

钾肥对河西绿洲小麦/玉米带田 产量和作物吸钾量的影响

胡志桥^{1,2}, 包兴国¹, 张久东¹, 马忠明¹

(1. 甘肃省农科院土壤肥料研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 进行了钾肥不同用量的田间试验, 以验证河西绿洲富钾的灌漠土壤施用钾肥对小麦/玉米带田是否有增产效果。试验采用随机区组设计, 设5个K处理, 施K₂O分别为: 0、75、150、225、300 kg/hm²。结果表明, 钾肥能提高小麦/玉米带田栽培条件下两种作物产量, 和不施钾肥相比, 小麦带增产5.1%~8.9%, 玉米带增产2.8%~8.1%, 小麦/玉米带田总产提高3.3%~7.8%; 当施钾量为75 kg/hm², 小麦/玉米带田总产量为最高, 达12 994 kg/hm², 与不施钾肥相比, 总产量增加936 kg/hm², 增产7.8%。钾肥能提高小麦秸秆钾含量和吸钾量, 与不施钾肥相比, 小麦秸秆含钾量提高4.31%~7.84%, 吸钾量提高6.2%~9.6%; 但玉米秸秆钾含量和吸钾量有所降低, 与不施钾肥相比, 玉米秸秆含钾量减少20%~24.86%, 吸钾量减少25.7%~28.7%。这是否是小麦和玉米在带田种植条件下存在着对钾素吸收的竞争作用, 值得进一步研究。

关键词: 钾肥; 河西绿洲; 小麦/玉米带田; 吸钾量

中图分类号: S143.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0133-04

钾是植物生长所必需的三大营养元素之一, 对提高作物产量和品质有着重要的作用^[1]。但是随着农业复种指数和产量的增加, 农业集约化程度的提高, 氮磷化肥的大量施用和有机肥施用量的减少, 使得传统上认为不缺钾的北方土壤中也出现了缺钾现象, 施钾增产的报道越来越多^[2,3]。金继运等研究表明, 在东北、华北和西北地区, 施用适量氮磷肥的基础上增施钾肥, 对冬小麦、夏玉米、春玉米均有不同的增产效果, 平均增幅达到6.4%~8.7%^[4]。刘荣乐等研究表明, 华北地区施用钾肥, 小麦和玉米分别增产8.5%和12.4%, 东北地区施用钾肥, 玉米平均增产11%, 西北地区施用钾肥对小麦和玉米有增产作用, 但增产幅度不大^[5]。谢奎忠等研究表明, 在陇中富钾地区施用钾肥, 豌豆增产18.4%~26.7%^[6]; 苏永中等研究表明, 在甘肃河西富钾地区施用钾肥, 啤酒大麦平均增产6.7%^[7]。由此可见, 即使在北方富钾的土壤中施用适量的钾肥仍对作物有增产作用。

小麦/玉米带田是指同一年内将小麦和玉米在同一块耕地上进行带状间作, 这种种植模式在我国西北地区尤其是甘肃河西走廊一熟灌区占有相当重要的地位, 是我国资源节约型生产集约化的现代持续农业发展的一种重要种植模式。因为它能增加作物种植密度, 提高作物对养分的竞争和吸收能力, 充

分利用光、热、水、土等资源, 因而能有效提高作物产量^[8-11]。

有关小麦/玉米带田肥效方面的研究很多, 但大多集中在氮和磷的肥效研究方面, 而有关钾肥肥效方面的研究则很少, 尤其在西北地区富钾的土壤中更为少见。本试验旨在通过研究钾肥对河西绿洲小麦/玉米带田产量和作物吸钾量的影响, 来验证钾肥对河西绿洲小麦/玉米带田是否有增产效果, 为当地科学合理的施肥提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验设在甘肃省武威市永昌镇白云村(38°37'N, 102°40'E), 海拔1 500 m, 无霜期150 d左右, 年降雨量150 mm, 年蒸发量2 021 mm, 年平均气温7.7℃, 日照时数3 023 h, ≥10℃的有效积温为3 016℃, 年太阳辐射总量140~158 kJ/cm², 麦收后≥10℃的有效积温为1 350℃, 属于典型的两季不足、一季有余的自然生态区。

