

秸秆还田配施不同用量氮肥对小麦光合特性·产量及土壤养分的影响

徐峰¹, 钟文², 胡昕², 史艳昌¹ (1. 莒县农业农村局, 山东莒县 276599; 2. 山东省种子管理总站, 山东济南 250100)

摘要 以小麦品种烟农 999 为研究对象, 在前茬玉米秸秆全量还田条件下, 分别设置施 N 0 kg/hm² (处理 T1)、70 kg/hm² (处理 T2)、140 kg/hm² (处理 T3)、210 kg/hm² (处理 T4)、280 kg/hm² (处理 T5) 共 5 个施氮水平, 研究不同处理对小麦光合特性、产量及土壤养分的影响。结果表明, 随着施氮量增加, 小麦旗叶净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均呈先增加后降低的趋势, 均以处理 T4 最大; 胞间 CO₂ 浓度呈先降低后增加的趋势, 处理 T4 最小。随着施氮量增加, 各处理小麦产量均有所增加, 处理 T4 产量最高。土壤碱解氮和有效磷含量均随着氮肥施用量的增加呈逐渐增加的趋势, 速效钾和有机质含量均随着氮肥施用量的增加呈先增加后降低的趋势, 且处理 T4 的速效钾和有机质含量均最高。综合考虑认为, 试验条件下秸秆还田配施氮肥 210 kg/hm² 可以有效提升小麦光合能力, 提升土壤养分, 提高小麦产量, 效果较好。

关键词 小麦; 秸秆还田; 氮肥; 光合特性; 产量; 土壤养分

中图分类号 S512.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)01-0160-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.043



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Returning Straw into the Field and Applying Different Nitrogen Fertilizers on Photosynthetic Characteristics, Yield and Soil Nutrients of Wheat

XU Feng¹, ZHONG Wen², HU Xin² et al (1. Juxian Agriculture and Rural Affairs Bureau, Juxian, Shandong 276599; 2. Shandong Provincial Seed Management Station, Jinan, Shandong 250100)

Abstract Taking wheat variety Yannong 999 as the research object, under the condition that the previous crop of corn stalks were fully returned to the field, nitrogen application was set to 0 kg/hm² (treatment T1), 70 kg/hm² (treatment T2), 140 kg/hm² (treatment T3), 210 kg/hm² (treatment T4), 280 kg/hm² (treatment T5) total of 5 nitrogen application levels, in order to study the effects of different treatments on photosynthetic characteristics, yield and soil nutrients of wheat. The results showed that with the increase of nitrogen application rate, Pn, Tr, Gs of wheat flag leaf all showed a trend of first increasing and then decreasing, with treatment T4 being the largest; Ci showed a trend of first decreasing and then increasing, and the treatment T4 was the smallest. With the increase of nitrogen application rate, the yield of wheat in each treatment increased, and the yield of treatment T4 was the highest. The contents of soil alkali-hydrolyzable nitrogen and available phosphorus showed a gradual increase trend with the increase of nitrogen fertilizer application, and the content of available potassium and organic matter showed a trend of first increase and then decrease with the increase of nitrogen fertilizer application, and treatment T4 of available potassium and organic matter content were the highest. Based on comprehensive considerations, under the experimental conditions, returning straw into the field and applying nitrogen fertilizer 210 kg/hm² could effectively improve the photosynthetic capacity of wheat, improve soil nutrients, and increase wheat yield, the effect was better.

Key words Wheat; Returning straw into the field; Nitrogen fertilizer; Photosynthetic characteristics; Yield; Soil nutrients

作物秸秆中含有 N、P、K、C 等元素, 秸秆还田有利于土壤蓄水保墒、培肥地力, 同时可以起到调节土壤氮素平衡和增产的作用^[1]。秸秆还田是合理和有效利用农田资源、杜绝焚烧秸秆、改善环境的有效措施^[2]。作物秸秆中含有较多的 C 和 N, 还田后会对土壤的氮素以及肥料氮素的有效性产生影响, 并影响作物的生长^[3]。研究指出, 单一秸秆还田不会对提高作物的产量产生明显效果, 这主要是由于土壤氮素供应不足^[4]。小麦是我国主要粮食作物之一, 小麦产量对粮食安全具有重要意义。在小麦生产中, 农户为了追求小麦高产, 不断增加施氮量, 造成肥料利用率低下, 还造成严重的土壤污染问题^[5]。因此, 研究秸秆还田条件下适宜的施氮量对提高肥料利用效率和作物增产具有重要意义。

