不同钾肥品种和用量对小麦产量品质和养分吸收利用的影响

王桂良, 黄玉芳, 叶优良

(河南农业大学资源与环境学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 在河南滑县试验点, 比较几种钾肥品种和罗布泊 K_2SO_4 不同用量在小麦上的应用效果, 结果表明: 增施钾肥可以提高小麦产量, 促进小麦氮素吸收、提高小麦蛋白质和氨基酸含量, 在同等用量条件下, 罗布泊 K_2SO_4 的施用效果好于或接近于其他钾肥。当施钾量为 135 kg/hm^2 时, 其籽粒产量、生物产量、籽粒养分含量、籽粒氨基酸含量和生产利润最高, 施钾量为 180 kg/hm^2 时, 其籽粒蛋白质含量最高。回归方程计算表明, 钾肥的最佳用量为 121.4 kg/hm^2 , 产值为 $10\ 227.4 \text{ 元/hm}^2$, 最大利润为 $8\ 392.0 \text{ 元/hm}^2$ 。

关键词: 钾肥; 小麦; 产量; 氨基酸; 蛋白质; 钾肥利用率; 经济效益

中图分类号: S512.106 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0035-06

钾是小麦生长必需的营养元素, 对小麦的生长发育、产量和品质形成都具有非常重要的影响^[1~5]。一般认为施用钾肥能够增强小麦的光合作用和促进光合产物向籽粒的运输, 从而有利于小麦产量的增加; 而钾肥对小麦品质的影响主要是通过改善氮代谢来发挥作用。钾可促进氨基酸向籽粒转运的速度, 同时也增大了氨基酸转化为籽粒蛋白质的速度, 提高小麦籽粒蛋白质含量^[6~17]。程素贞等研究表明, 施钾后的小麦植株各器官 N、K 含量分别与施钾水平呈极显著的曲线、直线相关^[10, 11]。武际等在不同土壤供钾水平下研究发现, 钾肥对小麦的增产幅度为 $5.34\% \sim 18.83\%$ ^[1]。钾肥在作物生产中的重要性被人们广泛认可, 但是我国钾肥资源短缺, 目

前又面临钾肥价格上涨的压力, 因此如何合理施用钾肥以提高小麦产量和品质是大家关注的重点^[18~23]。同时, 近年来秸秆还田的大面积推广, 复合肥用量也不断增加, 对钾肥在小麦上的应用会产生什么影响? 本文试图对不同钾肥种类和用量在小麦上的应用效果做一探讨, 为生产中钾肥合理施用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点设在河南省安阳市滑县上官镇上官村。供试土壤为潮土, 基本理化性质见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Properties of the experimental soil

全氮 (g/kg) Total N	有机质 (g/kg) O·M	碱解氮 (mg/kg) Avai·N	速效磷 (mg/kg) Avai·P	速效钾 (mg/kg) Avai·K	有效锌 (mg/kg) Avai·Zn	有效铁 (mg/kg) Avai·Fe	有效锰 (mg/kg) Avai·Mn	有效铜 (mg/kg) Avai·Cu	pH
0.99	11.34	50.1	31.8	101.4	1.8	6.9	18.6	1.1	8.2

1.2 试验设计

试验设 9 个处理(见表 2), 重复 3 次, 小区面积为 30 m^2 , 共 27 个小区, 随机排列。全部的磷、钾肥和 1/2 的氮肥在小麦播种前一次性施用, 1/2 的氮肥在小麦拔节期(2008 年 3 月 16 日)追施。氮肥用尿素(含氮 46%), 磷肥用磷酸二铵(含 P_2O_5 46%),

不施农家肥, 所有肥料由浙江浙农爱普贸易有限公司提供。

1.3 种植和管理

小麦供试品种为郑麦 366, 小麦播量为 $7.5 \text{ kg}/666.67 \text{ m}^2$, 用机播楼播种。2007 年 10 月 13 日播种, 10 月 21 日出苗, 2008 年 6 月 15 日收获。分别于

收稿日期: 2009-04-13

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(200803030); 农业部 948 重大项目(2006-G60)

