



张久明,匡恩俊,迟凤琴,等.有机肥替代化学氮肥对小麦叶绿素、叶面积指数及生育指标的影响[J].黑龙江农业科学,2022(6):39-42.

# 有机肥替代化学氮肥对小麦叶绿素、叶面积指数及生育指标的影响

张久明,匡恩俊,迟凤琴,刘亦丹,孙 磊,李伟群,佟玉欣,高中超

(黑龙江省黑土保护利用研究院/农业农村部黑土地保护与利用重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为了明确东北春麦区有机肥替代化学氮肥的最佳用量,本研究采用田间试验,分析有机肥替代化学氮肥减施措施对小麦生长时期叶绿素和叶面积指数及生育指标的影响。结果表明:拔节期小麦叶绿素和 LAI 以全量化学氮肥(N)处理最高,分别为  $46.47 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$  和 1.20。施用有机肥的处理中,50%有机肥替代化学氮肥( $M_1 N_1$ )处理小麦叶绿素最高,25%有机肥替代化学氮肥( $M_2 N_2$ )处理次之,全量有机肥替代化学氮肥(M)处理最低; $M_1 N_1$ 处理和  $M_2 N_2$ 处理小麦 LAI 均为 0.63,较 CK 处理与 M 处理提高了 70.27%,较 N 处理降低了 47.50%。虽然有机肥替代部分化学氮肥没有明显提高小麦叶绿素含量和叶面积指数,但处理后小麦各生育指标均高于 CK 和单施化肥处理,其中  $M_2 N_2$  处理小麦株高、穗粒数、千粒重、地上部分生物量均高于其他处理,说明合理的有机肥和无机肥配施能均衡提高土壤的养分供应,有助于小麦产量提高。

**关键词:**春小麦;有机肥替代化学氮肥;生育指标

自古以来在从事农业生产方面我国就非常重视施用有机肥,有机肥养分含量充足,含有作物生长发育所需要的大量元素、微量元素和植物生长调节剂等活性物质,施用有机肥能够促进作物的生长发育<sup>[1-3]</sup>。许忠兵等<sup>[4]</sup>利用有机肥替代 20% 化肥与 100% 化肥处理相比玉米产量有所提高,原因是适当比例的有机肥替代化肥改善了玉米生育后期养分供应,最大限度地保持绿叶面积,从而增加光合强度,延长灌浆时间,促进光合产物的运输、转移,提高粒重,增加玉米产量。刘兴林<sup>[5]</sup>研究发现在等氮条件下,有机肥替代 20%~40% 化肥,能够降低干物质向秸秆部分运输和转移,减少水稻秸秆部位干物质积累量约 6.1%~6.9%,使当季水稻理论产量提高了 0.9~2.4 百分点。吕凤莲<sup>[6]</sup>采用田间试验方法,结合 DNDC 模型模拟,分析表明有机、无机配合施用后的小麦和玉米各生育指标(穗数、穗粒数、千粒重)均高于 100% 化肥处理,75% 有机肥替代化学氮肥处理的小麦、

玉米及轮作年度的总产量显著高于 100% 化肥处理。李明悦等<sup>[7]</sup>研究表明,鲜食玉米产量、干物质质量、氮养分吸收量及氮肥利用率均以 30% 有机肥替代化肥处理最高,分别为  $17\ 806,9\ 932.1, 114.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和 25.57%。因此,有机、无机肥料合理配施可以促进农作物光合产物的运输、转移,从而提高农作物产量。东北地区合理开展有机肥替代化学肥料,能够在实现保护黑土的基础上提高黑土耕地质量和作物产量。本研究采用田间试验方法,分析有机肥替代化学氮肥处理对小麦叶绿素含量、叶面积指数及生育指标的影响,以期为促进东北春麦区化肥减施提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2019 年在黑龙江省嫩江中储粮北方公司科技园区进行( $125^{\circ}27'5''\text{N}, 49^{\circ}33'35''\text{E}$ )。试验区属中温带大陆性季风气候,多年平均气温为  $-1.4 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ,降水量 450 mm,无霜期 115 d,有效积温  $2\ 150^{\circ}\text{C}$ ;试验地土壤为黑土,厚层粘底,0~20 cm 耕层土壤基本理化性质详见表 1。