目前, 已有较多学者对秸秆还田配施氮肥进行了研究。吴裕如等^[6]研究指出, 油菜秸秆还田具有良好的减氮增效作用, 配施 20% 氮肥条件下小麦增产效果显著。成臣等^[7]研究表明, 秸秆还田条件下, 适量配施磷肥和钾肥可以有效发挥磷钾的协同促进效应, 可以实现晚粳稻的高产和高效。宋朝玉等^[8]认为, 长期玉米秸秆还田, 可以明显提高小麦茎、叶、

籽粒中氮含量, 土壤有机质、全氮含量, 小麦籽粒产量增加约 6.31%。崔俊讲等^[9]研究指出, 秸秆还田配施氮肥 180~240 kg/hm² 可以显著提高氮肥的农学利用效率和小麦烟农 999 的产量。秸秆还田配施氮肥会对作物的生长环境、经济效益等产生不同程度的影响, 且在不同地点的应用效果不同^[10]。基于此, 笔者研究了秸秆还田配施不同用量氮肥对小麦光合特性、产量及土壤养分的影响, 以期对山东省农业生产施肥管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2018—2019 年在山东省日照市莒县进行。试验地属暖温带亚湿润季风气候, 年平均气温 12.6℃, 年平均降水量 739.6 mm, 年日照时数平均 2 227.6 h, 年无霜期平均 182 d。试验地土壤为潮褐土, 前茬作物为玉米。播前 0~20 cm 土层深度的土壤基本理化性状: pH 7.24, 有机质 15.18 g/kg, 碱解氮 80.43 mg/kg, 有效磷 12.81 mg/kg, 速效钾 138.76 mg/kg。

1.2 试验材料 供试作物为小麦, 品种为烟农 999。供试肥料: 尿素 (N 46%)、重过磷酸钙 (P₂O₅ 44%)、氯化钾 (K₂O 60%)。

1.3 试验设计 前茬玉米秸秆全量粉碎后还田, 还田量约 6 500 kg/hm²。共设置 5 个处理: T1, 施 N 0 kg/hm²、P₂O₅

作者简介 徐峰(1973—), 男, 山东莒县人, 高级农艺师, 从事农作物新品种、新技术推广应用研究。

收稿日期 2021-08-26; **修回日期** 2021-09-06

75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²; T₂, 施 N 70 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²; T₃, 施 N 140 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²; T₄, 施 N 210 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²; T₅, 施 N 280 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²。所有肥料均一次性基施。小区面积 30 m²(5 m×6 m), 3 次重复, 随机排列。小麦于 2018 年 10 月 8 日播种, 2019 年 6 月 10 日收获。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 小麦旗叶光合特性。在小麦扬花期, 于晴朗天气的 09:30—11:00 采用 SY-1020 植物光合作用测定仪测定小麦旗叶净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i), 均重复 10 次。

1.4.2 小麦产量性状。于小麦成熟期选取各处理中具有代表性的 2 m² 收获面积, 测定小麦穗数; 从中随机选出 30 株测定小麦穗粒数; 将样方内小麦风干、脱粒后, 测定千粒重、产量。

1.4.3 土壤养分。于小麦成熟期各处理采集 5 点 0~20 cm 土样, 将样品混合, 风干后过筛保存, 用于测定土壤养分。参照文献[11]的方法, 碱解氮含量采用碱解扩散法测定, 有效磷含量采用钼锑抗比色法测定, 速效钾含量采用火焰光度法测定, 有机质含量采用重铬酸钾-外加加热容量法测定。

1.5 数据处理 试验数据用 Excel 2010 进行整理, 用 SPSS 20.0 进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小麦光合特性的影响 由表 1 可知, 小麦旗叶净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均随着施氮量增加呈先增加后降低的趋势, 均以处理 T₄ 最大。与处理 T₁ 相比, 处理 T₂~T₅ 的净光合速率分别增加了 12.97%、54.15%、108.46%、90.09%, 蒸腾速率分别增加了 7.81%、64.31%、156.13%、130.48%, 气孔导度分别增加了 12.50%、87.50%、212.50%、162.50%。小麦旗叶胞间 CO₂ 浓度随着施氮量增加呈先降低后增加的趋势, 与处理 T₁ 相比, T₂~T₅ 分别降低了 9.57%、22.33%、26.52%、16.02%。