作者简介: 王桂良(1983-), 硕士, 研究方向为养分资源管理。E-mail: wgl0520@126.com。

通讯作者: 叶优良(1968-), 博士, 副教授, 研究方向为养分资源管理。E-mail: ylye2004@163.com。

2007 年 10 月 24 日苗期和 2008 年 4 月 18 日抽穗期灌水。

3 m 的保护行, 小区间要留过道和水渠。小区划好后, 均匀撒肥料, 人工深翻入土。

播种前先划小区, 小区间筑 60 cm 埂, 周围要留

表 2 试验设计

Table 2 Design on experiment

处理编号 Treatment	钾肥用量(K ₂ O kg/hm ²) Potassium	钾肥种类 Different sources of K	氮肥用量(N kg/hm ²) Nitrogen	磷肥用量(P ₂ O ₅ kg/hm ²) Phosphorus
1	0	0	180	90
2	90	俄罗斯产(Russian) KCl	180	90
3	90	罗布泊产(Lop Nur) K ₂ SO ₄	180	90
4	90	开封产(Kaifeng) K ₂ SO ₄	180	90
5	90	俄罗斯产(Russian) K ₂ SO ₄	180	90
6	45	罗布泊产(Lop Nur) K ₂ SO ₄	180	90
7	135	罗布泊产(Lop Nur) K ₂ SO ₄	180	90
8	180	罗布泊产(Lop Nur) K ₂ SO ₄	180	90
9	225	罗布泊产(Lop Nur) K ₂ SO ₄	180	90

1.4 取样和收获

从出苗到成熟, 选择长势均匀的 1 m 双行样段调查定点群体动态。分别在小麦分蘖、越冬、返青、拔节、开花、成熟 6 个时期选择采样区中长势均匀的 1 m 双行样段, 样品取回后, 105℃ 杀青 30 min, 80℃ 烘干称重。

在小麦收获时随机取选择采样区中长势均匀的 1 m 双行样段进行考种, 用于测定小麦单位面积穗数、穗粒数、千粒重和植株氮、钾、氨基酸、蛋白质含量, 每小区实际收获 20 m², 晒干、脱粒后计产。

1.5 样品分析测定

土壤全氮用开氏蒸馏法, 有机质用重铬酸钾容量法, 碱解氮用 Conway 法, 速效磷用 Olsen 法, 速效钾用乙酸铵浸提, 火焰光度计测定, pH 值用蒸馏水提取, 酸度计法。有效铜、锌、铁、锰用 DTPA 浸提, 原子吸收测定。

植株全氮、全钾用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 全氮用开氏蒸馏法测定, 全钾用火焰光度计测定。游离氨基酸总量测定采用茚三酮法。蛋白质含量测定采用微量凯氏定氮法^[24~27]。

1.6 数据处理与分析

钾肥利用率(%) = 100 × (施钾处理小麦吸钾量 - 不施钾处理小麦吸钾量) / 施钾量

尿素价格为 200 元/100kg, 俄罗斯产 KCl 为 220 元/100kg, 罗布泊产 K₂SO₄ 为 260 元/100kg, 开封青上 K₂SO₄ 为 260 元/100kg, 俄罗斯 K₂SO₄ 为 270 元/100kg, 磷酸二铵为 300 元/100kg, 小麦为 1.5 元/kg。

用 SAS 进行统计分析, 5% 显著水平。

2 结果与分析

2.1 对小麦产量的影响

对不同处理小麦籽粒产量测定表明(见表 3), 所有处理籽粒产量以不施钾最低, 为 5 578.5 kg/hm², 以 135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高, 达到 7 006.8 kg/hm², 施用钾肥比不施钾肥增产 7.0%~25.6%。钾肥用量都为 90 kg/hm² 时, 罗布泊钾肥处理小麦籽粒产量都高于其他处理, 当钾肥用量增加到 135 kg/hm² 时增产效果更明显, 但超过时籽粒产量反而降低。对罗布泊钾肥和小麦籽粒产量进行拟合表明, 可以用函数 $y = -0.0671x^2 + 18.009x + 5620.4$ ($R^2 = 0.9015$) 表示, 通过函数求得小麦最高产量为 6 828.8 kg/hm², 小麦最高产量的钾肥用量为 134.2 kg/hm²。