### 1.2 材料

供试小麦品种为克春 4 号,由黑龙江省农业科学院克山分院选育。

收稿日期:2022-02-20

基金项目:国家大豆产业体系(CARS-04);黑龙江省产业技术体系;国家重点研发计划项目(2021YFD1500204);水稻土和白浆土质量与产能提升三江示范区项目(XDA28100400);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK 2019CX13)。

第一作者:张久明(1980—),男,博士,副研究员,从事土壤改良与培肥研究。E-mail:zjm\_8049@163.com。

表 1 试验地土壤基本理化性质

有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )	全钾/(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	pH
45.10	2.42	1.04	24.30	183.32	30.71	5.93

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组设计,共设 5 个处理,CK:不施肥处理;M:全量有机肥替代化学氮肥;M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>:50%有机肥替代化学氮肥;M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>:25%有机肥替代化学氮肥;N:全量化学氮肥处理。小区面积 24 m<sup>2</sup>,3 次重复。全量化肥用量为当地小麦种植常规施用量 75.0 kg·hm<sup>-2</sup>,磷肥为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75.0 kg·hm<sup>-2</sup>,钾肥为 K<sub>2</sub>O 37.5 kg·hm<sup>-2</sup>。化肥分别为尿素、过磷酸钙和硫酸钾,3 种化肥均于播种前一次性施用。有机肥为商品有机肥,养分含量为 N 5.05%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2.75%、K<sub>2</sub>O 1.50%,有机质含量 31.2%。有机肥作为基肥播种前一次性施入。有机肥替代化学氮肥 100%、50%和 25%各处理有机肥用量分别为 1 500、750 和 375 kg·hm<sup>-2</sup>,磷钾肥用量为常规用量减去有机肥中磷钾元素含量,保证各施肥处理施入土壤养分含量一致。

克春 4 号小麦播量为 300 kg·hm<sup>-2</sup>,播期为 4 月 8 日,收获期为 8 月 9 日。处理之间除肥料种类不同外,其他栽培管理措施相同。

1.3.2 测定项目及方法 在小麦拔节期选择生长基本一致的小麦植株,采用便携式叶绿素仪测定叶绿素含量;叶面积指数(Leaf Area Index, LAI)。生育指标测定采用常规方法。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 进行数据计算与处理。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对拔节期小麦叶绿素含量的影响

由图 1 可知,N 处理小麦叶绿素含量显著高于其他处理,为 46.47 mg·dm<sup>-2</sup>,较有机无机配施处理 M<sub>1</sub>N<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 分别高出 6.27%和 7.64%。M<sub>1</sub>N<sub>1</sub> 处理小麦叶绿素含量为 43.73 mg·dm<sup>-2</sup>,略高于 M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 处理,两个处理之间没有显著性差异,但同时显著高于 M 处理和 CK 处理。CK 处理小麦叶绿素含量最低,为 39.63 mg·dm<sup>-2</sup>,较 N 处理降低了 14.72%。

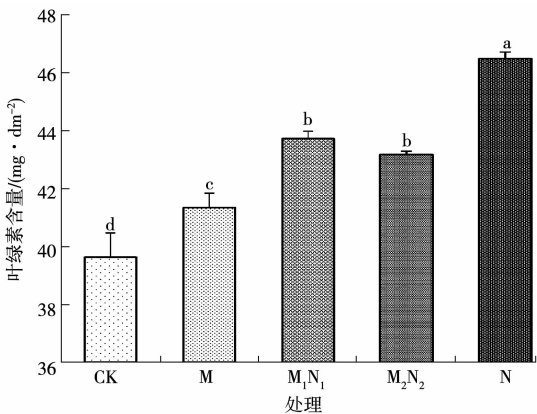


图 1 不同施肥处理对小麦叶绿素含量的影响  
注:不同小写字母代表 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 不同施肥处理对拔节期小麦 LAI 的影响

