

施磷量对旱作区小麦产量及氮、磷、钾 利用效率的影响

张 翼,张根峰,曹雯梅
(河南农业职业学院,河南 中牟 451450)

摘要: 在豫西丘陵旱作区布置田间试验,设施磷(P_2O_5)0、50、100、150 kg/hm² 4 个水平,研究施磷量对小麦产量及氮、磷、钾利用效率的影响。结果表明:适量磷素能促使小麦产量增加;施磷量在0~150 kg/hm² 时,随着施磷量提高,小麦产量和氮、磷、钾的吸收量均先增加后降低,施磷100 kg/hm² 时均达到最大值,分别为5 803 kg/hm²、146.9 kg/hm²、18.8 kg/hm²、93.8 kg/hm²。施磷量增加,小麦籽粒需磷量总体提高,需氮量、需钾量先降低后增加,氮和钾偏生产力总体提高,磷偏生产力降低。随着施磷量增加,氮、钾利用效率先增加后降低,而磷利用效率下降,但差异不显著。综合来看,豫西丘陵旱作区施磷量为100 kg/hm² 时有利于小麦产量提高及氮、磷、钾的吸收利用。

关键词: 施磷量; 小麦; 产量; 氮、磷、钾利用效率

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)07-0029-04

Effects of Phosphorus Application Amount on Wheat Yield and Use Efficiency of N,P,K in Dryland

ZHANG Yi,ZHANG Genfeng,CAO Wenmei
(Henan Agricultural Vocational College,Zhongmu 451450,China)

Abstract: Field experiments had been conducted in western Henan hilly upland areas,and the effects of P (P_2O_5) application amount(0,50,100,150 kg/ha) on wheat yield and use efficiency of N,P,K were studied. The results showed that the moderate application amount of P could increase the wheat yield;with the increase of P application amount,wheat yield and uptake of N,P,K increased first and then decreased when the P application amount was 0—150 kg/ha,reached the highest value with 5 803 kg/ha,146.9 kg/ha,18.8 kg/ha,and 93.8 kg/ha respectively when the phosphorus application amount was up to 100 kg/ha. With the increase of P application amount,the P demand amount for grains increased,the N,K demand amount for grains decreased first and then increased,N and K partial productivity increased, and P partial productivity decreased;the use efficiency of N,K increased first and then decreased,while P use efficiency decreased,but the difference was not significant. Take together,in western Henan hilly upland area,when P application amount reached 100 kg/ha,wheat yield and nutrient uptake and use increased.

Key words: P application amount; wheat; yield; use efficiency of N,P,K

小麦为磷敏感作物,合理施用磷可以提高产量,过量施用则降低其利用效率,导致小麦无效分蘖及瘪粒增多,降低产量^[1]。刘克礼等^[2]研究表明,小

麦产量与磷素利用效率呈显著正相关。目前,对过量施用磷素对作物生长发育以及产量性状的影响方面的研究报道相对较少。磷素作为作物生长必需的

大量营养元素之一,在提高作物的抗旱性、抗寒性方面有重要作用,同时对于作物体内脂肪、糖等物质的代谢以及含氮化合物和酶的合成等,也具有非常重要的作用^[3-4]。因此,研究磷素不同施用水平对小麦生长发育以及氮、磷、钾吸收利用的影响,对指导农田合理施肥,提高磷肥利用效率和作物产量具有重要意义。关于磷对小麦氮、磷、钾吸收利用的影响,前人进行了很多研究^[5-7],但是由于小麦品种特性、土壤类型、土壤肥力、生态环境条件等方面的影响,研究结果表现出一定的区域差异性。据调查,豫西丘陵旱作区土壤有机质含量一般不足 10 g/kg,有效磷和速效钾含量也低于土壤肥力标准。为此,研究了不同磷素施用水平对豫西丘陵旱作区小麦产量及氮、磷、钾利用效率的影响,旨在探讨旱作小麦生产的适宜施磷量,为旱作区小麦高产、优质、高效栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2012—2013 年在河南科技大学农学院试验田进行,试验地为没有灌溉条件的典型丘陵旱地。该区光热资源充足,年均辐射量 491.5 kJ/cm²,年均气温 14 ℃,日均温通过 10 ℃ 的活动积温 4 500 ℃,日照时数 2 200 h,年蒸发量 2 113.7 mm,无霜期 215~219 d。供试土壤为中壤褐土,耕层土壤有机质平均含量 12.6 g/kg,碱解氮(N) 52 mg/kg,速效磷(P₂O₅) 12.45 mg/kg,速效钾(K₂O) 145.44 mg/kg,容重 1.33 g/cm³。