同籽粒产量一样, 施用钾肥后所有处理生物学产量也都明显高于不施钾处理。施用钾肥比不施钾肥增产 8.0%~27.9%, 以 135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理和 90 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理增产效果最明显。把罗布泊钾肥用量与小麦生物学产量进行一元二次拟合, 可用方程 $y = -0.1756x^2 + 48.321x + 12081$ ($R^2 = 0.9197$) 表示, 通过函数求得小麦最高生物学产量为 15 405.2 kg/hm², 最高生物学产量的钾肥用量为 137.6 kg/hm²。

2.2 对小麦产量构成因素的影响

从表 3 可见, 不同钾肥处理小麦千粒重显著高于不施钾处理, 以 180 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最明显。与不施钾相比, 施钾后小麦千粒重增加 1.56%~7.48%。在都施钾 90 kg/hm² 时, 罗布泊

K_2SO_4 处理千粒重要高于其他处理,随着罗布泊 K_2SO_4 用量的增加,小麦千粒重增加明显,在用量为 $180\text{ kg}/\text{hm}^2$ 时达到最大值,再增加则千粒重降低。所有钾肥处理小麦穗粒数也都明显高于不施钾处理,以 $135\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理最明显,其次是 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 、 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 俄罗斯 KCl 、 $180\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理,分别比不施钾肥穗粒数增加 13.57% 、 10.64% 、 9.77% 和 8.40% 。在同一施钾水平下,穗粒数以罗布泊 K_2SO_4 和俄罗斯 KCl 较高,好于其它处理。随罗布泊 K_2SO_4 用量增加,小麦穗粒数提高,在用量为 $135\text{ kg}/\text{hm}^2$ 时达到最大值,再增加则穗粒数下降。所有处理小麦收获时单位面

积穗数也都高于不施钾处理,以 $135\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理较高,但不同处理间差异不显著。

2.3 对小麦群体动态的影响

从出苗到小麦收获,施钾处理群体数量都要高于不施钾处理,但是只有分蘖和拔节期各处理间存在差异,其他时期都无显著性差异。拔节期施钾处理对小麦群体动态的影响最大,比不施钾肥增加 $2.27\% \sim 37.50\%$,以 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 俄罗斯 KCl 和 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 开封 K_2SO_4 处理分蘖数较高,但到开花期以后,各处理之间都无显著性差异,说明施钾对小麦群体动态的影响效果不大(表4)。

表3 钾肥施用对小麦产量和产量构成的影响

Table 3 Effects of K application on yield and its components

编号 Number	籽粒产量 Yield (kg/hm^2)	生物学产量 Total yield (kg/hm^2)	千粒重 1000-grain weight (g)	穗粒数 Grains per ear	穗密度 Ears per hm^2 ($10^4/\text{hm}^2$)
1	5578.5 _c	12330.4 _c	39.1 _d	34.1 _b	488.7 _a
2	6331.9 _{abc}	14189.2 _{abc}	40.9 _{abc}	37.5 _{ab}	509.8 _a
3	6489.1 _{ab}	15216.3 _{ab}	41.1 _{abc}	37.8 _{ab}	500.3 _a
4	6163.6 _{abc}	14384.7 _{abc}	39.8 _{cd}	36.5 _{ab}	509.7 _a
5	5969.8 _{bc}	13971.1 _{bc}	39.7 _{cd}	36.5 _{ab}	496.9 _a
6	6439.6 _{ab}	13319.8 _{ab}	40.2 _{bcd}	35.0 _{ab}	495.1 _a
7	7006.8 _a	15766.3 _a	41.7 _{ab}	38.8 _a	527.1 _a
8	6590.1 _{ab}	14811.3 _{ab}	42.1 _a	37.0 _{ab}	498.9 _a
9	6302.6 _{abc}	14098.6 _{abc}	41.4 _{ab}	36.4 _{ab}	497.9 _a

