

聊城市茌平区冬小麦氮磷钾肥料利用率研究

刘云¹, 曹娜¹, 孙南¹, 高萌¹, 王闯^{2*}

(1. 聊城市茌平区农业发展服务中心, 山东聊城 252100; 2. 聊城职业技术学院, 山东聊城 252000)

摘要 通过肥料三要素试验, 研究聊城市茌平区当前冬小麦施肥水平的肥效和养分利用效率, 结果表明, 生产 100 kg 冬小麦经济产量, 氮、磷、钾养分的吸收量分别为 N 2.712~2.965 kg、P₂O₅ 1.291~1.304 kg、K₂O 2.713~2.806 kg; 冬小麦经济系数为 48.932%~50.073%; 冬小麦氮、磷、钾肥的利用率分别为 42.38%、27.15%、54.60%。

关键词 冬小麦; 养分吸收量; 利用率

中图分类号 S512.1⁺1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)11-0117-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Utilization Rate of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer for Winter Wheat in Chiping District, Liaocheng City
LIU Yun, CAO Na, SUN Nan et al (Liaocheng Chiping District Agricultural Development Service Center, Liaocheng, Shandong 252100)

Abstract The fertilizer efficiency and nutrient utilization of winter wheat at current fertilizer level in Liaocheng Chiping District have been studied through the experiment of three factors of fertilizer. The results showed that the fertilizer absorption was 2.712-2.965 kg of N, 1.291-1.304 kg of P₂O₅ and 2.713-2.806 kg of K₂O respectively when 100 kg economic yield winter wheat was produced. The economic coefficients of winter wheat ranged from 48.932% to 50.073%. The utilization of N, P and K in winter wheat were 42.38%, 27.15% and 54.60% respectively.

Key words Winter wheat; Nutrient uptake; Utilization rate

小麦是我国三大粮食作物之一^[1], 是我国提高粮食生产能力、保障国家粮食安全的重要作物。山东省是我国小麦生产第二大省, 小麦常年种植面积和总产量分别约占全国的 14% 和 18%^[2], 其中聊城市茌平区小麦播种面积常年稳定在 5.3 万 hm² 以上, 是“全国粮食生产先进县”。化肥是粮食增产的基础, 世界农业的发展证明化肥是最快、最有效、最重要的增产措施^[3]。但目前我国小麦生产中普遍存在过量施肥现象, 氮肥利用率低于世界同期平均水平 20%~30%^[4], 因此, 实现作物高产和环境保护相协调, 提高化肥利用率是关乎节约资源、保护环境和粮食安全的重要课题^[5-6]。

为探明聊城市茌平区种粮大户中等肥力水平条件下冬小麦氮、磷、钾的肥料利用率, 2019 年秋, 笔者在种粮大户中随机选择中等肥力水平地块, 进行田间冬小麦氮、磷、钾三要素试验, 以期为聊城市茌平区冬小麦高效栽培和减肥增效推广工作提供科学依据。

1 材料与方

1.1 试验地概况 试验地位于聊城市茌平区杜郎口镇刘户掌村张绪猛的亿丰家庭农场, 该地块冬小麦、玉米一年两作, 秸秆还田。试验地土壤肥力状况: 有机质含量 16.73 g/kg, 全氮含量 1.24 g/kg, 碱解氮含量 102.01 mg/kg, 速效磷含量 45.82 mg/kg, 速效钾含量 195.02 mg/kg。

试验地长 74.0 m, 畦宽 4.5 m, 每畦为 1 个处理, 面积为 333 m²。除施肥外, 各处理其他田间管理措施相同。试验于 2019 年 10 月 6 日开始, 2020 年 6 月 5 日结束。

1.2 试验材料 尿素(N 46%), 齐鲁石化公司生产; 过磷酸钙(P₂O₅ 16%), 湖南省石门裕丰化工有限公司生产; 氯化钾(K₂O 60%), 产地加拿大, 由黑龙江倍丰农业生产资料集团有限公司分销。供试冬小麦品种为鲁原 502, 安徽现代种业有限公司生产。

1.3 试验方法 试验设 4 个处理: T₁, 氮磷钾施肥区(NPK); T₂, 无钾施肥区(NP); T₃, 无磷施肥区(NK); T₄, 无氮施肥区(PK)。