1.2 试验设计

试验设施磷(P₂O₅) 0、50、100、150 kg/hm² 共 4 个水平,分别命为 P0(CK)、P50、P100、P150,磷肥用过磷酸钙(含 P₂O₅ 为 12.2%)。采用随机区组设计,重复 4 次,小区面积 5 m×10 m。各处理施纯氮(尿素,含 N 46%) 160 kg/hm² 和 K₂O(氯化钾,含 K₂O 60%) 130 kg/hm²。全部肥料在播前做底肥一次施入。供试小麦品种为小偃 54,播种量 135 kg/hm²,2012 年 10 月 2 日播种,2013 年 5 月 29 日收获,小麦整个生育期间田间管理措施与当地农户一致,不灌溉。

1.3 测定项目与方法

- 1.3.1 产量 每小区全部收获,实测产量,并随机选取有代表性的 3 个 1 m 长样段采集地上部植株混合作为样品。取部分茎叶、籽粒、颖壳烘干至恒质量并称质量,用以计算小麦产量和生物量、收获指数。
- 1.3.2 小麦植株全氮、磷、钾含量 收获期植株样

品粉碎过筛,用浓 H₂SO₄ - H₂O₂ 联合消煮,采用流动注射分析仪(瑞典 FIAstar5000)测定全氮和全磷含量,火焰光度计测定全钾含量^[8]。

1.4 计算及统计方法 小麦植株养分总吸收量(kg/hm²) = 施肥区小麦籽粒干质量(kg) × 籽粒养分含量(kg) + 施肥区小麦颖壳干质量(kg) × 颖壳养分含量(kg) + 施肥区小麦叶茎干质量(kg) × 叶茎养分含量(kg); 100 kg 籽粒养分需求量(kg) = 施肥区植株养分总吸收量(kg) × 100/施肥区产量(kg); 养分收获指数(%) = 籽粒中养分积累量/成熟期地上部养分总积累量; 养分偏生产力(kg/kg) = 施肥区籽粒产量/肥料养分投入量; 养分利用效率(kg/kg) = 施肥区籽粒产量/施肥区地上部养分吸收量^[9]。

试验数据用 Excel 2003 和 DPS 3.01 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施磷量对小麦产量及相关指标的影响

由表 1 可知,施用不同水平磷素,对小麦收获期产量影响不同。与不施磷处理相比,施磷量为 100 kg/hm² 处理的小麦生物量、产量、收获指数均达最高值,分别为 13 521 kg/hm²、5 803 kg/hm²、43.02%,与对照相比,分别提高 26.3%、31.4%、4.0%。继续提高磷素施用水平,小麦生物量、产量、收获指数均不再增加。

表 1 施磷量对旱作区小麦产量及相关指标的影响

处理	产量/(kg/hm ²)	生物量/(kg/hm ²)	收获指数/%
P0	4 416c	10 677c	41.35b
P50	5 098b	11 906b	42.82a
P100	5 803a	13 521a	43.02ab
P150	5 461a	13 488a	40.39ab

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

2.2 不同施磷量对小麦氮素养分吸收利用的影响

由表 2 可知,小麦收获期地上部总吸氮量、氮肥偏生产力、氮利用效率均随着施磷量的提高先增加后降低,P100 处理达最大值,分别为 146.9 kg/hm²、36.26 kg/kg、39.7 kg/kg,与对照相比,分别增加 17.8%、31.4%、12.1%。各施磷处理的 100 kg 籽粒需氮量与对照相比显著下降,各施磷处理之间差异不明显。可见,适宜的施磷量(P₂O₅ 100 kg/hm²)能够促进小麦对土壤中氮素的吸收利用,过量施磷(P₂O₅ 150 kg/hm²)则会降低土壤中氮素的吸收利用。

表 2 施磷量对旱作区小麦氮素养分吸收利用的影响

处理	总吸氮量/ (kg/hm ²)	氮收获指数 /%	氮偏生产力 /(kg/kg)	100 kg 籽粒需 氮量/kg	氮利用效率 /(kg/kg)
P0	124. 7b	78. 4ab	27. 60c	2. 82a	35. 4b
P50	134. 1ab	79. 3a	31. 86b	2. 63b	38. 3a
P100	146. 9a	78. 4ab	36. 26a	2. 53b	39. 7a
P150	145. 1a	76. 8b	34. 13a	2. 66b	38. 6a

2.3 不同施磷量对小麦磷素养分吸收利用的影响

由表 3 可以看出,小麦植株总吸磷量和 100 kg 籽粒需磷量均随施磷量增加先增加后降低,P100 处理均达最大值,分别为 18.8 kg/hm² 和 0.32 kg,与