表4 钾肥施用对小麦群体动态的影响(10^4 穗/ hm^2)

Table 4 Effects of K application on number of wheat group

编号 Number	出苗 Emerge	分蘖 Stooling	返青 Returning	拔节 Shooting	开花 Flowering	收获 Harvest
1	178.5 _b	431.3 _a	1013.3 _d	1062.1 _a	589.6 _a	488.7 _a
2	192.0 _{ab}	457.3 _a	1071.5 _{cd}	1460.4 _a	623.3 _a	509.8 _a
3	202.5 _{ab}	450.8 _a	1094.3 _{cd}	1318.3 _a	609.2 _a	500.3 _a
4	210.0 _{ab}	521.8 _a	1081.0 _{cd}	1413.5 _a	647.9 _a	509.7 _a
5	217.5 _{ab}	461.3 _a	1327.7 _a	1307.5 _a	625.0 _a	496.9 _a
6	244.5 _{ab}	533.1 _a	1206.2 _{abc}	1111.4 _a	616.4 _a	495.1 _a
7	237.0 _{ab}	488.7 _a	1280.0 _{ab}	1331.5 _a	664.9 _a	527.1 _a
8	261.0 _a	480.6 _a	1096.1 _{cd}	1310.4 _a	631.3 _a	498.9 _a
9	202.5 _{ab}	534.7 _a	1160.2 _{bcd}	1086.2 _a	635.3 _a	497.9 _a

2.4 对小麦干物质累积的影响

由表5可见,从分蘖到小麦收获,施钾处理干物质累积量都显著高于不施钾处理。综合来看,以 $135\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 干物质累积量最高,其次是 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理,以 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 俄罗斯 KCl 和 $45\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理较低。

2.5 对小麦钾素含量和吸收的影响

由表6可见,施钾可显著提高小麦全钾含量和吸钾量,但不同种类钾肥处理之间籽粒全钾含量无显著性差异。籽粒全钾以 $135\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理含量较高,但不同处理间差异不显著,秸秆全钾以 $180\text{ kg}/\text{hm}^2$ 罗布泊 K_2SO_4 处理最高。籽粒吸钾量

以 135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高, 秸秆吸钾量为 90 kg/hm² 时, 吸钾总量以俄罗斯 K₂SO₄ 处理最大, 以 180 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高。当施肥量都当施钾量超过 180 kg/hm² 时, 吸钾总量开始下降。

表 5 钾肥施用对小麦干物质累积的影响(kg/hm²)

Table 5 Effects of K application on plant dry matter accumulation

编号 Number	分蘖 Stooling	越冬 Throughing	返青 Returning	拔节 Shooting	开花 Flowering	收获 Harvest
1	376.9c	1614.3d	2242.4b	5208.4d	7787.7b	12330.4c
2	506.8bc	1841.9d	2515.6ab	5994.7bcd	8645.9ab	14189.2abc
3	502.6bc	1983.2cd	2457.3ab	6157.7bcd	10380.7ab	15216.3ab
4	682.6a	2292.4abc	2734.0ab	6249.6bc	9139.9ab	14384.7abc
5	615.2ab	2446.2ab	2567.4ab	6243.7bc	9616.4ab	13971.1abc
6	548.4ab	1774.5d	2546.3ab	5692.1cd	9486.4ab	13319.8bc
7	670.7ab	2548.4a	3034.9a	6738.4ab	8642.1ab	15766.3a
8	537.7abc	2413.3abc	2903.4ab	6636.9abc	9686.9a	14811.3ab
9	554.2ab	2033.0bcd	2675.8ab	7228.6a	9279.6ab	14098.6abc

