. 7 :1 :1. 3。在高产条件下, 氮磷钾适宜用量为氮(N)100~200 kg ° hm⁻²、磷(P₂O₅)60~90 kg ° hm⁻²、钾(K₂O)75~125 kg ° hm⁻²为宜, 氮磷钾比例为 2. 5 :1 :1. 3。

3. 2 从品质角度出发, 中等水平氮磷钾肥料用量组合各项品质指标较为理想, 缺氮处理、高氮处理和不施肥处理各项指标均不理想。平安镇试验点各项指

(下转 48 页)

施穗肥不足的部分。这时施用的穗肥,对防止枝梗、颖花退化已来不及。但对增大颖壳容积、提高结实率、千粒重的效果很好。

穗肥按总体施肥设计,氮肥用全生育期总量的20%左右,钾肥为全生育期用量的30%~40%,可施用尿素30~45 kg·hm⁻²,钾肥30~37.5 kg·hm⁻²

施肥时要做到三看,一看拔节黄,叶色未褪淡不施,等叶色褪淡再施;二看底叶是否枯萎,如有枯萎,说明根系受损,可先晾田壮根,然后再施穗肥;三看水稻有无病害(稻瘟病),如有病害,可先用药防治,再施穗肥。如倒2叶期叶色未褪淡。可在倒1叶(剑叶)露尖时看苗施用。

6 孕穗肥

孕穗期施肥,一般在抽穗前9 d左右,1~2个叶龄期,喷施叶面肥或磷酸二氢钾,能提前抽穗,促进早熟,防止早衰。

(上接39页)

水时间分配有关,分配均匀干旱较轻,否则干旱较重。地形地貌和岩性不同,则干旱程度也不同。同样降雨量,岗坡地渗入量小,干旱程度较重,低洼地渗入量多,干旱程度较轻。砂性土不易保持水分,干旱程度较重,粘性土易保持水分,干旱程度轻。

人为因素是盲目开垦土地,疏干沼泽,砍光森林,超载放牧,生态失去平衡。随之而来是水资源减少,水位下降,空气干燥,降水逐年减少。加之人为防治不利和管理不善,缺乏计划性、理论性、科学性、技术性和长远性等,土地干旱日趋严重,草原沼泽日益萎缩,环境呈恶性循环^[9]。

黑龙江省气候复杂,有些地区的气候干旱是不可避免的,这遵循全球气候变化特点,也具有区域性

(上接42页)

标均较为理想的是处理4,即N 100 kg·hm⁻², P₂O₅ 90 kg·hm⁻², K₂O 75 kg·hm⁻²;同乐乡试验点各项指标均较为理想的是处理5,即N 150 kg·hm⁻², P₂O₅ 60 kg·hm⁻², K₂O 75 kg·hm⁻²。

3.3 从产量和品质两个方面综合考虑,庆安县水稻施肥氮、磷、钾的适宜用量为N 100~150 kg·hm⁻², P₂O₅ 60~90 kg·hm⁻², K₂O 75~125 kg·hm⁻²为宜,过高或过低对产量和品质均有显著的负效应,开展平衡施肥对增加水稻产量、改善稻米品质

参考文献:

[1] 徐一戎,邱丽莹.寒地水稻旱育稀植三化栽培技术[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1996.
[2] 高尔明,赵全志.水稻施用硅肥增产和生理效应研究[J].耕作与栽培,1998(5):20.
[3] 蔡德龙.中国硅营养研究与硅肥应用[M].郑州:黄河水利出版社,2000.
[4] 梁永超,张永春,马同生,等.植物的硅素营养[J].土壤学进展,1993,21(3):7-14.
[5] 周青,潘国庆,施作家,等.不同时期施用硅肥对水稻群体质量及产量的影响[J].耕作与栽培,2001(3):25-27.
[6] 李家书,谢振翅,胡定金,等.湖北省硅肥在水稻、黄瓜、花生上的应用效果[J].土壤与环境,1998,7(1):16-20.
[7] 张翠珍,邵长,泉孟凯,等.水稻硅肥效果及适宜用量的研究[J].山东农业科学,1997(3):21-26.
[8] 李军,张玉龙,刘鸣达,等.辽宁省水稻土共硅能力及硅肥肥效的研究[J].土壤通报,2002(2):142-144.
[9] 汪传炳,茅国芳,姜忠涛.上海地区水稻硅素营养状况及硅肥效应[J].上海农业学报,1999,15(3):65-69.

气候循环规律。我们要科学地掌握自然界各种变化规律。顺应自然规律,同大自然相协调,与万物和睦相处,不要破坏大自然的法则。如果违背了自然法则,必然遭到大自然无情的报复。要以生态农业为统领,走好旱作农业的路子。

参考文献:

[1] 孟猛,倪健,张治国.地理生态学的干燥指数及其应用评述[J].植物生态学报,2004,28(6):853-861.
[2] 华丽颖,甘云利,鲁守刚,等.试论黑龙江省的气候干旱[J].水利科技与经济,2003,9(4):286-287.
[3] 初本君,高振操,杨世生,等.黑龙江省第四纪地质与环境[M].北京:海洋出版社,1988:1187-1891.
[4] 王宗璋.强农固本治水为首[N].黑龙江日报,1998-10-25(2).
[5] 司汉科.人能胜几何[N].黑龙江日报,2000-09-13(1).

有重要作用。

参考文献:

[1] 黑龙江省庆安县土壤普查办公室.庆安县土壤[R].庆安:黑龙江省庆安县土壤普查办公室,1986:21-35.
[2] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:56-57,81-83,106-107.
[3] 万向元,胡培松,王海莲.水稻品种直链淀粉含量、糊化温度和蛋白质含量的稳定性分析[J].中国农业科学,2005,38(1):1-6.
[4] 李贤勇,王元凯,王楚桃.稻米蒸煮品质与营养品质的相关性分析[J].西南农业学报,2001,14(3):21-24.