



杨忠良, 刘海英, 董文军, 等. 有机肥等氮替代化肥对水稻产量及氮肥利用率的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2020(7):50-54, 59.

有机肥等氮替代化肥对水稻产量及氮肥利用率的影响

杨忠良¹, 刘海英¹, 董文军², 姜 灏³, 武洪涛¹, 于艳敏¹, 张书利¹, 徐振华¹

(1. 黑龙江省农业科学院 生物技术研究所, 黑龙江 哈尔滨 150028; 2. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150028; 3. 黑龙江省北大荒农业股份有限公司, 黑龙江 佳木斯 156300)

摘要:为明确建三江农场七星农场草甸白浆土有机肥等氮替代化肥氮的适宜比例, 设置以单施化肥(M0)、有机肥等氮替代化肥的 30%(M30)、50%(M50)、100%(M100)和不施氮肥(CK)为对照 5 个施肥处理, 比较分析有机肥等氮替代化肥对水稻产量和氮肥利用率的影响。结果表明:随有机等氮部分替代化肥比例的增加, 有机无机配施表现为不同生育期植株含氮量不断降低, 常规化肥 M0 处理与 M30 处理间植株含氮量差异不显著, 有机无机配施处理有效穗显著下降, 穗粒数下降, 而结实率和千粒重呈上升趋势, 有机无机配施处理产量随之降低, 与 M0 处理相比, M30 处理产量提高 7.87%, 有机无机配施处理秸秆吸氮量、籽粒吸氮量和总吸氮量显著降低, 有机无机配施处理氮肥吸收利用率和氮肥农学利用率显著降低, M30 处理的氮肥吸收利用率比 M0 处理提高 2.26%, 氮肥农学利用率提高 34.85%。因此, 有机氮替代 30% 化肥氮提高了水稻产量, 促进了水稻对氮素的吸收, 提高氮素利用效率, 30% 为适宜的有机肥等氮替代化肥比例。

关键词:有机肥等氮替代化肥; 水稻; 产量; 氮肥利用率

水稻是我国种植面积最大的粮食作物之一^[1], 水稻种植面积占全国耕地面积的 1/4^[2], 黑龙江省是粮食主产区之一^[3]。为提高水稻产量, 肥料施用起到重要作用, 我国稻田氮肥平均用量为 180 kg·hm⁻², 高出世界稻田氮肥平均用量 75%^[4], 2006-2016 年黑龙江省化肥施用总量变化平稳, 呈上升趋势^[5], 但肥料利用仅占施肥量的 30%~35%^[6], 肥料过度施用造成成本提高、土壤退化、农业污染严重^[7], 化肥大量施用, 使土壤肥力下降, 有机碳含量下降, 作物产量降低^[8], 水体富营养化、土壤养分非均匀化程度加剧、农产品品质下降和温室气体排放增加等, 使作物产量难以实现可持续增长^[9]。有机无机肥配施有利于作物稳产高产, 提高土壤肥力和提高氮肥的利用率^[10]。黑龙江省盐碱土多年施有机肥, 长期施用有机肥显著增加玉米产量, 并且随有机肥施用年限的增加玉米产量逐年提高^[11]。闫雷等^[8]通过

3 年玉米秸秆还田和施用有机肥研究发现, 相较于单施化肥处理, 秸秆还田和有机肥处理可有效提高作物产量, 秸秆还田平均增产 17.09%, 施用有机肥平均增产 23.41%。红壤性稻田土、冲积母质、石灰性潜育田等多种不同水稻土施用有机肥, 有机无机肥配施均比单施化肥提高产量^[12-14]。在黑龙江省红兴隆管理局育白浆土上减氮肥配施等量有机肥, 随氮肥施用量的减少, 水稻中的含氮量和氮积累量逐渐减少, 两个水稻品种氮素的农学利用效率、偏生产力 and 吸收利用率也逐渐降低^[15]。但是对草甸白浆土在有机肥等氮替代化肥对产量及氮肥利用效率研究较少。因此, 本文通过有机肥按照等氮量进行替代化学肥料的试验, 探索有机肥等氮替代部分化肥对水稻产量及氮肥利用效率的影响, 探索出有机肥料氮替代无机氮的最适替代率, 为节约成本、控制化肥使用及北方稻田的高产稳产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2018 年在黑龙江省建三江农场七星农场 36 连 (132°71'E, 47°28'N) 进行, 七星农场地处三江平原, 属温带湿润、半湿润大陆性季风气候

