

陈志龙, 陈杰, 许建平, 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[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 55–57.

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

陈志龙¹, 陈杰², 许建平², 张永春²

(1. 江苏省耕地质量保护站, 江苏南京 210036;

2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏南京 210014)

摘要:通过田间小区试验研究施氮量相等条件下有机肥以不同比例替代化肥氮对小麦生长和氮肥利用率的影响。结果表明, 有机肥: 氮化肥 = 25% : 75% 的处理小麦籽粒产量与单施化肥持平, 显著高于 50% 有机肥替代氮化肥和全有机肥处理。与对照相比, 各施肥处理均能显著改善土壤矿质氮的供应和小麦氮素吸收, 小麦收获时有机肥: 氮化肥 = 25% : 75% 的处理小麦氮累积量显著高于其他处理。25% 有机肥替代氮化肥处理的氮肥利用率和氮肥农学效率分别为 43.8% 和 11.3 kg, 是所有处理中最高的。说明小麦生产上有机肥氮可以在一定范围内部分替代化肥氮。

关键词:小麦; 有机肥; 化肥; 产量; 氮素利用率

中图分类号: S512.062 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0055-03

有机肥与无机肥配合施用是改善土壤氮素有效性的最佳选择, 赵征宇等报道有机氮与无机氮配施比例为 3 : 2, 对土壤氮素矿化与固持、土壤全氮与有机碳的提升以及增加番茄产量较为有利^[1]。孟琳等发现有机氮肥与无机氮肥配施能获得比单施无机氮肥处理更高或相当的稻谷产量, 与单施无机氮肥处理相比, 用 10% ~ 30% 有机肥替代无机氮肥能够显著提高水稻的产量^[2]。范茂攀等报道盆栽等氮量条件下, 与单施化肥相比, 有机肥无机肥配施(有机肥: 无机氮肥 = 4 : 6)显著增加生菜生物量, 促进生菜对氮磷钾养分的吸收, 提高氮肥利用率^[3]。在湖南第四纪红土发育的稻田上开展的连续 6 年的田间定位试验表明, 50% 无机氮肥与 50% 猪粪配合施用处理后期干物质累积和养分吸收充足, 水稻产量最高^[4]。盆栽试验中有机无机肥配施处理的土壤氮素供应动态与水稻吸收利用氮素规律吻合程度最高, 促进了水稻产量、生物量和氮素累积量的增加^[5]。张永春等在小白菜上的研究表明, 在等氮条件下, 有机无机肥料配施处理比单施无机肥料增产 6.3% ~ 33.6%^[6]。本研究通过田间小区试验, 研究等氮条件下有机肥以不同比例替代氮化肥对小麦生长和氮肥利用率的影响, 以期小麦生产上合理施用有机肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验点位于江苏省金坛市西郊后阳镇(31° 74' N,

119° 56' E)。供试土壤为黄棕壤。该地区日平均气温 15.3 ℃, 年平均降水量 1 063.5 mm, 日照率 46%, 年积温 5 418 ℃, 无霜期 228 d。试验开始前供试土壤含有机碳 11.0 g/kg、全氮 1.32 g/kg、碱解氮 30.5 mg/kg、速效磷 6.70 mg/kg、速效钾 91.2 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设计: 不施肥(处理 1); 100% 有机肥(处理 2); 有机肥: 氮化肥 = 50% : 50% (处理 3); 有机肥: 氮化肥 = 75% : 25% (处理 4) 和 100% 氮化肥(处理 5) 等 5 个处理。施氮总量为 120 kg/hm²。供试有机肥为金坛阿波罗生物制品有限公司生产, 化肥分别用尿素、过磷酸钙(P₂O₅ 12%) 和氯化钾。各施肥处理分别扣除有机肥 N、P、K 含量后用尿素、过磷酸钙和氯化钾补足。有机肥和磷、钾肥作基肥一次性施入, 尿素按照基肥: 分蘖肥: 穗肥 = 4 : 3 : 3 分次施入。各处理重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积 30 m², 小区间做埂并用塑料薄膜隔开。供试小麦品种为扬麦 11 号, 直播。

1.3 样品采集

分别于小麦苗期(2011 年 12 月 7 日)、分蘖期(2012 年 3 月 10 日)、拔节孕穗期(4 月 14 日)、扬花期(4 月 25 日)、灌浆期(5 月 18 日)、成熟期(5 月 30 日) 采集 0 ~ 20 cm 的土样, 同时采集 0.6 m² 内的小麦植株地上部样品, 用以计算生物量与氮素吸收累积量。小麦成熟时收获各小区中间预先划定的 2 m × 3 m 收获区, 分别称量麦秆和籽粒的鲜重, 并随机取小样烘干, 以折算产量和吸氮量。