表 6 施用钾肥对小麦钾素吸收的影响

Table 6 Effects of K application on plant potassium absorption

编号 Number	全钾 Total K (%)		吸钾量 Amount of K absorption (kg/hm ²)		
	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	总和 Total
1	0.43a	1.15d	23.94b	77.69c	101.63c
2	0.49a	1.55bc	30.99ab	121.80ab	152.79ab
3	0.50a	1.41c	32.70ab	123.07ab	155.78ab
4	0.50a	1.49bc	31.10ab	122.23ab	153.34ab
5	0.47a	1.60b	28.36ab	127.97ab	156.32ab
6	0.49a	1.44c	31.56ab	98.89bc	130.45b
7	0.52a	1.54bc	36.50a	134.69a	171.19a
8	0.50a	1.79a	33.27ab	147.29a	180.55a
9	0.50a	1.75a	31.75ab	136.39a	168.13a

2.6 对氮素含量和吸收的影响

施用钾肥明显提高小麦全氮含量和吸氮量(表 7), 但不同钾肥处理之间无显著差异。籽粒和秸秆

全氮含量都以 180 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高, 籽粒吸氮量以 135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高, 秸秆的吸氮量以 135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 处理最高。

表 7 施用钾肥对小麦氮素吸收的影响

Table 7 Effects of K application on plant nitrogen absorption

编号 Number	全氮 Total N (%)		吸氮量 Amount of N absorption (kg/hm ²)		
	籽粒 Grain	秸秆 Straw	籽粒 Grain	秸秆 Straw	总和 Total
1	2.09a	0.50a	116.67c	33.55a	150.22cd
2	2.22a	0.51a	140.45ab	40.25a	180.70bcd
3	2.23a	0.50a	144.67ab	44.16a	188.83abc
4	2.37a	0.55a	145.98ab	45.26a	191.24abc
5	2.21a	0.53a	141.78ab	42.77a	184.55abc
6	2.35a	0.50a	138.98bc	36.34a	175.32bcd
7	2.42a	0.55a	169.57a	48.45a	218.02a
8	2.51a	0.58a	165.47a	47.65a	213.12ab
9	2.26a	0.54a	142.61ab	41.96a	184.57bcd

当施钾量都为 90 kg/hm² 时, 吸氮总量以开封 K₂SO₄ 处理最大, 当施钾量超过 135 kg/hm² 时, 吸氮总量

开始下降。

2.7 对蛋白质和氨基酸含量的影响

从表8可见,施用钾肥可以显著提高小麦籽粒蛋白质含量。与不施钾处理相比,施钾处理小麦籽粒蛋白质含量提高5.83%~19.79%。当施钾量为90 kg/hm²时,不同钾肥品种籽粒蛋白质含量最大的是开封 K₂SO₄,最小的是俄罗斯 K₂SO₄ 处理,但不同钾肥之间无显著性差异。随着罗布泊 K₂SO₄ 用量增加,小麦籽粒蛋白质含量增加,在施钾量为135 kg/hm²时,达到最大值,为14.61%,钾肥用量超过180 kg/hm²,籽粒蛋白质含量则出现下降趋势。

表8 施用钾肥对小麦籽粒蛋白质、氨基酸含量和钾肥利用率的影响

Table 8 Effects of K application on total protein, amino acid and K utilization efficiency

编号 Number	蛋白质含量 Total protein (%)	氨基酸含量 Amino acid (g/kg)	钾肥利用率 K utilization efficiency
1	12.20 _a	71.90 _d	—
2	12.91 _a	98.53 _b	56.8 _{ab}
3	13.02 _a	99.13 _b	60.2 _a
4	13.79 _a	97.60 _b	57.5 _{ab}
5	12.91 _a	100.33 _b	60.8 _a
6	13.71 _a	89.60 _c	64.0 _a
7	14.10 _a	113.10 _a	51.5 _{ab}
8	14.61 _a	110.70 _a	43.8 _{bc}
9	13.20 _a	110.03 _a	29.6 _c

施用钾肥可以显著提高小麦籽粒氨基酸含量(表8),施钾处理比不施钾处理小麦籽粒氨基酸含量相对提高24.62%~57.30%,当施肥量为90 kg/hm²时,不同种类钾肥处理籽粒氨基酸含量最大的是俄罗斯 K₂SO₄ 处理,最小的是开封 K₂SO₄ 处理,但不同钾肥之间无显著性差异。随着罗布泊 K₂SO₄ 用量增加,籽粒氨基酸含量增加,在施钾量为135 kg/hm²时,达到最大为113.1 g/kg。施钾量超过180 kg/hm²时,籽粒氨基酸含量则出现下降趋势。