收稿日期: 2020-03-07

基金项目: 国家重点研发计划资助项目 (2016YFD0300900); 黑龙江省应用技术与开发计划重大项目 (GA18B101); 黑龙江省自然科学基金面上项目 (C2015029)。

第一作者: 杨忠良 (1973-), 男, 硕士, 高级农艺师, 从事水稻育种及栽培研究。E-mail: yangzhongliang04@163.com。

候,无霜期 120~140 d,10 ℃ 以上活动积温 2 300~2 500 ℃。试验地土壤类型为草甸白浆土,属于一季稻主产区。试验前取 0~20 cm 耕层土壤,测定养分含量如表 1。

表 1 供试土壤基本特性

Table 1 Basic characteristics of tested soil

土层 Soil layer/cm	有机质 Organic matter/%	全氮 Total nitrogen/ (g·kg ⁻¹)	全磷 Total phosphorus/ (g·kg ⁻¹)	全钾 Total potassium/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkaline N/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷 Efficient P/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Efficient K/ (mg·kg ⁻¹)	pH
0~10	3.79	1.64	0.73	19.53	135.50	25.48	118.37	5.85
10~20	3.60	1.52	0.70	23.01	120.89	25.66	107.89	6.44

1.2 材料

试验选用黑龙江省农业科学院水稻研究所育种的龙粳 31 为试验材料。有机肥为哈尔滨双城市达盛生物化工有限公司生产,其养分含量 N 1.1429 g·kg⁻¹、P₂O₅ 1.443 g·kg⁻¹、K₂O 1.794 g·kg⁻¹;化肥为尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%; P₂O₅ 46%),硫酸钾(K₂O 50%),重过磷酸钙(P₂O₅ 46%)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用大区对比试验设计,小区面积 867.1 m²,设置有 5 个施肥模式:不施氮肥(CK)、常规 NPK 配施(M0)、有机肥等氮替代化肥 30%配施 70%化肥氮(M30)、有机肥等氮替代化肥 50%配施 50%化肥 N(M50)、有机肥等氮替代化肥 100%(M100)。M0 处理常规材料施肥量为纯 N 120 kg·hm⁻²、P₂O₅ 55 kg·hm⁻²、K₂O 75 kg·hm⁻²,有机肥按照等氮量进行替代,并扣除有机肥带入的磷钾含量。氮肥施用量基肥:分蘖肥:穗肥=4:3:3,全部磷肥和钾肥的 50%(作基肥一次性施用,剩余 50%的钾肥作穗肥,所有处理有机肥作基肥施用。

耕作方式一致秋翻耕(深度 18~20 cm)之后秋旋耕(深度 10~15 cm),春季泡浅水,不打浆,耙平地,再灌深水。水分管理:前期保持浅水(1~3 cm)、中期排水烤田、后期干湿交替;于 5 月 15 日左右机插秧,每穴 4~6 株。

1.3.2 测试项目及方法 水稻秸秆生物量及成熟期不同器官养分含量。由于试验小区面积较大且未设置重复,将试验地延长边三等分,设置 3 个调查取样重复小区,每重复小区分别于拔节期、抽穗期和成熟期采集水稻植株 5 株,所有样品经剪根后按茎、叶、穗分样,分别装袋后于 105 ℃杀青