由图 2 可知,小麦拔节期叶面积指数随施氮量的增加而增加。N 处理小麦 LAI 显著高于其他 4 个处理,为 1.20。CK 处理与 M 处理小麦 LAI 显著低于其他 3 个处理,均为 0.37,较 N 处理降低了 69.17%。M<sub>1</sub>N<sub>1</sub> 处理和 M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 处理小麦 LAI 均为 0.63,较 CK 处理与 M 处理提高了 70.27%,较 N 处理降低了 47.50%。

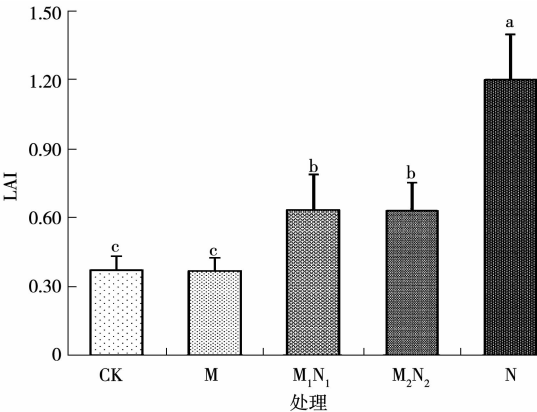


图 2 不同施肥处理对小麦 LAI 的影响

2.3 不同施肥处理对成熟期小麦生育指标的影响

2.3.1 生育指标 由表 1 可知,CK 处理小麦各生育指标均显著低于其他处理。施用化学氮肥的处理 M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 和 N 小麦株高均高于单施有机肥的 M 处理,而有机肥部分替代化学氮肥的 M<sub>1</sub>N<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 处理株高均高于 N 处理,分别为 81.70 和 82.54 cm。M<sub>2</sub>N<sub>2</sub> 处理小麦穗粒数最多,

为31.27个,较N处理提高了2.19%,差异不显著。与CK处理相比较,各施肥处理小麦千粒重均有显著提高,以M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理最高,为33.29 g。有机无机配施的M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理小麦茎叶生物量均显著高于CK和N处理,两个处理之间差异不显著。小麦颖壳生物量以M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理最高,为696.63 kg·hm<sup>-2</sup>,较CK处理增加了41.65%。各施肥处理小麦籽粒产量均高于对照,且随着化

学氮肥施用量的增加而增加,以N处理最高,为4 414.06 kg·hm<sup>-2</sup>,较CK处理增加了24.36%,M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理次之,为4 410.17 kg·hm<sup>-2</sup>,较CK处理增加了24.25%,N处理和M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理之间小麦籽粒产量差异不显著,但同时显著高于其他处理。这说明在东北春小麦区0%~25%有机肥替代化学氮肥有利于小麦增产,有机肥替代化学氮肥过高则会使小麦产量相对全氮肥处理减少。

表1 不同施肥处理对小麦生育指标的影响

处理	株高/cm	穗粒数/个	千粒重/g	茎叶生物量/(kg·hm <sup>2</sup> )	颖壳生物量/(kg·hm <sup>2</sup> )	籽粒产量/(kg·hm <sup>2</sup> )
CK	79.70±1.18 b	21.40±0.60 d	30.92±0.46 b	4363.14±169.66 c	491.78±13.85 b	3549.38±43.71 c
M	80.07±0.32 b	28.93±0.95 c	32.71±0.20 a	5132.19±99.29 b	530.56±21.63 b	3579.01±98.36 c
M <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	81.70±1.37 ab	29.20±0.92 bc	32.95±0.18 a	5290.98±89.15 ab	623.77±24.78 ab	3992.38±129.19 b
M <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	82.54±0.98 a	31.27±0.50 a	33.29±0.20 a	5505.16±103.28 a	696.63±38.47 a	4410.17±44.75 a
N	81.53±1.10 ab	30.60±0.53 ab	33.08±0.30 a	4564.87±106.93 c	686.08±36.34 a	4414.06±73.01 a