供试土壤为石灰性灌漠土, 耕层土壤基本化学性质为pH 8.1, 有机质0.1%, 基础土样化学性质由中-加合作土壤植株测试实验室采用ASI分析法测定^[12], 其中碱解氮43 mg/L, 有效磷2.9 mg/L, 速效钾101 mg/L。

收稿日期: 2009-11-12

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD46B06)

作者简介: 胡志桥(1980—), 男, 青海互助人, 在读硕士, 主要从事植物营养研究工作。E-mail: zhiqiao_hu@163.com。

钾肥用量(K_2O)设 5 个处理:0、75、150、225、300 kg/hm^2 (分别用 K_0 、 K_{75} 、 K_{150} 、 K_{225} 、 K_{300} 表示),重复 3 次,随机区组设计,小区面积 18 m^2 。每个处理施 N 300 kg/hm^2 、 P_2O_5 120 kg/hm^2 ,磷肥和钾肥全部做基肥施用,氮肥 30% 做基肥,10% 在小麦拔节期给小麦带追施,60% 在玉米拔节期和大喇叭口期给玉米带追施。氮肥选用尿素(含 N 46%),磷肥选用重过磷酸钙(含 P_2O_5 42%),钾肥为氯化钾(含 K_2O 60%)。供试小麦品种为永良 4 号,于 2006 年 3 月 15 日播种,播种量为 450 kg/hm^2 ,7 月 10 日收割;玉米品种为 977,于 2006 年 4 月 10 日播种,播种密度为 75 000 株/ hm^2 ,10 月 8 日收割。具体种植方法为:小麦/玉米带田的每个带幅为 1.5 m,其中小麦带为 0.7 m,播种 6 行,行距为 0.12 m;玉米带为 0.8 m,播种 2 行,行距为 0.4 m,每小区种植 4 带。

1.2 测定内容与方法

考种分析:收获时从每个小区随机选取长势均匀的小麦和玉米各 20 株,小麦测定株高、穗长、穗粒数、穗粒重和千粒重,玉米测定株高、茎粗、穗位、穗长、穗粗、穗粒数、穗粒重和千粒重。测产:每小区单打单收。秸秆和籽粒烘干粉碎后用 $H_2SO_4-HClO_4$ 消化,火焰光度计测定 K 含量。

数据采用 DPS 统计软件进行处理:选择随机区组单因素试验的 LSD 法进行方差分析和多重比较,差异显著性标准均为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 钾肥对小麦和玉米主要农艺性状的影响

试验结果表明(表 1),施用钾肥能显著提高带田小麦的主要农艺性状,与不施钾肥相比,施用钾肥

后带田小麦株高增加 6.8~9.2 cm,穗长增加 0.6~1.2 cm,穗粒数增加 4~7 个,穗粒重增加 0.23~0.38 g,千粒重增加 6~7.4 g。施钾量在 75~225 kg/hm^2 时,各施钾处理之间小麦的农艺性状差异不显著。施钾量为 300 kg/hm^2 时,小麦的农艺性状有下降趋势,尤其是穗长显著低于 K_{75} 处理。说明适量的钾肥能够促进带田小麦的生长,过量则抑制生长。

表 1 钾肥对小麦主要农艺性状的影响

Table 1 Effect of K fertilization on major agronomic traits of wheat

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	穗长 Ear length (cm)	穗粒数 Grain number per ear	穗粒重 Grain weight per ear(g)	千粒重 Thousand-grain weight (g)
K_0	51.7 b	3.8 c	14 b	0.50 b	35.0 b
K_{75}	59.8 a	5.0 a	21 a	0.88 a	41.8 a
K_{150}	59.1 a	4.7 ab	19 a	0.84 a	41.9 a
K_{225}	60.9 a	4.9 ab	21 a	0.87 a	42.4 a
K_{300}	58.6 a	4.4 b	18 ab	0.73 a	41.0 a

注:不同字母表示差异达 5% 显著水平,下同。

Note: Different letters mean significant difference at 5% level. They are the same in the follows.