0.5 h,之后 80 ℃烘干至恒重,称重,粉碎,测定干物质重和养分含量(植株氮),植株全氮用凯氏定氮法。

水稻产量及其构成因素的测定。在成熟期采用梅花 5 点法,每个小区随机选取 3 个取样点,每个取样点选择取样 5 穴用于考种和选取 1 m²实收,晾晒、烘干、脱粒,测定含水率和杂质率,籽实按含水量 14%折算产量。

养分利用效率计算。植株含氮量(%)=(单位面积叶片干物重×叶片含氮量+单位面积茎鞘干物重×鞘含氮量+单位面积穗干物重×穗含氮量)/单位面积全株地上部(茎、叶和穗)干物重×100;

叶片(茎鞘、穗)氮素积累量(kg·hm⁻²)=各时期单位面积叶片(茎鞘、穗)干物重×叶片(茎鞘、穗)含氮量;

氮肥吸收利用率(%)=(施氮区地上部吸氮量-不施氮区地上部吸氮量)/施氮量×100;

氮肥农学利用率(kg·kg⁻¹)=(施氮区水稻产量-不施氮区水稻产量)/施氮量。

1.3.3 数据分析 试验结果均以每次测得 3 次重复的平均值表示,试验数据采用 Microsoft Excel 2003 软件进行处理,采用 SPSS 19.0 统计软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对水稻主要生育期植株全氮含量的影响

由表 2 可知,随着水稻生育进程推进,不同施肥处理水稻植株含氮量呈下降趋势,不同生育期不同施肥处理间的植株氮含量差异显著性不同。拔节期植株含氮量 CK、M100 处理与 M0、M30 处理差异显著,CK 与 M100 处理无显著差异,

M0、M30 和 M50 处理间无显著差异。抽穗期植株含氮量 M0 处理与 CK、M100 处理间差异显著,与 M30 和 M50 差异不显著,CK 与 M100 处理间差异不显著,M0、M30 和 M50 处理间差异不显著。成熟期植株含氮量 CK 处理与 M0、M30 处理间差异显著,其他处理间差异不显著。不同生育期不同施肥处理随着有机肥等氮替代化肥量的增加,植株含氮量随之降低,M30 处理与常规施肥 M0 处理植株含氮量无显著差异,不施氮肥 CK 与 M100 处量间植株含氮量无显著差异。M30 有机肥氮等替代化肥氮 30%处理与常规施肥 M0 处理吸氮能力高于其他处理,能促进植株氮素养分的含量增加。

表 2 不同施肥处理对水稻主要生育期植株株全氮含量的影响

Table 2 Effects of different fertilization treatments on nitrogen content in main growth stage of rice (g·kg ⁻¹)			
处理 Treatments	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Maturity stage
CK	18.57 bc	15.56 b	11.15 b
M0	24.18 a	20.70 a	12.34 a
M30	24.65 a	20.42 ab	12.30 a
M50	21.73 ab	18.54 ab	11.86 ab
M100	17.59 c	16.27 b	11.35 ab

注:不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference of different treatments(P<0.05). The same below.

2.2 不同施肥处理对水稻产量性状及产量的影响

由表 3 可知,M0 与 M30 处理间有效穗数差

表 3 不同施肥处理对水稻产量及产量构成因素的影响

Table 3 Effects of different fertilization treatments on rice yield and yield component factors					
处理 Treatments	有效穗数 Effective panicle number/ (×10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数 Grains per panicle	千粒重 1000-grains weight/g	结实率 Seed-settling rate/%	实际产量 Actual grainyield/ (t·hm ⁻²)
CK	369.69 c	75.82 b	24.33 a	91.24 b	6.20 c
M0	490.28 ab	85.62 a	22.91 b	84.48 c	8.01 a
M30	505.35 a	85.64 a	22.97 b	86.66 c	8.64 a
M50	450.61 b	82.20 ab	23.93 a	93.17 ab	7.73 ab
M100	365.33 c	77.33 b	24.27 a	95.16 a	6.49 c