1.4 分析方法

1.4.1 土壤基本理化性状 采用常规方法测定^[7]。

1.4.2 土壤矿质态氮的测定 新鲜土壤充分混匀, 过 2 mm 筛后准确称取 12 g (相当于 10 g 风干土样), 放入塑料瓶中, 加入 0.01 mol/L 氯化钙浸提液 100 mL, 盖紧后振荡 1 h, 立即过滤, 润洗后, 将滤液转移到胶卷盒中, -4 ℃ 下保存, 用 BRAN + LUEBBE AutoAnalyzer 3 测定 (Odhammbo, 2001)。同时, 用烘干法测定土壤样品含水量, 折算每 kg 干土所含的

收稿日期: 2013-04-17

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(12)3037]; IPNI 合作项目(编号: JIANGSU-10)。

作者简介: 陈志龙(1964—), 男, 江苏射阳人, 高级农艺师, 主要从事土壤肥料技术与推广工作。E-mail: zealong_algo@yeah.net。

通信作者: 张永春, 研究员, 主要从事耕地保育、测土配方施肥等方面研究。E-mail: yczhang66@sina.com。

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量。

1.4.3 小麦植株吸氮量的测定 小麦植株地上部鲜样在 105 ℃ 杀青 30 min 后, 70 ℃ 烘干 72 h, 称重。粉碎后, 用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消煮, 得到待测液后, 用连续流动分析仪 (CFA AA3, Bran & Luebbe Inc Germany) 测定待测液含氮量, 计算植株含氮量, 同时根据单位面积上地上部干物质重计算植株地上部吸氮量。

1.4.4 氮肥利用率计算公式

氮肥农学效率 (kg/kg) = $\frac{\text{施氮区产量} - \text{未施氮区产量}}{\text{氮肥施用量}}$

1.5 数据处理方法

利用 Microsoft Excel 2003 软件、SPSS 11.0 软件进行图表的编辑和试验数据的方差分析及统计检验。

2 结果与分析

2.1 有机肥替代部分氮化肥对小麦产量及产量结构的影响

小麦的经济学产量因不同施肥处理而异 (表 1)。从表 1 中可以看出: 含有氮化肥的 3 个处理有效分蘖数均比单施有机肥的处理明显提高, 有机肥部分替代氮化肥的 2 个处理分别为 6.3、5.8 个/株, 均低于单施氮化肥的 6.8 个/株。从千粒重看, 有机肥无机氮肥配合施用的处理 3 和处理 4 具有优势, 较单施氮化肥的处理 5 千粒重分别增加 4.0% 和 0.8%, 说明各占 50% 的有机肥无机氮肥配施有助于小麦形成大粒。每穗粒数以单施无机肥的处理最高, 分别比有机肥与无机氮肥配施的处理 3 和处理 4 高 22.9% 和 13.5%, 说明无机氮肥的比例增高有助于形成大穗。在结实率方面, 以不施肥的处理 1 最高, 依次为处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4 > 处理 5, 可能是由于不施肥土壤肥力较低, 养分供应量小, 小麦成熟较早且穗粒数较少, 灌浆充分, 所以结实率较高。随着无机氮肥用量的增加, 小麦的结实率下降。

各施肥处理小麦籽粒产量均比对照提高, 其中处理 4 和处理 5 的产量显著高于另外 3 个处理。说明单施有机肥并不能提高小麦的产量, 必须与氮化肥配合施用才能提高小麦单产。与处理 3 相比, 处理 4 的籽粒产量增加了 30.2%, 说明不同的有机肥与无机氮肥比例也存在有差异, 低比例有机肥 (25%) 处理的小麦产量高于高比例有机肥 (50%) 的处理。

表 1 不同施肥处理小麦产量及产量结构

处理	有效分蘖数 (个/株)	每穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
1	2.6d	31b	95.6a	31.4b	1 972c
2	4.1c	37b	93.8a	37.2a	2 122bc
3	5.8b	48a	90.2ab	41.3a	2 944b
4	6.3a	52a	89.5ab	40.0a	3 833a
5	6.8a	59a	86.3b	39.7a	3 967a

2.2 有机肥部分替代氮化肥对小麦氮累积量的影响

小麦播种后 60 ~ 180 d (分蘖到灌浆期) 这段时间是吸氮的高峰期, 吸氮量约占成熟后总吸氮量的 50%, 因而适时适量补施分蘖肥和穗肥是提高小麦氮素营养的关键。图 1 结果显示, 小麦氮素的累积因不同施肥处理而异, 播种到拔节期单施无机氮肥的处理 5 小麦氮累积量一直最高, 并且显著高于高比例有机肥 (50%) 替代无机氮肥的处理。拔节期以后直