表 2 表明,钾肥对带田玉米农艺性状的影响较小,施用钾肥后除玉米的穗位、穗粒重和千粒重显著高于不施钾处理之外,其余的农艺性状在各处理之间差异不显著。说明钾肥对带田玉米的影响要小于对带田小麦的影响。

2.2 钾肥对小麦/玉米带田产量的影响

产量结果表明(表 3),随着施钾量的增加,小麦/玉米带田总产量表现为先增后减,当施钾量为 75 kg/hm^2 时,小麦/玉米带田总产量为最高,与不施钾肥相比,总产量增加 936 kg/hm^2 ,增产 7.8%。

表 2 钾肥对玉米主要农艺性状的影响

Table 2 Effect of K fertilization on major agronomic traits of maize

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	茎粗 Stem diameter (cm)	穗位 Ear height (cm)	穗长 Ear length (cm)	穗粗 Ear thick (cm)	穗粒数 Grain number per ear	穗粒重 Grain weight per ear (g)	千粒重 Thousand-grain weight (g)
K_0	233 a	2.29 ab	108 b	23.8 a	5.7 a	568 a	171 b	302 c
K_{75}	236 a	2.34 a	113 a	24.1 a	5.8 a	581 a	202 a	345 ab
K_{150}	240 a	2.32 ab	106 b	24.0 a	5.7 a	571 a	196 a	355 a
K_{225}	242 a	2.29 ab	100 c	23.6 a	5.8 a	559 a	193 a	348 a
K_{300}	241 a	2.28 b	97 d	23.3 a	5.7 a	566 a	171 b	302 bc

小麦和玉米的产量变化和总产量的变化趋势基本上相一致,表现为先增后减。不同的是,带田小麦在施钾量为 150 kg/hm^2 时产量为最高,而带田玉米在施钾量为 75 kg/hm^2 时就达到最高。和不施钾肥相比,施用钾肥后带田小麦增产 5.1%~8.9%,而

带田玉米仅增产 2.8%~8.1%;当施钾量超过最高产量时,带田小麦减产幅度为 43%,而带田玉米减产幅度达 48%~65%。说明带田小麦对钾肥的依赖性要强于带田玉米。

表 3 钾肥对小麦/玉米带田产量的影响(kg/hm²)
Table 3 Effect of K fertilization on yield of wheat/maize

处理 Treatment	带田小麦 Intercropped wheat		带田玉米 Intercropped maize		小麦/玉米 Wheat/maize	
	产量 Yield (kg/hm ²)	增产 Increase (%)	产量 Yield (kg/hm ²)	增产 Increase (%)	产量 Yield (kg/hm ²)	增产 Increase (%)
K ₀	2846 b	0	9213 a	0	12058 a	0
K ₇₅	3038 ab	6.7	9957 a	8.1	12994 a	7.8
K ₁₅₀	3100 a	8.9	9590 a	4.1	12690 a	5.2
K ₂₂₅	3100 a	8.9	9531 a	3.5	12631 a	4.7
K ₃₀₀	2992 ab	5.1	9469 a	2.8	12461 a	3.3

2.3 钾肥对小麦/玉米带田钾含量和吸钾量的影响
施用钾肥后显著提高了带田小麦秸秆的钾含量和吸钾量,和不施钾肥相比,小麦秸秆中的含钾量提高了 4.31%~7.84%,吸钾量提高了 6.2%~9.6%;但是在带田玉米中,施用钾肥后秸秆中的含钾量和吸钾量却显著低于不施钾处理,和不施钾肥相比,玉米秸秆中的含钾量减少了 20%~24.86%,吸钾量减少了 25.7%~28.7%。说明施用钾肥有利于提高带田小麦秸秆中的含钾量和吸钾量,但却抑制了带田玉米秸秆中的含钾量和吸钾量。

小麦和玉米秸秆中的钾含量和吸钾量很高,而且远远高于其籽粒中的钾含量和吸钾量,其中小麦秸秆含钾量是籽粒的 3.5~3.9 倍,吸钾量是籽粒的 4.1~4.6 倍;玉米秸秆含钾量是籽粒的 2.6~3.6 倍,吸钾量是 2.2~3.2 倍。这说明土壤中的相当一部分 K 被作物携带而损失,如果长期这样,将使土壤中的钾素处于亏缺状态。因此,带田栽培中在增加施用化学 K 肥的同时,还要考虑秸秆的还田,这样才能保证土壤 K 平衡。