异不显著,但 M0 和 M30 处理间有效穗数显著高于其他处理,CK 与 M100 处理间有效穗数差异不显著。M0、M30 和 M50 处理间穗粒数差异不显著,但 M0 和 M30 处理间穗粒数显著高于 CK 和 M100 处理,CK、M50 和 M100 处理间穗粒数差异不显著。M0 与 M30 处理间千粒重差异不显著,但显著低于其他处理,CK、M50 和 M100 处理间千粒重差异不显著。M0 与 M30 处理间结实率差异不显著,但显著低于其他处理,CK 与 M50 处理间结实率差异不显著,M100 处理的结实率显著高于 CK、M0 和 M30 处理。随着有机肥等氮代替化肥氮量的逐渐增加,有效穗数显著下降,穗粒数下降,而结实率和千粒重呈上升趋势,适宜有机肥等氮替代无机肥能协调水稻产量各构成因子,通过提高结实率促进多粒大粒的形成达到增产的效果^[7]。有机肥等氮代替化肥氮量处理中,30%有机肥替代化肥比常规化肥 M0 处理产量构成因素略有增加,为适宜的有机无机配施处理。

不同施肥条件下水稻产量表现,M0、M30 和 M50 处理的产量显著高于不施氮肥 CK 和 M100 处理,CK 与 M100 处理间产量差异不显著。M0、M30 和 M50 处理间产量差异不显著,与 M0 处理相比,M30 处理产量提高 7.87%,M50 处量产量降低 3.49%,不同施肥处理随着有机肥等氮代替化肥量的逐渐增加产量随之降低。说明当仅施用有机肥时,有机肥中的养分释放速率较慢,供应不及时不能满足产量对养分的需求。因此,从产量来看,M30 有机肥等替代化肥 30%处理与常规施肥 M0 处理产量提高但差异不显著,M30 为适合的有机肥等氮代替化肥处理。

2.3 不同施肥处理对水稻氮素积累及利用的影响

由表4可知,不同施肥处理的秸秆吸氮量、籽粒吸氮量和总吸氮量表现一致,M0和M30处理间差异不显著,但显著高于其他处理,CK和M100处理间差异不显著。有机氮替代化肥氮植株总吸氮量显著高于CK,随着有机肥等氮代替化肥氮量的逐渐增加秸秆吸氮量、籽粒吸氮量和

总吸氮量显著降低。M0和M30处理间氮肥吸收利用率差异不显著,M0和M30处理间氮肥农学利用率存在差异显著,随着有机肥等氮代替化肥氮量的逐渐增加,氮肥吸利用率和氮肥农学利用率显著降低,M30处理的氮肥吸收利用率比M0处理提高2.26%,氮肥农学利用率提高34.85%。

表4 不同施肥处理对水稻植株氮素积累及利用的影响

处理 Treatments	秸秆吸氮量 Straw nitrogen uptakes/(kg·hm ⁻²)	籽粒吸氮量 Grain nitrogen uptakes/(kg·hm ⁻²)	总吸氮量 Total nitrogen uptakes/(kg·hm ⁻²)	氮肥吸收利用率 NUE/%	氮肥农学利用率 Agronomic efficiency/ (kg·kg ⁻¹)
CK	35.67 c	86.35 c	122.02 c		
M0	54.68 a	125.28 a	179.96 a	48.28 a	15.12 b
M30	56.32 a	124.95 a	181.27 a	49.37 a	20.39 a
M50	44.11 b	98.96 b	143.07 b	17.54 b	12.81 b
M100	36.07 c	87.53 bc	123.61 c	1.32 c	2.46 c

3 结论与讨论

3.1 讨论

水稻生产的主要限制营养因子是氮素,氮素与水稻生育进程和产量等密切关系^[16]。本试验中,随着水稻生育进程推进,不同施肥处理水稻植株含氮量呈下降趋势与赵敏等^[17]研究结果一致。常规施肥处理M0处理各生育期植株含氮量显著高于不施氮肥CK处理与王站付等^[18]研究结果一致。30%和50%有机肥氮替代化肥植株含氮量与常规施肥处理M0处理差异不显著,施用化肥比例高有机肥比例低区水稻生长前期植株内吸收储存到足够的氮,在灌浆期确保充足的养分从源转移到库^[7],促进植株氮素养分的含量增加,有利于植株健壮生长和高产。100%有机肥氮替代化肥植株含氮量降低,水稻前期养分供应太少,影响了早期养分积累。