底肥为 40% 的氮肥和全部磷钾肥一次性施入, 第二次施肥在冬小麦拔节期(4 月 10 日)前追施剩余 60% 的氮肥。各处理施肥量见表 1。折合氮磷钾施用量分别为 N 210.03 kg/hm², P₂O₅ 75.02 kg/hm², K₂O 75.06 kg/hm²。

1.4 测定项目与方法 收获时每处理内随机选取 3 个样点, 每个样点 5 m², 重复 3 次。测算单位面积穗数, 收获时称量记录鲜重后风干, 脱粒并称量小麦籽粒重量, 分别化验秸秆和籽粒养分, 计算经济系数等。

土壤养分测定方法: 凯氏定氮法^[7]测定全氮; 碱解扩散法^[8]测定碱解氮; Olsen 法^[9]测定速效磷; 醋酸铵浸提火焰光度计法^[10]测定速效钾。

植物体和籽粒中氮磷钾养分测定方法^[11]: H₂SO₄-H₂O₂ 一次消解, 消液用于测定氮磷钾含量。氮含量测定采用凯氏定氮法; 磷含量测定采用钒钼黄比色法^[12]; 钾含量测定采用火焰光度计法。

根据以下公式分别计算氮磷钾养分利用率^[13]:

氮肥利用率 = (氮磷钾施肥区氮吸收量 - 无氮施肥区氮吸收量) / 所施肥料中氮总量 × 100%

磷肥利用率 = (氮磷钾施肥区磷吸收量 - 无磷施肥区磷吸收量) / 所施肥料中 P₂O₅ 总量 × 100%

钾肥利用率 = (氮磷钾施肥区钾吸收量 - 无钾施肥区钾

基金项目 山东省重点研发计划项目(2019GNC21400); 山东省高校优秀青年创新团队发展计划。

作者简介 刘云(1982—), 男, 山东茌平人, 农艺师, 从事基层土肥技术研究与推广工作。* 通信作者, 副教授, 硕士, 从事植物营养与栽培生理研究。

收稿日期 2022-05-26

吸收量)/所施肥料中 K_2O 总量 $\times 100\%$

施氮量和氮吸收量均用 N 表示,施磷量和磷吸收量均用 P_2O_5 表示,施钾量和钾吸收量均用 K_2O 表示。

表 1 各处理施肥量

Table 1 Fertilization amount of each treatment

施肥次序 Fertilization sequence	处理 Treatment	施肥量 Fertilizing amount/ kg/hm^2		
		N	P_2O_5	K_2O
第一次施肥 (基肥) The first fertilizer	T ₁	84.04	75.02	75.06
	T ₂	84.04	75.02	0
	T ₃	84.04	0	75.06
	T ₄	0	75.02	75.06
第二次施肥(追肥) The second fertilizer	T ₁	125.99	0	0
	T ₂	125.99	0	0
	T ₃	125.99	0	0
	T ₄	0	0	0

1.5 数据处理 采用 SPSS 20.0 软件对试验数据进行统计分析,采用 WPS Excel 制图。

2 结果与分析

2.1 冬小麦茎叶和籽粒养分含量 植物体内养分含量可以反映植物对养分的吸收能力和养分利用效率^[14]。由表 2 可知,不同施肥处理对冬小麦茎叶中氮磷钾含量存在影响。N 含量方面,T₃ 处理最高,为 0.753%,显著高于另外 3 组处理 ($P<0.05$),T₄ 处理含量最低,为 0.706%,较另外 3 组处理显著偏低; P_2O_5 含量方面,T₁ 处理含量最高,为 0.494%,显著高于另外 3 组处理,T₂、T₃、T₄ 处理间差异不显著 ($P>0.05$); K_2O 含量方面,T₃ 处理含量最高,为 2.237%,显著高于 T₁ 和 T₂ 处理;T₂ 处理最低,为 2.188%,显著低于另外 3 组处理。

表 2 不同处理冬小麦茎叶内氮磷钾养分含量

Table 2 Contents of nitrogen, phosphorus and potassium in stems and leaves of winter wheat under different treatments 单位:%

处理 Treatment	N	P_2O_5	K_2O
T ₁	0.721 \pm 0.022 b	0.494 \pm 0.015 a	2.229 \pm 0.036 b
T ₂	0.725 \pm 0.022 b	0.486 \pm 0.017 b	2.188 \pm 0.032 c
T ₃	0.753 \pm 0.029 a	0.480 \pm 0.019 b	2.237 \pm 0.031 a
T ₄	0.706 \pm 0.024 c	0.484 \pm 0.020 b	2.234 \pm 0.032 ab