表 4 钾肥对小麦/玉米带田钾含量和吸钾量的影响
Table 4 Effect of K fertilization on K concentration and K uptake in wheat/maize plants

处理 Treatment	钾含量 K concentration (%)				吸钾量 K uptake (kg/hm ²)			
	带田小麦 Wheat		带田玉米 Maize		带田小麦 Wheat		带田玉米 Maize	
	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw
K ₀	0.73 a	2.55 c	0.49 a	1.75 a	21.1 a	86.7 b	44.5 a	142.4 a
K ₇₅	0.73 a	2.75 a	0.42 a	1.36 b	22.1 a	94.3 a	42.1 a	101.5 b
K ₁₅₀	0.69 a	2.66 b	0.42 a	1.32 b	21.3 a	94.8 a	38.9 a	87.3 b
K ₂₂₅	0.70 a	2.71 ab	0.47 a	1.40 b	22.5 a	92.0 a	45.1 a	105.8 b
K ₃₀₀	0.69 a	2.66 b	0.51 a	1.32 b	20.7 a	95.0 a	48.0 a	104.3 b

3 讨 论

研究区土壤中富含速效钾(101 mg/L),但是施用钾肥后,对小麦/玉米带田仍有增产作用。索东让等研究表明^[13],在河西地区当土壤中的速效钾下降到 120 mg/kg 以下时,带田作物施用钾肥可增产 20.3%~49%。金绍龄等研究表明^[14],河西地区当耕层土壤速效钾为 162 mg/kg 时,带田作物在第 2、3 年分别增产 2.7%和 6.1%,第 4 年增产 16.5%。本研究结果与前人研究结果基本相一致,其增产原因可能是:第一,带田这种栽培模式增加了作物的种植密度,增强了对土壤养分的竞争能力,导致土壤养分耗竭强度增大,使得在富钾的土壤中施钾仍能起到增

产作用^[15]。第二,由于土壤中的大量 K 被作物携带而损失,秸秆又长期不还田,使得土壤的钾素处于亏缺状态,所以施用钾肥后带田作物表现出增产效果。

本试验中带田小麦对钾肥的依赖性和敏感性要强于带田玉米,这与常规的试验结论不一致^[16]。其原因可能是:第一,由于小麦播期和生长发育期置前,带田玉米生育期置后,如在小麦需肥高峰的拔节期和灌浆期时,才是玉米的苗期和喇叭口期,所以小麦对钾肥的竞争能力可能大于玉米所致;第二,后期虽然玉米得到了恢复生长,且没有了小麦对钾肥的竞争,因为在玉米大喇叭口期时小麦已收割,但此时土壤中施用的化肥钾肥有可能被耗竭,所以后期玉米吸收的钾有可能是来自土壤所释放的缓效钾,而并

非外源钾肥所提供。这推论也和试验所得到的施用钾肥后带田玉米秸秆中的钾含量降低结果相吻合,因为在对照处理中不施用钾肥从而增加了作物对土壤缓效钾的奢求量,而施用钾肥后玉米对外源钾有一定的依赖性,但又竞争不过小麦,从而减少了吸钾量^[17]。索东让等研究也表明^[18],带田连续种植 4 年时,土壤中的缓效 K 下降达 37.6%~43.3%,而且玉米带减少的速率要大于小麦带,但是速效钾年均下降速率仅为 6.4%~10.5%。由于本试验缺乏对收后土壤速效钾和缓效钾的养分测定分析,因此对小麦/玉米带田吸钾的机理难以判断;而且试验仅为一年的结果,有些结论和推断还待进一步研究。

参考文献:

- [1] 胡笃敬,董任瑞,葛旦之.植物钾营养的理论与实践[M].长沙:湖南科学技术出版社,1993:58—109.
- [2] 谢建昌.土壤钾素的动态[M].北京:中国农业出版社,1986:10—21.
- [3] 谢建昌,周健民.我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展[J].土壤,1999,31(5):244—254.
- [4] 金继运.我国北方土壤缺钾和钾肥应用的发展趋势[C]//中国农业科学院土壤肥料研究所,加拿大钾磷研究所北京办事处.北方土壤钾素和钾肥效益.北京:中国农业出版社,1994:1—5.
- [5] 刘荣乐,金继运,吴荣贵.我国北方土壤-作物系统内钾素平衡及钾肥肥效研究Ⅱ.主要作物的钾肥增产效果[J].土壤肥料,2000,(1):9—11.
- [6] 谢奎忠,黄高宝,李玲玲,等.施钾对旱地豌豆产量、水分效应及土壤钾素的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):15—19.
- [7] 苏永中,秦来寿,顿志恒.甘肃河西灌区啤酒大麦施钾效应研究[J].土壤肥料,2001,(2):39—40.
- [8] 卢良恕.中国立体农业模式[M].郑州:河南科学技术出版社,1993:31—41.
- [9] Willey R W. Intercropping its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages[J]. Field Crop Abstr, 1979, 32: 1—10.
- [10] Li L, Li S M, Sun J H, et al. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils[J]. Pnas, 2007, 104: 11192—11196.
- [11] Li L, Sun J H, Zhang F S, et al. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients[J]. Field Crops Research, 2001, 71: 123—137.
- [12] Arvel H. ASI Soil Analysis for P, K, Cu, Fe, Mn and Zn by ASI Extracting Solution [M]. USA: Agro Services International Inc. 1983.
- [13] 索东让,王平.河西灌漠土主要粮食作物钾吸收效率及钾平衡定位研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):6—10.
- [14] 金绍龄,李隆,张丽慧,等.小麦/玉米带田土壤肥力变化及培肥Ⅰ.肥力变化及各种肥料对作物产量的影响[J].西北农业大学学报,1996,24(5):49—54.
- [15] 金绍龄,张丽慧,李隆.小麦玉米带田一种作物施用氮肥对配作物氮营养的影响[J].西北农业大学学报,1993,2(3):1—6.
- [16] Li L, Zhang F S. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency[J]. Plant and Soil, 2003, 248: 305—312.
- [17] 李隆.间作作物种间促进与竞争使用研究[D].北京:中国农业大学,1999.
- [18] 索东让,梁国森,王平.灌漠土 K 素变化的定位连作试验[J].西北农业大学学报,2002,11(1):101—102.

Effect of K fertilization on crop yield and K uptake in a wheat-maize intercropping system in Hexi Oasis

HU Zhi-qiao^{1,2}, BAO Xing-guo¹, ZHANG Jiu-dong¹, MA Zhong-ming¹

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: K fertilizer plays a very important role in improving crop yield. However, no research has been done on the effect of K fertilization on a wheat-maize intercropping system in the soils of Hexi Oasis, Gansu Province. The objective of this study was to determine the effect of K fertilizer on crop yield in a wheat-maize intercropping system in Hexi Oasis. A field experiment was conducted in 2006. The experiment included five treatments, namely K_0 , K_{75} , K_{150} , K_{225} and K_{300} kg/hm². The results showed that K fertilizer increased wheat and maize yield and also total yield of wheat and maize under the conditions of wheat-maize intercropping system. The wheat yield increased by 5.1%~8.9% compared to the control, and the maize yield increased by 2.8%~8.1% compared to the control, while the total yield of two crops increased by 3.3%~7.8% compared to the control. The total yield was the highest at the rate of K_2O 75 kg/hm² treatment in which the yield was 12 994 kg/hm², the total yield increased by 7.8% compared to the control. K fertilizer increased the K content and K uptake of wheat straw, and they increased by 4.31%~7.84% and 6.2%~9.6% in wheat straw compared to the control, respectively. However, the K content and K uptake in maize straw decreased by 20%~24.86% and 25.7%~28.7% compared to the control, respectively. It seems that there exists competition in potassium absorption between wheat and maize crops under the condition of intercropping system, and this is worth further studying.

Keywords: K fertilizer; Hexi Oasis; wheat-maize intercropping; K uptake