对照相比,提高 46.9% 和 18.5%。磷偏生产力随着施磷水平的增加显著下降,而磷利用效率以及收获指数受施磷水平影响不明显。

表 3 施磷量对旱作区小麦磷素养分吸收利用的影响

处理	总吸磷量/ (kg/hm ²)	磷收获指数/%	磷偏生产力/ (kg/kg)	100 kg 籽粒需 磷量/kg	磷利用效率/ (kg/kg)
P0	12. 8b	87. 5a		0. 27b	345. 3a
P50	14. 9b	87. 1a	101. 96a	0. 29ab	342. 2a
P100	18. 8a	87. 0a	58. 03b	0. 32a	310. 8a
P150	18. 6a	83. 2b	36. 41c	0. 31a	301. 7a

2.4 不同施磷量对小麦钾素养分吸收利用的影响

由表 4 可知,小麦成熟期地上部总吸钾量、钾偏生产力均随施磷量提高先增加后降低,P100 处理最高,与对照相比,分别增加 27.3% 和 31.4%。钾收获指数和钾利用效率也是随施磷量提高先增加后降

低,P50 处理达最高值,分别较对照增加 9.9% 和 8.7%。当施磷量由 P0 提高到 P50 时,100 kg 籽粒需钾量降至 1.54 kg;当施磷量由 P50 提高到 P150,100 kg 籽粒需钾量增加,但变化不显著。

表 4 施磷量对旱作区小麦钾素养分吸收利用的影响

处理	总吸钾量/ (kg/hm ²)	钾收获指数/ %	钾偏生产力/ (kg/kg)	100 kg 籽粒需 钾量/kg	钾利用效率/ (kg/kg)
P0	73. 7b	23. 3b	33. 97c	1. 67a	59. 9b
P50	78. 3b	25. 6a	39. 22b	1. 54b	65. 1a
P100	93. 8a	25. 5a	44. 64a	1. 62ab	61. 7ab
P150	93. 1a	24. 6ab	42. 01a	1. 70ab	58. 7ab

3 结论与讨论

施磷可以增强作物抗性,促进根系发育,增强吸收水分、养分的能力^[10-11]。在含磷量不足的土壤或大量施用氮肥情况下,施用适量磷肥可显著提高小麦籽粒产量及肥料利用效率^[12-13]。由此可知,通过施用适宜的磷肥能够使小麦产量增加,但是小麦产量增加的原因是由于生物产量的提高,并不是因为干物质向籽粒的转移和分配的增加。因此,在旱作区小麦高效施肥的关键技术之一就是根据土壤的磷素供应特性,确定适宜的施磷量。

关于不同的磷素施用量对小麦氮素养分的吸收利用,目前许多学者的研究结果并不一致。有些学者认为,施磷对小麦氮含量无影响^[11];而有些人则指出,施磷量与氮素利用效率呈负相关^[14]。张睿等^[10]研究认为,在一般肥力水平地区适当提高磷肥

用量,籽粒氮含量提高,而过度使用磷肥,则不利于籽粒中氮的积累。本试验施磷(P₂O₅)量为 50~100 kg/hm² 时,小麦地上部植株吸氮量明显增加,施磷(P₂O₅)量 100 kg/hm² 时达最大值,为 146.9 kg/hm²,比不施磷对照增加 17.8%。进一步提高施磷量,吸氮量不再提高。因此,根据土壤肥力情况,进行氮肥、磷肥合理配施,是提高旱作区小麦氮肥利用效率的有效途径。

随着施磷量的提高,小麦植株地上部磷素吸收量增加,而施磷量提高到 150 kg/hm² 时,则抑制其进一步提高。含磷量低的土壤上,增施磷肥可以增加小麦对磷的吸收,施磷量与磷吸收量呈显著正相关^[11]。因而,可以明显地看出,在豫西丘陵旱作区,适宜的施磷量可以提高小麦植株对磷素的吸收,而过量施磷时,磷素的累积量反而会大大降低。

(下转第 47 页)