表 1 不同处理对小麦光合特性的影响

Table 1 Effects of different treatments on photosynthetic characteristics of wheat

处理 Treatment	净光合 速率(P_n) μmol/(m ² ·s)	蒸腾速 率(T_r) mmol/(m ² ·s)	气孔导 度(G_s) mmol/(m ² ·s)	胞间 CO ₂ 浓度(C_i) μmol/mol
T1	12.41 e	2.69 e	0.08 d	179.66 a
T2	14.02 d	2.90 d	0.09 d	162.46 b
T3	19.13 c	4.42 c	0.15 c	139.55 d
T4	25.87 a	6.89 a	0.25 a	132.01 e
T5	23.59 b	6.20 b	0.21 b	150.88 c

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

2.2 不同处理对小麦产量的影响 由表 2 可知, 小麦穗数随着施氮量的增加呈逐渐增加的趋势, 处理 T₅ 最高; 穗粒数和千粒重均随着施氮量的增加呈先增加后降低的趋势, 处理 T₃ 穗

粒数最大, 处理 T₄ 千粒重最大。产量由高到低依次为处理 T₄、T₅、T₃、T₂、T₁, 且处理 T₁、T₂、T₄ 与 T₅ 间差异均达显著水平($P<0.05$), T₃ 与 T₅ 间差异未达显著水平($P>0.05$)。

表 2 不同处理对小麦产量的影响

Table 2 Effects of different treatments on wheat yield

处理 Treatment	穗数 Panicle number 万穗/hm ²	穗粒数 Number of grains per panicle	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield kg/hm ²
T1	414.5 d	39.5 c	40.2 d	6 480.6 d
T2	435.2 c	40.1 b	41.0 c	6 978.2 c
T3	438.6 c	42.2 a	41.4 c	7 197.3 b
T4	457.5 b	41.8 a	43.6 a	7 476.8 a
T5	493.5 a	40.3 b	42.1 b	7 215.7 b

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

2.3 不同处理对土壤养分的影响 由表 3 可知, 土壤碱解氮和有效磷含量均随着氮肥施用量的增加呈逐渐增加的趋势, 但各处理间差异不显著($P>0.05$)。速效钾和有机质含量均随着氮肥施用量的增加呈先增加后降低的趋势, 处理 T₄ 含量均最高。

表 3 不同处理对土壤养分的影响

Table 3 Effects of different treatments on soil nutrients

处理 Treatment	碱解氮 Alkali hydr- olyzed nitrogen mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	有机质 Organic matter g/kg
T1	75.14 a	14.47 a	136.31 b	16.16 a
T2	76.01 a	14.94 a	141.25 b	16.17 a
T3	77.63 a	15.36 a	161.07 a	16.23 a
T4	83.79 a	15.94 a	167.53 a	16.26 a
T5	87.42 a	17.04 a	161.89 a	16.23 a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

3 结论与讨论

光合作用会对作物的生长和产量产生显著影响^[12], 氮肥可对作物的光合特性产生一定的调节作用, 并促进作物增产^[13]。该试验结果表明, 小麦旗叶净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均随着施氮量增加呈先增加后降低的趋势, 均以施氮 210 kg/hm² 最大; 而小麦旗叶胞间 CO₂ 浓度则表现出随着施氮量增加呈先降低后增加的趋势, 且以施氮 210 kg/hm² 时最小。由此可知, 秸秆还田配施氮肥时, 适量减施氮肥有利于改善小麦的光合性能。杨鲤糠等^[14] 研究指出, 小麦新春 31 号和新春 6 号在施氮量 0~275 kg/hm² 时, 旗叶净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均先增后降, 而胞间 CO₂ 浓度则为先降后增, 当施氮量达 300 kg/hm² 时小麦光合性能会显著降低。王金金等^[15] 研究表明, 施氮量为 225 kg/hm² 时小麦西农 979 的旗叶净光合速率、蒸腾速率、气孔导度均达到峰值, 之后随着施氮量增加光合性能降低。分析认为, 适量施氮肥可以促进小麦叶面积增加和叶绿素含量增加, 从而提高光合