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

施肥对植物体内氮磷钾等元素含量存在影响^[15]。由表 3 可知,不同处理冬小麦籽粒中氮磷钾养分含量略有差异。N 含量方面,T₄ 处理冬小麦籽粒含量为 1.998%,显著低于另外 3 组处理,T₁、T₂、T₃ 处理间差异不显著; P_2O_5 含量方面,T₁ 处理含量为 0.801%,显著低于另外 3 组处理,T₂、T₃、T₄ 处理含量在 0.809%~0.816%,且 3 组处理间差异不显著; K_2O 含量方面,T₂ 处理含量最低,为 0.517%,显著低于另外 3 组处理,T₁、T₃、T₄ 处理含量在 0.549%~0.558%,3 组处理间差异不显著。

2.2 冬小麦单位产量养分吸收量 研究作物养分吸收量对施肥具有指导意义^[16]。由表 4 可知,T₃ 处理经济系数最高,为 50.073%,T₂ 处理经济系数最低,为 48.932%,各处理差异

不显著 ($P>0.05$)。不同处理下,生产 100 kg 小麦籽粒,氮磷钾的吸收量不同。N 吸收量方面,T₃ 处理吸收量为 2.965 kg,显著高于另外 3 组 ($P<0.05$),T₄ 处理最低,为 2.712 kg,显著低于另外 3 组处理;不同处理对 P_2O_5 吸收量影响不显著,吸收量在 1.291~1.304 kg; K_2O 吸收量方面,T₄ 处理最高,为 2.806 kg,显著高于另外 3 组处理,T₂ 处理最低,为 2.713 kg,显著低于另外 3 组处理。

表 3 不同处理冬小麦籽粒中氮磷钾养分含量

Table 3 Nutrient contents of nitrogen, phosphorus and potassium in winter wheat grains under different treatments 单位:%

处理 Treatment	N	P_2O_5	K_2O
T ₁	2.185 \pm 0.042 a	0.801 \pm 0.027 b	0.552 \pm 0.027 a
T ₂	2.194 \pm 0.037 a	0.816 \pm 0.021 a	0.517 \pm 0.019 b
T ₃	2.213 \pm 0.032 a	0.809 \pm 0.025 a	0.549 \pm 0.012 a
T ₄	1.998 \pm 0.034 b	0.813 \pm 0.024 a	0.558 \pm 0.018 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

表 4 不同处理冬小麦氮磷钾养分吸收量 (100 kg 产量)

Table 4 Nutrient uptake of nitrogen, phosphorus and potassium of winter wheat under different treatments (100 kg yield)

处理 Treatment	经济系数 Economic coefficient/%	N kg	P_2O_5 kg	K_2O kg
T ₁	49.971 \pm 3.421 a	2.907 \pm 0.201 c	1.296 \pm 0.096 a	2.784 \pm 0.125 b
T ₂	48.932 \pm 2.322 a	2.921 \pm 0.192 b	1.304 \pm 0.101 a	2.713 \pm 0.231 c
T ₃	50.073 \pm 4.423 a	2.965 \pm 0.222 a	1.291 \pm 0.085 a	2.781 \pm 0.204 b
T ₄	49.844 \pm 1.357 a	2.712 \pm 0.187 d	1.301 \pm 0.051 a	2.806 \pm 0.169 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

2.3 氮磷钾肥料利用率 提高肥料利用率是实现化肥减量增效的有力措施^[17]。由表 5 可知,不同施肥处理对冬小麦经济产量影响不同。T₁ 处理经济产量最高,为 9 498.09 kg/hm²,显著高于另外 3 组处理 ($P<0.05$),T₄ 处理经济产量最低,为 6 899.46 kg/hm²,与另外 3 组处理差异显著;当季肥料氮、磷、钾的养分利用率分别为 42.38%、27.15%、54.60%。

表 5 不同处理冬小麦经济产量及氮磷钾肥料利用率

Table 5 Economic yield of winter wheat and utilization rate of nitrogen, phosphorus and potassium in different treatments