20%微生物有机肥+80%化肥N处理可显著增加水稻有效穗数和穗粒数,较CK水稻籽粒产量分别增加77.21%^[19];周江明^[7]研究表明,过度施入有机肥会影响前期有效氮素不足,单位有效穗数显著下降而减产,本研究结果表明30%有机肥氮替代化肥提高有效穗数和穗粒数,100%有机肥氮替代化肥时有效穗数显著下降。唐先干等^[20]研究表明有机肥配施比例高于或低

于50%时,养分供应滞后或超前,均未显现出优于单施化肥的效果,但是其结实率和粒重的稳定性,也在一定程度上体现了有机无机配施对水稻稻穗结实率和实粒重的良好作用,本研究结果表明50%以上有机肥氮替代化肥结实率和千粒重显著高于单施化肥处理。单施化肥处理和30%有机肥氮替代化肥,养分释放快,有利于增加有效穗数,有机氮超过50%与无机氮配施处理,养分释放缓慢,有利于结实率和粒重来提高产量。

有机无机复混肥明显增加氮素积累量、氮素回收率和氮肥农学利用效率^[21-22]。徐明岗等^[23]研究表明与单施化肥相比,有机无机肥配施水稻产量不下降或略有提高,稳产性能增强,氮素利用率显著增加。本研究结果表明,有机肥氮替代部分化肥氮能够提高水稻的氮素吸收量,与前人结果一致。有机肥氮替代部分化肥氮能够提高水稻籽粒的氮素吸收量,促进氮素向籽粒转运,这与谢军等^[24]研究结果一致。本研究结果表明,单施有机施氮有利用率最低,有机肥用量过高,氮肥利用率均会下降,这是由于有机肥用量过多能促进氮的固持,氮素释放效率降低,从而降低了氮肥利用率^[25]。任科宇等^[26]研究结果表明,东北地区的氮肥利用率较高,常规化肥和有机肥配施无机肥处理的氮肥利用率分别为45.0%和47.3%,但两

者间无显著差异。本研究结果表明,30%有机肥氮替代化肥与单施化肥处理间氮肥吸利用率差异不显著分别为 48.28%和 49.37%。东北地区施用有机肥未显著提作物的氮肥利用率,其原因可能是东北地区土壤肥沃,有机质含量高,外源有机物料的补充在当季没有显著的增产增效作用^[26]。

3.2 结 论

随着有机肥等氮替代化肥比例的增加,有机无机肥配施处理水稻不同生育期植株含氮量不断降低,有效穗数显著下降,穗粒数下降,而结实率和千粒重呈上升趋势,产量不断降低,秸秆吸氮量、籽粒吸氮量和总吸氮量显著降低,氮肥吸利用率和氮肥农学利用率显著降低。有机肥氮替代化肥氮 30%处理,拔节期植株含氮量高于单施化肥处理,有效穗、穗粒数高于单施化肥处理,秸秆吸氮量和总吸氮量高于单施化肥处理,产量比单施化肥处理提高 7.87%,氮肥吸收利用率比处理提高 2.26%,氮肥农学利用率提高 34.85%。因此,草甸白浆土利用有机肥等氮替代化肥减少化肥投入量进行土壤培肥时,应兼顾农作物的产量和氮肥利用率。本研究中,有机肥氮替代化肥氮 30%为适宜的等氮替代比例。

参考文献:

- [1] 高菊生,黄晶,董春华,等.长期有机无机肥配施对水稻产量及土壤有效养分影响[J].土壤学报,2014,51(2):314-324.
- [2] 周江明.不同有机肥料对水稻产量和土壤肥力的影响[J].浙江农业科学,2014(2):156-162.
- [3] 刘珍环,李正国,唐鹏钦,等.近 30 年中国水稻种植区域与产量时空变化分析[J].地理学报,2013,68(5):680-693.
- [4] 崔新卫,张杨珠,高菊生,等.长期不同施肥处理对红壤稻田土壤性质及晚稻产量与品质的影响[J].华北农学报,2019,34(6):190-197.
- [5] 阴妮.黑龙江省种植业碳排放效率评价及其影响因素研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [6] 石丽红,纪雄辉,李永华,等.施氮量和时期运筹对超级杂交稻植株氮含量与籽粒产量的影响研究[J].土壤,2011,43(4):534-541.
- [7] 周江明.有机-无机肥配施对水稻产量、品质及氮素吸收的影响[J].植物营养与肥科学报 2012,18(1):234-240.
- [8] 闫雷,李思莹,孟庆峰,等.秸秆还田与有机肥对黑土区土壤团聚性的影响[J].东北农业大学学报,2019,50(12):58-67.
- [9] 陈香碧,胡亚军,秦红灵,等.稻作系统有肥替代部分化肥的土壤氮循环特征及其增产机制[J].应用生态学报,2020(3):341-350.

- [10] 孟琳,张小莉,蒋小芳,等.有机肥料氮替代部分无机氮对水稻产量的影响及替代率研究[J].植物营养与肥科学报,2009,15(2):290-296.
- [11] 张娟,徐宁彤,孟庆峰,等.有机肥施用年限对土壤有机碳组分及其来源与玉米产量的影响[J].农业工程学报,2019,35(2):107-113.
- [12] 杨群芳,潘绍东,陶世兴,等.生物有机肥配施氮素化肥对水稻产量的影响[J].广西农学报,2009,24(2):9-12.
- [13] 侯红乾,刘秀梅,刘光荣,等.有机无机肥配施比例对红壤稻田水稻产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2011,44(3):516-523.
- [14] 董春华,高菊生,曾希柏,等.长期有机无机肥配施下红壤性稻田水稻产量及土壤有机碳变化特征[J].植物营养与肥科学报,2014,20(2):336-345.
- [15] 卢念文.水稻减氮配施有机肥效果的初步研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [16] 宋智勇,吕凯,罗风练,等.施氮量对不同基因型水稻品种氮素吸收利用的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(2):165-170.
- [17] 赵敏,胡剑锋,钟晓媛,等.不同基因型机插稻植株氮素积累运转特性[J].植物营养与肥科学报,2015,21(5):277-287.
- [18] 王站付,石磊,杨业凤,等.无机有机肥配施对水稻产量及氮肥利用率的影响[J].安徽农业科学,2020,1(9):163-166.
- [19] 崔月贞,吴玉红,郝兴顺,等.不同有机氮替代部分无机氮对水稻产量及土壤微生物的影响[J].西北农业学报,2019,28(10):1689-1697.
- [20] 唐先干,刘光荣,徐昌旭,等.有机无机肥配施对稻穗不同部位粒重与结实率的影响[J].植物营养与肥科学报,2015,21(5):1336-1342.
- [21] 张小莉,孟林,王秋君,等.不同有机无机复混肥对水稻产量和氮素利用率的影响[J].应用生态学报,2009,20(3):624-630.
- [22] 欧杨虹,徐阳春,沈其荣,等.有机氮部分替代无机氮对水稻产量和氮素利用率的影响[J].江苏农业学报,2009,25(1):106-111.
- [23] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3133-3139.
- [24] 谢军,赵亚南,陈轩敬,等.有机肥氮替代化肥提高玉米产量和氮素吸收利用效率[J].中国农业科学,2016,49(20):3934-3943.
- [25] 阙建鸾,苏建平,周志宏,等.有机肥氮替代部分化肥氮对小麦产量及氮肥利用率的影响期[J].现代化农业科技,2018(24):13-14.
- [26] 任科宇,段英华,徐明岗,等.施用有机肥对我国作物氮肥利用率影响的整合分析[J].中国农业科学,2019,52(17):2983-2996.