能力^[16-17]。但过量施用氮肥会促进小麦穗数增加,由于群体过大,对小麦植株光合作用产生不利影响,导致光合性能降低^[18]。

秸秆还田是一种有机养分的投入,在农业生产中应用较为广泛,可以为作物提供部分氮、磷、钾等养分,改善土壤理化性质,配施适量肥料可以有效促进作物增产^[19]。该试验结果表明,与不施氮肥相比,秸秆还田配施氮肥可以有效促进小麦增产,且以施氮 210 kg/hm² 的产量最高,之后随着施氮量增加产量降低,说明秸秆还田配施氮肥时,适量减施氮肥可以发挥增产效应。此外,小麦穗数随着施氮量的增加呈逐渐增加的趋势,而穗粒数和千粒重均随着施氮量的增加呈先增加后降低的趋势。这表明过量施用氮肥会导致群体变大,对穗部发育产生不利影响,导致穗粒数、粒重降低,最终产量下降。

土壤养分对于作物生产具有重要作用,秸秆还田配施适量氮肥可以有效提高土壤速效养分含量,并提高作物产量^[20]。该试验也得到相同的结论,秸秆还田配施适量氮肥,土壤有效磷、速效钾含量均有不同程度的增加,且在施氮 210 kg/hm² 时有效磷、速效钾含量均达到最高。秸秆还田配施适量的氮肥可以增加土壤有机质含量,有效提升土壤养分库容^[21]。该试验结果也显示,秸秆还田配施适量氮肥,土壤有机质含量得到了不同程度增加,且在施氮 210 kg/hm² 时含量最高。由此可知,秸秆还田配施氮 210 kg/hm² 可以使土壤养分含量增加较多,有利于改良农田土壤。

综上所述,试验地区在秸秆还田条件下配施氮 210 kg/hm² 为最优处理,可以改善小麦的光合性能,提高土壤养分含量,促进小麦增产。

参考文献

[1] 栾天浩,刘云强,高阳,等.不同秸秆还田方式对玉米产量及土壤理化性质的影响[J].东北农业科学,2020,45(6):64-67,77.

(上接第 159 页)

氮肥用量的增加可以提高蔬菜产量和品质,但蔬菜生产中过量施肥不但不能增产还会严重减产^[7]。该试验结果表明,随着氮肥用量的增加,辣椒产量呈先增后降的趋势,这与何志学等^[8]研究结果一致。说明施用氮肥超过一定数量不利于辣椒产量的增加。适宜氮肥用量有利于提高辣椒生长和产量,在该试验条件下,施氮量为 N4 用量下辣椒产量最高。这说明合理地施用氮肥可以有效提高辣椒产量,施氮不足和施氮过量均制约辣椒的高产。

该试验条件下,N2 用量有利于提高辣椒果实氮素含量,氮肥用量不足和过量都不利于辣椒果实氮素含量的提高,说明适宜的氮肥用量同样有利于提高辣椒果实养分含量。

适宜氮肥用量有利于提高辣椒品质。与不施肥处理相比,施氮量为 N2 处理时辣椒维生素 C 含量、可溶性糖含量最高,硝酸盐含量最低。总体而言,适量地补充氮肥有利于提高辣椒品质,施氮不足和施氮过量均制约辣椒品质。这与前人研究结果一致^[9-10]。