到成熟期, 低比例有机肥 (25%) 替代无机氮肥的处理 4 氮累积量最高, 并且成熟期 (201 d) 处理 5 与处理 3 的氮累积量没有显著性差异, 分别为 100.6 kg/hm² 和 105.7 kg/hm², 分别较处理 4 低 11.5% 和 6.1%。单施有机肥的处理由于前期有效氮供应量低, 导致小麦分蘖数少, 进而小麦的有效成穗数低, 使得该处理最终的生物学产量较低, 到成熟期 (201 d) 时处理 2 的氮素累积量为 80.2 kg/hm², 只有处理 4 的 71.6%。

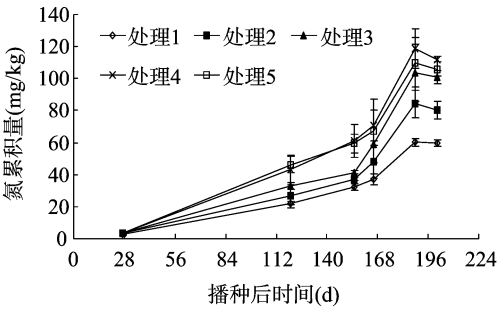


图 1 小麦地上部氮累积量

2.3 有机肥部分替代氮化肥对土壤供氮特征的影响

麦田土壤矿质氮含量及其变化直接影响小麦生长发育时的氮素营养状况。对小麦全生育期麦田土壤铵态氮的测定结果表明, 施用分蘖肥后所有施肥处理土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量都较高 (图 2 - a), 其中以低比例有机肥的处理 4 土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量最高, 达到 10.9 mg/kg; 而处理 3 和处理 5 分别为 9.4、9.7 mg/kg, 较处理 4 分别低了 16%、12.4%, 达到显著性差异。到了分蘖盛期, 土壤中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量下降到施肥后 1/3 的水平, 处理 3、处理 4、处理 5 已经没有差异。小麦开花期, 施用有机肥部分替代氮化肥的处理土壤溶液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量和单施氮化肥处理相当, 处理 3、处理 4 和处理 5 土壤溶液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量分别为 2.6、3.0、2.8 mg/kg, 较单施有机肥的处理分别高 44.4%、66.7%、55.6%; 但到了灌浆期施肥的 4 个处理没有差异, 说明有机肥的施入可以维持土壤氮素的稳定供应。

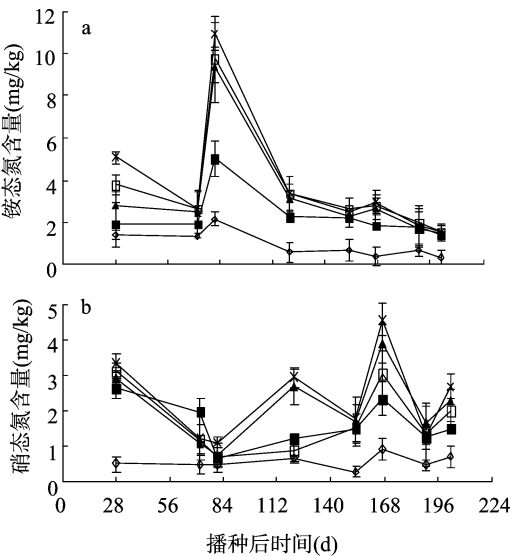


图 2 小麦各生育期土壤溶液中铵态氮和硝态氮含量变化

小麦生育前期土壤溶液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 总含量低于

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (图 2-b), 其变化趋势与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 相似, 但滞后于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的变化, 尤其在施用分蘖肥之后, 田间土壤水分含量较高, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 未能快速转化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。但随着气温升高, 田面落干, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 向 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 转化的速度加快, 土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量开始超越 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的含量。从拔节期到成熟期土壤中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量一直高于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 。72 d 时单施有机肥的处理的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量较所有处理高, 可能与有机肥氮的转化有关。开花期, 不同处理土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量差异较大, 有机肥部分替代无机氮肥的处理 3 和处理 4 分别较单施无机氮肥的处理 5 高 30%、53.3%, 这是由于施用穗肥后, 天气晴朗, 氮素形态转化活跃。其他时期 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量均较低, 并且差异较小。全生育期不施肥处理的土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量一直显著低于其他施肥处理。