(下转第 59 页)

ing Research Center, Harbin 150086, China; 2. Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161005, China)

Abstract: In order to study the application effect of potato nutrient expert system in recommended fertilization of potato in Heilongjiang Province, a fertilization verification experiment recommended by this system was carried out in Keshan County and Zhaoguang Farm, the two main potato producing areas in Heilongjiang Province. Set up recommend fertilization treatment by nutrient expert system (NE), on the basis of NE treatment, no nitrogen fertilizer treatment (NE-N), no phosphate fertilizer treatment (NE-P), and no potassium fertilizer treatment (NE-K). At the same time, the farmer's customary fertilization (FP) and soil testing fertilization (ST) were set up. The potato nutrient expert system were used to study the effect of fertilization on potato yield and nutrient recovery rate. The result showed that the yield of FP treatment by two years reduced by 13.2% compared with NE treatment, the yield of ST treatment reduced by 9.7% compared with NE treatment. Meanwhile, the fertilizer recovery rate of potato under NE treatment, nitrogen recovery rate increased by 1.6 percentage points, phosphate increased by 8.6 percentage points, potassium increased by 8.1 percentage points, compared with FP treatment, nitrogen recovery rate increased by 3.8 percentage points, phosphate increased by 7.3 percentage points, compared with ST treatment. In this study, it was preliminarily believed that nutrient experts' recommendation of fertilization in main potato producing areas of Heilongjiang Province could improve potato yield and fertilizer recovery rate by optimizing the recommended fertilizer application amount and fertilization method.

Keywords: nutrient expert; recommended fertilization; potato; yield; fertilizer recovery rate

(上接第 54 页)

Effects of Nitrogen in Organic Manure Replacing Chemical Nitrogenous Fertilizer on Yield and Nitrogen Use Efficiency in Rice

YANG Zhong-liang¹, LIU Hai-ying¹, DONG Wen-jun², JIANG Hao³, WU Hong-tao¹, YU Yan-min¹, ZHANG Shu-li¹, XU Zhen-hua¹

(1. Institute of Biotechnology, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150028, China; 2. Institute of Crop Cultivation and Farming, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150028, China; 3. Heilongjiang Beidahuang Agriculture Limited Company, Jiamusi 156300, China)

Abstract: In order to the suitable of replacing partial chemical fertilizer with organic fertilizer, field experiments were conducted to investigate the effects of different organic fertilizers on rice yield and nitrogen use efficiency. Five treatments were set up of 30% (M30), 50% (M50), 100% (M100), ratio of organic fertilizer replacing chemical fertilizer, with control application of chemical fertilizer (M0) and no application of N fertilizer (CK). The results showed that with the increase of proportion of organic fertilizer, the nitrogen content decreased continuously during the growth stage of rice. The nitrogen content of plant M0 and M30 was not significant. Spikes number, grains perpanicle and yield of different ratio organic fertilizer replacing chemical fertilizer significantly decreased with the increase of proportion of organic fertilizer, but the grains weight and seed-settling rate were significant increased. Compared with M0 and M30, replacing 30% organic fertilizer replacing chemical fertilizer increased rice yield by 7.87%. Straw nitrogen uptakes, grain nitrogen uptakes, total nitrogen uptakes, NUE and agronomic efficiency of different ratio organic fertilizer replacing chemical fertilizer significantly decreased with the increase of proportion of organic fertilizer. Compared to M0, NUE and agronomic efficiency of M30 treatment significantly increased by 2.26% and 34.85%. Therefore, 30% organic fertilizer replacing chemical fertilizer improve rice yield, nitrogen content of plant and nitrogen use efficiency, and 30% is the appropriate ratio.

Keywords: organic fertilizer replacing chemical fertilizer with equal nitrogenous; rice; yield; nitrogen use efficiency