处理 Treatment	经济产量 Economic yield/ kg/hm^2	肥料利用率 Fertilizer utilization rate/%		
		N	P_2O_5	K_2O
T ₁	9 498.09 \pm 122.09 a	42.38	27.15	54.60
T ₂	8 238.93 \pm 101.62 b			
T ₃	8 082.39 \pm 110.06 b			
T ₄	6 899.46 \pm 82.71 c			

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

3 结论与讨论

肥料利用率受施肥水平、土壤肥力水平、管理水平、植物生长状况、气候条件等多种因素的影响^[18-19]。一般随施肥水

平的升高,肥料利用率呈降低趋势^[20]。通过该次肥料三要素试验,明确了聊城市茌平区常规施肥水平下,冬小麦氮、磷、钾肥的利用率分别为 42.38%、27.15%、54.60%,超过全国小麦氮、磷、钾肥利用率水平^[21]。该试验结果表明生产 100 kg 冬小麦经济产量需氮、磷、钾养分分别为 N 2.712~2.965 kg、P₂O₅ 1.291~1.304 kg、K₂O 2.713~2.806 kg,较李健敏等^[3]的研究结果高,原因可能是研究范围不同,不同地块肥力水平、施肥特性存在差异。该试验冬小麦经济系数为 48.932%~50.073%,高于高产田经济系数 45% 的理论指标^[22]。

综合来看,聊城市茌平区冬小麦肥料施用较为科学,氮、磷、钾肥利用率处于国内较高水平,冬小麦经济系数高于高产田理论指标。受条件所限,该试验未考虑试验地秸秆还田情况,关于秸秆还田对肥料利用率的影响需做进一步研究。

参考文献

- [1] 黄明,王朝辉,罗来超,等. 垄覆沟播及施肥位置优化对旱地小麦氮磷钾吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2018,24(5):1158-1168.
- [2] 于克俭,张海军,蒋方山. 山东省小麦生产成本收益分析与展望[J]. 农业展望,2021,17(10):116-122.
- [3] 李健敏,赵庚星,李涛,等. 山东省小麦施肥特征与评价[J]. 中国农业科学,2018,51(12):2322-2335.
- [4] 闫湘,金继运,梁鸣早. 我国主要粮食作物化肥增产效应与肥料利用率[J]. 土壤,2017,49(6):1067-1077.
- [5] 王激清,马文奇,江荣凤,等. 我国水稻、小麦、玉米基肥和追肥用量及比例分析[J]. 土壤通报,2008,39(2):329-333.
- [6] 金继运,李家康,李书田. 化肥与粮食安全[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):601-609.

- [7] 邹长明,李孝良,陈世勇,等. 土壤肥科学实验指导书[M]. 合肥:合肥工业大学出版社,2019.
- [8] 侯建伟,邢存芳,杨莉琳. 土壤碱解氮测定方法优化改革[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(7):45-49.
- [9] 许雪皎,李复琴,邓军,等. Olsen 法测定蔗区土壤有效磷影响因素研究[J]. 中国糖料,2020,42(3):37-42.
- [10] 李娟娟. 氮磷钾配施对陕北沙地春玉米产量及氮效率的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [11] 陶曙华,龚浩如,陈祖武,等. 苗雪雪. 测定植物中全钾提取方法的改进[J]. 湖南农业科学,2018(2):76-77,80.
- [12] 赵平娟,张丙春,王磊,等. 钼钒黄比色法测定食品中的磷含量[J]. 山东农业科学,2009,41(2):97-98.
- [13] 邵蕾,王丽霞,张民,等. 控释肥类型及氮素水平对氮磷钾利用率的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(4):170-175.
- [14] 何芸雨,郭水良,王喆. 植物功能性状权衡关系的研究进展[J]. 植物生态学报,2019,43(12):1021-1035.
- [15] 黄晓萌. 基于作物产量反应的长江流域冬小麦养分管理研究[D]. 武汉:湖北大学,2021.
- [16] 何明慧. 氮磷钾配施对粉葛产量与品质的影响[D]. 南宁:广西大学,2020.
- [17] 张田野. 化肥零增长行动实施效果及问题研究[D]. 北京:中国农业科学院,2020.
- [18] 杨明. 旱地保护性耕作对土壤水肥特征与作物产量的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [19] 刘国利,姚海燕,张行鹏,等. 黄河三角洲典型麦田氮磷钾肥料利用率研究[J]. 安徽农业科学,2021,49(13):163-164.
- [20] 韩雪,曲梅,李银坤,等. 不同施肥水平对温室番茄生长、氮吸收及产量品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2021(2):162-169.
- [21] 农业部:我国主要农作物肥料利用率达 33% [J]. 云南农业,2013(12):75.
- [22] 李均先,李希鹏,王晓彦,等. 冬小麦小叶型与经济系数及超高产的关系[J]. 山东农业科学,2005,37(2):15-16.