2.4 有机肥部分替代氮肥对氮肥利用率的影响

小麦的氮肥利用率因施肥处理不同而异 (表 2)。单施有机肥的处理氮肥利用率仅为 17.2%, 单施化肥的处理氮肥利用率为 38.4%, 比 50% 有机肥替代氮肥处理的 34.2% 高, 但较 25% 有机肥替代氮肥处理的 43.8% 低。

氮肥的农学效率用于评价氮肥施用后增产的效果。比较不同处理的氮肥农学效率后发现, 处理 4 每 kg 氮能生产 11.3 kg 小麦, 处理 5 每 kg 氮能生产 10.8 kg 小麦, 未达到显著性差异。说明有机肥无机氮肥配施对小麦的经济产量与单施无机肥无显著性差异。而处理 4、处理 5 与处理 3 之间达到显著性差异, 每施入 1 kg 氮, 处理 4、处理 5 分别比处理 3 多生产 3.2 kg、2.7 kg 小麦, 分别比处理 3 增产 40% 和 33.3%, 说明有机肥只有合理的比例替代才能提高氮肥的籽粒产出量。

表 2 不同处理对小麦氮素利用率的影响

处理	氮肥利用率 (%)	氮农学效率 (kg/kg)
1		
2	17.2c	2.9c
3	34.2b	8.1b
4	43.8a	11.3a
5	38.4ab	10.8a

3 讨论

目前国内外有很多试验涉及到不同比例有机肥无机肥配施对产量的影响, 多数研究者认为并非有机肥所占比例越高越好, 而是存在最佳比例^[8-9]。本试验中 25% 有机肥与 75% 氮化肥配合施用提供给小麦前期生长足够的养分, 保证了小麦分蘖的发生, 为小麦后期的高产打下了良好的基础。而单施有机肥的处理, 尽管施氮量与加入氮化肥的 3 个处理相同, 但由于其养分分解释放十分缓慢, 且绝对量小, 前期氮素营养

供给不足, 影响了小麦分蘖的发生, 最终小麦的经济学产量明显低于 3 个加入氮化肥的处理。

有机肥无机肥配施具有肥效缓而长的特点, 前期氮素供应能力虽不及单施化肥处理, 但随着有机肥腐解释放氮素的增加, 后期水稻氮素的营养状况好于单施化肥处理^[10]。小麦生育前期, 单施氮化肥处理的氮累积量高于有机肥部分替代氮化肥的处理, 这是由于有机肥的施入为土壤微生物提供了大量的碳源, 其活动加剧, 将相当一部分氮固定到体内^[11], 调节了土壤中速效氮的供应, 减少了小麦生育前期氮素在土壤中氮累积。随着生育期的推移, 肥料氮被小麦利用所剩无几时, 土壤微生物体内的氮释放出来供作物吸收和利用^[12], 增加了小麦生育后期对氮素的累积, 使得成熟时 25% 有机肥替代化肥氮处理的氮素累积量高于单施氮化肥处理, 从而提高了氮肥的利用率。本研究结果可为苏南地区小麦生产上利用有机肥部分替代无机氮肥施用提供参考。

参考文献:

- [1] 赵征宇, 孙永红, 赵明, 等. 有机无机肥配施对土壤氮素转化和番茄产量品质的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(1): 208 - 212.
- [2] 孟琳, 张小莉, 蒋小芳, 等. 有机肥料氮替代部分化肥氮对稻谷产量的影响及替代率[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 532 - 542.
- [3] 范茂攀, 汤利, 徐智, 等. 有机无机配施对生菜养分吸收和氮肥利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(1): 89 - 93.
- [4] 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.
- [5] 刘益仁, 李想, 郁洁, 等. 有机无机肥配施提高麦-稻轮作系统中水稻氮肥利用率的机制[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 81 - 86.
- [6] 张永春, 沈其荣, 于杰, 等. 不同形态氮肥对小白菜品质及产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(3): 184 - 188.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.
- [8] 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]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 234 - 240.
- [9] 商跃凤. 有机无机复混肥对水稻氮素利用率的影响[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(3): 262 - 266.
- [10] 李延, 庄卫民, 饶秀庭, 等. 有机无机肥配施对红壤性水稻土生产力和地力培肥的效果研究[J]. 福建农业学报, 1998, 13(增刊): 29 - 34.
- [11] 刘益仁, 郁洁, 李想, 等. 有机无机肥配施对麦-稻轮作系统土壤微生物学特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(5): 989 - 994.
- [12] 朱荣红, 董彩霞, 沈其荣, 等. 配施有机肥提高化肥氮利用效率的微生物作用机制研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 282 - 288.