- [6] 张桂直,马峙英,刘占国,等. 陆地棉基因型间竞争对产量及构成因素的影响[J]. 华北农学报,1996,11(2):33-37.
- [7] 何团结. 我国棉花转基因目标性状研究进展及其利用[J]. 中国农业科技导报,2005,7(6):20-25.
- [8] 熊格生,唐海明,陈金湘. 中国转基因抗虫棉的研究利用现状及发展对策[J]. 中国农学通报,2006,22(5):193-197.
- [9] 汤建. 棉花花铃期影响铃重的因素及提高技术[J]. 现代农业科技,2014(7):67-68.
- [10] 林海. 新疆北疆棉花超高产栽培技术指标研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [11] 王民. 美国农作物品种培育和改良技术现状(二)[N]. 农民日报,2001-07-05(6).
- [12] Carolskelly. 2011—2012 年美国的供应与需求前景[C]//中国棉花学会. 2011 年中国国际棉花会议论文集,北京:中国农业出版社,2011:16-25.
- [13] 韩祥铭,刘英欣,吕建华,等. 陆地棉主要经济性状的遗传相关分析[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2003,34(1):50-53.
- [14] 李成奇,郭旺珍,张天真. 衣分不同陆地棉品种的产量及产量构成因素的遗传分析[J]. 作物学报,2009,35(11):1990-1999.
- [15] 齐子杰,陈荣江. 高产棉花植株形态性状及产量构成因素选育模式的探讨[J]. 河南农业科学,2010(1):32-35.
- [16] 曹雯梅,刘松涛,王汉民. 常规棉与杂交棉产量构成因素的偏相关和通径分析[J]. 中国种业,2006(10):35-36.
- [17] 李新裕,陈玉娟,闫志顺. 不同株行距配置棉铃的发育特点和产量构成因素研究[J]. 新疆农业科学,2000(5):193-195.
- [18] 宋继辉,胡守林,万素梅. 不同类型土壤棉花产量构成因素及棉铃空间分布研究[J]. 中国棉花,2009,36(3):17-19.
- [19] 袁钧,郝秀忍,孙振纲,等. 旱地棉花产量构成因素的通径分析[J]. 华北农学报,1994,9(1):7-11.
- [20] 曹雯梅. 高产杂交棉数量性状间关系的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2010.
- [21] 范万发,校百才. 陆地棉品种主要性状选择趋向分析[J]. 江西棉花,1995(3):13-16.
- [22] 张金发,刘金兰,孙济中. 棉花育种对湖北棉花产量的贡献及品种性能演变趋势分析[J]. 湖北农业科学,1993(7):1-5.

(上接第31页)

杜承林等^[11]研究证明,在低磷的土壤上,施磷可以促进小麦对钾素的吸收,磷、钾吸收量间的相关系数为 0.739 5^{*}。本试验中,磷用量为 50 ~ 100 kg/hm²时,小麦植株地上部钾素吸收量显著增加,而磷肥的施用量达到 150 kg/hm²时,则会抑制钾素吸收量的进一步提高。因此,适宜的磷施用量可促进小麦植株对土壤中钾素的吸收累积,过量则抑制其吸收。

综合来看,豫西丘陵旱作区施磷量为 100 kg/hm²时有利于小麦产量提高及氮、磷、钾的吸收利用。

参考文献:

- [1] 郭中义,张少泽,易玉林,等. 不同土类施用氮磷钾对优质小麦产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2003,31(4):670-671.
- [2] 刘克礼,高聚林,张永平,等. 春小麦氮、磷、钾三要素利用率的研究[J]. 麦类作物学报,2003,23(3):103-106.
- [3] 林德喜,胡锋,范晓晖,等. 长期施肥对太湖地区水稻土磷素转化的影响[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(4):453-456.
- [4] 丁玉川,陈明昌,程滨,等. 作物磷营养效率生理生化基础研究进展[J]. 山西农业科学,2004,32(3):25-29.
- [5] 张睿. 半湿润农田生态系统不同施肥处理对小麦籽粒中氮、磷、钾含量和累积量的效应[J]. 西北植物学报,2005,25(1):150-154.
- [6] 王荣辉,王朝辉,李生秀,等. 施磷量对旱地小麦氮磷钾和干物质积累及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(1):116-122.
- [7] 姜宗庆,封超年,黄联联,等. 施磷量对小麦物质生产及吸磷特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):628-634.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [10] 张睿,郭月霞,南春芹. 不同施肥水平下小麦籽粒中部分微量元素含量的研究[J]. 西北植物学报,2004,24(1):125-129.
- [11] 杜承林,祝斌,陈小琴,等. 高产小麦对磷的需求与磷肥合理施用研究[J]. 土壤,1998,30(5):239-242,266.
- [12] 宋永林. 不同肥料配比对冬小麦分蘖及成穗影响[J]. 北京农业科学,1997,15(4):21-24,34.
- [13] 张起刚,王化国,杨合法,等. 细质沙土增施磷肥对小麦生长及氮素吸收的影响[J]. 核农学报,1994,8(3):159-166.
- [14] 王兵,刘文兆,党廷辉,等. 黄土高原氮磷肥水平对旱作冬小麦产量与氮素利用的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(8):101-107.