(上接第 108 页)

袭,旅游业发展严重受损,综合关联度降至最低水平,旅游系统成为影响两系统协调发展的主要因素。重庆市旅游业与现代农业耦合协调发展需发挥旅游业带动作用,加强旅游业的高质量发展,从而推动农业农村现代化发展。

参考文献

- [1] 张辉,岳燕祥. 全域旅游的理性思考[J]. 旅游学刊,2016,31(9):15-17.
- [2] SANCHES-PEREIRA A, ONGUGLO B, PACINI H, et al. Fostering local sustainable development in Tanzania by enhancing linkages between tourism and small-scale agriculture [J]. Journal of cleaner production, 2017, 162:1567-1581.
- [3] CAI J N, LEUNG P S, MAK J. Tourism's forward and backward linkages [J]. Journal of travel research, 2006, 45(1):36-52.
- [4] GAL Y, GAL A, HADAS E. Coupling tourism development and agricultural processes in a dynamic environment [J]. Current issues in tourism, 2010, 13(3):279-295.
- [5] 夏杰长,徐金海. 中国旅游业与农业融合发展的实证研究[J]. 经济与管理研究,2016,37(1):77-83.
- [6] 丁雨蓬,马大全. 旅游业与现代农业融合路径实证研究:以芜湖大浦乡村世界为例[J]. 中国农学通报,2012,28(14):157-163.
- [7] 唐书转. 基于产业融合视角的河南休闲农业旅游资源开发[J]. 中国农业资源与区划,2016,37(3):221-224.
- [8] 方世敏,王海艳. 基于系统论的农业与旅游产业融合:一种粘性的观点[J]. 经济地理,2018,38(12):211-218.
- [9] 王琪延,徐玲. 基于产业关联视角的北京旅游业与农业融合研究[J]. 旅游学刊,2013,28(8):102-110.

- [10] 杨红. 生态农业与生态旅游业耦合机制研究:以三峡库区为例[D]. 重庆:重庆大学,2009.
- [11] 袁中许. 乡村旅游与现代农业耦合的动力效应及发展趋向[J]. 旅游学刊,2013,28(5):80-88.
- [12] 张英,陈俊合,熊焰. 旅游业与农业耦合关系研究及实证:以湖南省张家界市为例[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版),2015,35(6):109-113.
- [13] 周蕾,段龙龙,王冲. 农业与旅游产业融合发展的耦合机制:以四川省为例[J]. 农村经济,2016(10):40-45.
- [14] 王丽芳. 山西省农业与旅游业融合的动力机制与发展路径[J]. 农业技术经济,2018(4):136-144.
- [15] 周贵平. 江苏省生态农业与生态旅游业耦合研究[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(4):226-231.
- [16] 张璐,张妍. 基于灰色系统理论的生态农业与生态旅游业耦合协调度测算分析:以湖南省为例[J]. 生态经济,2020,36(2):122-126,144.
- [17] 刘圣欢,杨砚池. 现代农业与旅游业协同发展机制研究:以大理市银桥镇为例[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2015,54(3):44-52.
- [18] 曹兴华. 基于耦合模型的民族地区农业生态旅游与农业经济协调发展研究:以四川省甘孜藏族自治州为例[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(8):205-210.
- [19] 毛艳. 西部地区现代农业与旅游业的耦合协调关系分析[J]. 南方农业学报,2020,51(3):712-721.
- [20] 鲁春阳,文枫,张宏敏,等. 基于改进 TOPSIS 法的河南省农业现代化发展水平评价[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(1):92-97.
- [21] 赵书虹,白梦,阮梦枝,等. 云南省旅游资源与生态安全协调发展的时空演化特征及障碍因子分析[J]. 地理科学,2021,41(3):493-503.
- [22] 贺祥,林振山,刘会玉,等. 基于灰色关联模型对江苏省 PM_{2.5} 浓度影响因素的分析[J]. 地理学报,2016,71(7):1119-1129.