- [2] 陈云峰,夏贤格,杨利,等.秸秆还田是秸秆资源化利用的现实途径[J].中国土壤与肥料,2020(6):299-307.
- [3] 张彬,杜妍,钟晓丽,等.松辽平原玉米带秸秆利用与生态环境问题研究[J].玉米科学,2020,28(6):182-186.
- [4] 伍佳,王忍,吕广动,等.不同秸秆还田方式对水稻产量及土壤养分的影响[J].华北农学报,2019,34(6):177-183.
- [5] 李春喜,刘晴,邵云,等.有机物料还田和减施氮肥对小麦氮素利用及经济效益的影响[J].干旱地区农业研究,2019,37(6):214-220.
- [6] 吴裕如,王承,艾亥麦提·艾麦尔江,等.油菜秸秆还田及氮肥减量对夏玉米生长发育及产量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2020,46(6):641-648.
- [7] 成臣,吕伟生,朱博,等.秸秆全量还田下磷钾配施对晚粳稻产量及品质的影响[J].水土保持学报,2020,34(6):244-251.
- [8] 宋朝玉,王圣健,宫明波,等.小麦-玉米周年秸秆还田模式下氮肥利用特征的分析[J].山东农业科学,2020,52(10):113-118.
- [9] 崔俊洪,周明先,张红英,等.秸秆还田条件下不同氮肥用量对冬小麦产量及氮肥利用效率的影响[J].农学学报,2020,10(8):47-51,56.
- [10] 姜丽娜,胡乃月,黄培新,等.秸秆还田配施氮肥对麦田氮素平衡和籽粒产量的影响[J].麦类作物学报,2017,37(8):1087-1097.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [12] 宋晓雯,王国骄,孙备,等.开放式增温对不同耐旱性粳稻光合作用和产量的影响[J].沈阳农业大学学报,2019,50(6):648-655.
- [13] 欧达,冯跃华,许桂玲,等.施氮量和机插密度对钵苗机插杂交水稻叶片光合特性及产量的影响[J].南方农业学报,2019,50(7):1442-1450.
- [14] 杨鲤糠,蒋桂英,祁静玉.减量施氮对滴灌春小麦光合特性和荧光参数的影响[J].新疆农业科学,2020,57(12):2164-2175.
- [15] 王金金,刘小利,刘佩,等.秸秆还田条件下减施氮肥对旱地冬小麦水氮利用、光合及产量的影响[J].麦类作物学报,2020,40(2):210-219.
- [16] 葛君,姜晓君.施氮量对小麦旗叶光合特性、SPAD 值、籽粒产量及碳氮代谢的影响[J].天津农业科学,2019,25(3):1-4.
- [17] 王进斌,谢军红,李玲玲,等.氮肥运筹对陇中旱农区玉米光合特性及产量的影响[J].草业学报,2019,28(1):60-69.
- [18] 薛丽华,赵连佳,孙诗仁.水氮耦合对滴灌冬小麦光合特性、产量及水氮利用效率的影响[J].中国农学通报,2018,34(30):12-19.
- [19] 赵邦青.秸秆还田对耕层土壤理化性质及冬小麦-夏玉米产量的影响[J].安徽农业科学,2020,48(23):198-202.
- [20] 赵凌霄,姜丽娜,马建辉,等.秸秆过腹还田配施氮肥对小麦-玉米周年产量及土壤理化性质的影响[J].河南农业科学,2020,49(11):26-36.
- [21] 赵海成,郑桂萍,靳明峰,等.连年秸秆与生物炭还田对盐碱土壤理化性状及水稻产量的影响[J].西南农业学报,2018,31(9):1836-1844.

综合辣椒产量、养分和品质综合结果,该试验条件下,辣椒氮肥用量在 180~300 kg/hm² 时施用效果最佳。

参考文献

- [1] 李晴,韩玉珠,张广臣.国内外辣椒产业现状与发展趋势[J].湖北农业科学,2009,48(9):2278-2281.
- [2] 徐大兵,周剑雄,邱正明,等.氮肥替代和减施对高山东地辣椒养分吸收和产量与营养品质的影响[J].北方园艺,2019(21):1-6.
- [3] 李海峰,张春梅,刘志刚,等.氮肥用量对设施辣椒产量和经济效益及氮肥利用率的影响[J].新疆农业科学,2019,56(8):1502-1509.
- [4] 刘兆辉,薄录吉,李彦,等.氮肥减量施用技术及其对作物产量和生态环境的影响综述[J].中国土壤与肥料,2016(4):1-8.
- [5] 袁月星,仇美华,陈琳.不同施氮量对辣椒生长·产量及氮肥利用的影响[J].安徽农业科学,2020,48(24):164-166.
- [6] 刘峰.阜南县延秋辣椒生产的思考[J].安徽农学通报,2008,14(16):25-26.
- [7] 张学军,赵莹,陈晓群,等.滴灌施肥中施氮量对两年蔬菜产量、氮素平衡及土壤硝态氮累积的影响[J].中国农业科学,2007,40(11):2535-2545.
- [8] 何志学,颜建明,卢家柱,等.氮肥水平对辣椒产量和品质的影响[J].甘肃农业大学学报,2017,52(1):51-56.
- [9] 吴春燕,宋廷宇,韩玉珠,等.氮肥对辣椒品质的影响[J].北方园艺,2016(2):162-165.
- [10] 张志华,周军,张海清,等.不同施氮量对辣椒产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2016,55(16):4110-4112,4116.