注:不同小写字母表示P<0.05水平差异显著。

2.3.2 相关性分析 由表2可知,籽粒产量与株高、穗粒数和千粒重均呈极显著正相关(P<0.01),相关系数均达到0.70以上,说明不同产量构成指标均与小麦籽粒产量之间关系密切。颖壳生物量与籽粒产量、株高、穗粒数和千粒重均呈极显著正相关,相关系数达到0.70以上,说明不同产量构成指标同时与小麦颖壳生物量关系密切。株高与穗粒数和千粒重均呈显著正相关。穗粒数和千粒重之间呈极显著正相关,相关系数达到0.93,说明小麦各产量构成指标之间具有相互促进作用。

表2 小麦产量与评价指标间相关性分析

项目	籽粒产量	颖壳生物量	茎叶生物量	株高	穗粒数	千粒重
籽粒产量	1	0.96**	0.28	0.70**	0.73**	0.70**
颖壳生物量		1	0.41	0.70**	0.80**	0.80**
茎叶生物量			1	0.50	0.64*	0.71**
株高				1	0.61*	0.59*
穗粒数					1	0.93**
千粒重						1

注:\*表示显著相关(P<0.05),\*\*表示极显著相关(P<0.01)。

3 讨论

在本研究中拔节期小麦叶绿素含量和 LAI

由高到低均为N处理>有机无机配施处理>M处理,说明前期化学氮肥的作用能够促进作物叶面积和叶绿素的增加,同张黛静等<sup>[8]</sup>的研究结果基本一致。李春喜等<sup>[9]</sup>通过研究发现有机肥替代化学氮肥的比例对小麦叶绿素含量具有重要影响。本研究表明,施用有机肥的处理中,M<sub>2</sub>N<sub>2</sub>处理小麦叶绿素最高,M<sub>1</sub>N<sub>1</sub>处理次之,M处理最低。这是因为氮肥在肥料三要素中对小麦光合作用影响最大,在生理方面其对叶片光合能力的影响主要体现在施用化学氮肥能够为土壤肥力带来迅速提升,对促进小麦前期的生长发育效果显著,进而能够直接增加叶片叶绿素含量和参与光合作用酶的活性,还能增加小麦叶片数,增大叶面积,从而增加光合有效面积,提高光合效率,促进小麦干物质累积。师等<sup>[10]</sup>研究结果表明,施氮量对小麦生长特性和产量有显著影响,随着施氮量的增加,西农979和冀麦5265黄绿叶突变体的旗叶面积、SPAD值、叶绿素含量以及穗数、穗粒数、指标均增加。施有机肥和有机与氮配施可以显著提高小麦的穗粒数和公顷穗数、提高小麦产量。本研究结果表明,在东北春小麦区0%~25%有机肥替代化学氮肥有利于小麦增产,有机肥替代化学氮肥过高则会使小麦产量相对全氮肥处理减少。

## 4 结论

本研究中,全量化学氮肥(N)处理小麦籽粒产量最高,为  $4\,414.06\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,25%有机肥替代化学氮肥( $M_2N_2$ )处理次之,为  $4\,410.17\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;小麦各产量构成指标均以  $M_2N_2$  处理最高,小麦产量与各产量构成指标呈极显著正相关( $P<0.01$ )。说明 0%~25%有机肥替代化肥增产效果最好,有机肥与化学氮肥相互作用除能够影响土壤肥力,还会改变作物叶片生长发育及叶绿素含量,进而影响光合作用过程,促进了小麦地上部分各器官对土壤养分的吸收分配及各生育指标的增加。

### 参考文献:

- [1] 闫雷,周丽婷,孟庆峰,等. 有机物料还田对黑土有机碳及其组分的影响[J]. 东北农业大学学报,2020,51(5):40-46.
- [2] 李占,丁娜,郭立月,等. 有机肥和化肥不同比例配施对冬小麦-夏玉米生长、产量和品质的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(7):71-77.
- [3] 张丽敏,徐明岗,姜翼来,等. 长期有机无机肥配施增强黄壤

性水稻土有机氮的物理保护作用[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(6):1481-1486.

- [4] 许忠兵,李孝良,胡立涛,等. 化肥有机替代对皖北地区夏玉米生长及产量构成的影响[J]. 安徽科技学院学报,2018,32(3):27-31.
- [5] 刘兴林. 有机无机肥配施对南方双季稻区水稻产量和土壤环境的影响[J]. 广东农业科学,2020,47(3):59-66.
- [6] 吕凤莲. 冬小麦/夏玉米轮作体系有机无机肥配施的农学和环境效应研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [7] 李明悦,金修宽,高伟,等. 有机肥替代部分氮化肥对鲜食玉米产量、干物质和氮吸收的影响[J]. 天津农业科学,2020,26(9):56-60.
- [8] 张黛静,张艳艳,王艳杰,等. 耕层调控与有机肥处理下麦田土壤和小麦冠层结构特性及其相互关系[J]. 应用生态学报,2018,29(2):538-546.
- [9] 李春喜,张令令,马守臣,等. 有机培肥和减施氮肥对小麦光合特性和氮素吸收及产量的影响[J]. 西北植物学报,2017,37(5):943-951.
- [10] 师笋,高斯曼,李彤,等. 施氮量对不同叶绿素含量小麦生长、产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2021,41(9):1134-1142.

## Effects of Organic Fertilizer Replacing Nitrogen Fertilizer on Chlorophyll, Leaf Area Index and Growth Index of Wheat

ZHANG Jiu-ming, KUANG En-jun, CHI Feng-qin, LIU Yi-dan, SUN Lei, LI Wei-qun, TONG Yu-xin, GAO Zhong-chao

(Heilongjiang Academy of Black Soil Conservation & Utilizations/Key Laboratory of Black Soil Protection and Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to determine the optimal amount of organic fertilizer instead of chemical fertilizer in spring wheat area of northeast, the field experiment method was used to analyze the effects of reducing application measures of organic fertilizer instead of chemical nitrogen fertilizer on chlorophyll, leaf area index and growth indexes of wheat during growth period. The results showed that the chlorophyll and LAI of wheat were the highest in the treatment of total chemical nitrogen fertilizer (N) at jointing stage, which were  $46.47\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}$  and 1.20, respectively. In the treatment of applying organic fertilizer, the chlorophyll of wheat was the highest in the treatment of 50% organic fertilizer instead of chemical nitrogen fertilizer ( $M_1N_1$ ), the second higher was the treatment of 25% organic fertilizer instead of chemical nitrogen fertilizer ( $M_2N_2$ ), and the lowest was the treatment of total organic fertilizer instead of chemical nitrogen fertilizer (M); The LAI of wheat in  $M_1N_1$  treatment and  $M_2N_2$  treatment was 0.63, which was 70.27% higher than that of CK treatment and M treatment and 47.50% lower than that in N treatment. Although organic fertilizer replacing part of chemical nitrogen fertilizer did not significantly improve the chlorophyll content and leaf area index of wheat, the growth indexes of wheat after the organic fertilizer replacing part of chemical nitrogen fertilizer were higher than those of CK and single chemical fertilizer treatment, and the plant height, grain number per panicle, 1 000 grain weight, and aboveground biomass of wheat in  $M_2N_2$  treatment were higher than those in other treatments, indicating that reasonable combined application of organic fertilizer and inorganic fertilizer can balance and improve the nutrient supply of soil, it is helpful to improve the yield of wheat.

**Keywords:** spring wheat; organic fertilizer replacing chemical nitrogen fertilizer; growth index