2.8 对钾肥利用率的影响

从表8可以看出,不同处理钾肥利用率变化在29.6%~64.0%之间,最高的是45 kg/hm² 罗布泊硫酸钾处理,但不同处理之间钾肥利用率之间无显著性差异。在都是施钾90 kg/hm² 条件下,不同钾肥品种之间钾肥利用率差别很小。

2.9 对经济效益的影响

由表9可见,各处理之间经济效益差异显著,施钾比不施钾处理产值提高7.0%~25.6%。当施钾

量为90 kg/hm²时,产值以罗布泊 K₂SO₄ 处理最高,为9733.6元/hm²,俄罗斯 K₂SO₄ 处理最小,为8954.7元/hm²。不同钾肥处理利润最低的是处理225 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄,为7090.4元/hm²,利润最大的是135 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄,为8605.5元/hm²,比不施钾处理高20.3%。不同钾肥处理间产投比以45 kg/hm² 罗布泊 K₂SO₄ 最高,为6.7,在钾肥用量都是90 kg/hm²时,不同钾肥品种之间无显著差异。

利用回归方程计算表明,罗布泊钾肥的最佳用量为121.4 kg/hm²时,小麦产量为6817.5 kg/hm²,最大利润为8392.2元/hm²。

表9 施用钾肥对经济效益的影响

Table 9 Effects of K application on economic benefit

编号 Number	产值 Value of output (元/hm ²)	成本 Cost (元/hm ²)	利润 Profirt (元/hm ²)	产投比 Output value/cost
1	8367.8 _c	1216.4	7151.3 _b	—
2	9497.8 _{abc}	1546.4	7951.3 _{ab}	6.1 _{ab}
3	9733.6 _{ab}	1675.3	8058.4 _{ab}	5.8 _{bc}
4	9245.4 _{abc}	1684.4	7560.9 _{ab}	5.5 _{bc}
5	8954.7 _{bc}	1683.8	7270.9 _b	5.3 _c
6	9659.4 _{abc}	1445.9	8213.5 _{ab}	6.7 _a
7	10510.2 _a	1904.7	8605.5 _a	5.5 _{bc}
8	9885.2 _{ab}	2134.1	7751.1 _{ab}	4.6 _d
9	9453.9 _{abc}	2363.5	7090.4 _b	4.0 _d

3 小 结

1) 施钾使小麦籽粒增产7.0%~25.6%,罗布泊钾肥增产效果最好,最高产量罗布泊钾肥用量为134.2 kg/hm²,产量为6828.8 kg/hm²;最佳罗布泊钾肥用量为121.4 kg/hm²时,产量为6817.5 kg/hm²,最大利润为8392.2元/hm²。

2) 罗布泊钾肥对小麦千粒重和穗粒数作用效果最好,而单位面积穗数在不同品种钾肥间差异不显著;罗布泊钾肥用量为135~180 kg/hm²时,产量构成因素达到最大。

3) 不同钾肥品种对小麦含钾量和含氮量作用效果差异不显著;罗布泊钾肥用量超过180 kg/hm²时,吸钾量下降,超过135 kg/hm²时,吸氮量下降。

4) 施钾使小麦籽粒蛋白质含量提高5.83%~19.79%,开封 K₂SO₄ 效果最好,罗布泊钾肥用量超过180 kg/hm²时,籽粒蛋白质含量下降;施钾使小麦籽粒氨基酸含量绝对值提高24.62%~57.30%,在钾肥品种之间无显著差异,罗布泊钾肥用量超过

180 kg/hm² 时,籽粒蛋白质含量下降。

参考文献:

- [1] 于振文,梁晓芳,李廷奇,等.施钾量和施钾时期对小麦氮素和钾素吸收利用的影响[J].应用生态学报,2007,18(1):69-74.
- [2] 邹铁祥,戴廷波,姜东,等.不同氮、钾水平对弱筋小麦籽粒产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2006,26(6):86-90.
- [3] 武际,郭熙盛,王允青,等.不同土壤供钾水平下施钾对弱筋小麦产量和品质的调控效应[J].麦类作物学报,2007,27(1):102-106.
- [4] 武际,郭熙盛,王允青,等.不同土壤养分状况下氮钾配施对弱筋小麦产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2007,27(5):841-846.
- [5] 熊明彪,雷孝章,宋光煜,等.长期施肥条件下小麦对钾素吸收利用的研究[J].麦类作物学报,2004,24(1):51-54.
- [6] 李冬花,郭瑞林,张毅,等.钾对小麦产量及营养品质的影响研究[J].河南农业大学学报,1997,31(4):357-361.
- [7] 张国平.钾素对小麦氮代谢与产量的影响[J].浙江农业大学学报,1985,11(4):463-472.
- [8] 于振文,张炜,余松烈.钾营养对冬小麦养分吸收分配、产量形成和品质的影响[J].作物学报,1996,22(4):442-447.
- [9] 王旭东,于振文,樊广华,等.钾素对冬小麦品质和产量的影响[J].山东农业科学,2000,(5):16-18.
- [10] 程素贞,王秀功.钾肥对小麦 N、P、K 的吸收分配及产量、品质的影响[J].安徽农业大学学报,1993,20(3):252-259.
- [11] Koeh K, Mengel K. Effect of K on N utilization by spring wheat during grain protein formation[J]. Agronomy J, 1977, 69: 477-480.
- [12] 李友军,熊瑛,骆炳山,等.氮、钾及其互作对两种质型小麦品质性状的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):87-90.
- [13] 宋建民,刘爱峰,吴祥云,等.氮钾配合施肥对小麦济南 17 品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(3):344-350.
- [14] 苗玉红,韩燕来,王宜伦,等.钾对不同超高产小麦品种产量及氮、磷吸收效应的影响[J].土壤通报,2007,38(5):1022-1024.
- [15] 裴雪霞,张定一,王姣爱,等.钾对优质强筋小麦产量及品质影响的研究[J].中国种业,2003,(5):23-26.
- [16] 赵俊晔,于振文,李廷奇,等.施氮量对小麦氮磷钾养分吸收利用和产量的影响[J].西北植物学报,2006,26(1):98-102.
- [17] 苗艳芳,李友军,张会民,等.氮钾肥对小麦养分吸收的影响及增产效应[J].西北农业大学学报,1999,4(2):43-47.
- [18] 我国钾肥对外依存度 70% 进口氯化钾将补涨[EB/OL]. <http://feiliao. aweb. com. cn/2008/1108/7436105049340. shtml>, 2008-11-08.
- [19] 我国钾肥资源不足,应怎样合理分配和施用[EB/OL]. <http://www. kpzs. net/rural/163/manure/200711/570316. html>, 2008-03-15.
- [20] 时雪松.2008 年钾肥价格大涨已是定局,上调盈利预测[EB/OL]. <http://stock1. jyj. com. cn/news/2007-12-14/000003056001. html>, 2007-12-14.
- [21] 吕小荣,努尔夏提·朱马西,吕小莲,等.我国秸秆还田技术现状与发展前景[J].现代化农业,2004,(9):213-216.
- [22] 刘亚柏,储国良,崔春红,等.有机无机复合肥对小麦某些性状及土壤养分的影响[J].金陵科技学院学报,2005,21(2):72-76.
- [23] 崔振岭,刘全清.中国复混肥的施用现状[EB/OL]. http://www. nzdb. com. cn/html/200709155/2007-3/8/16_10_23_49467. html, 2007-03-08.
- [24] 上海植物生理学会.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:210-213.
- [25] 山东农业大学种子教研室.作物种子实验技术[M].郑州:河南科学技术出版社,1990:137-141.
- [26] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2002:301-368.
- [27] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科技出版社出版,1983:308-309.

Effects of different K sources and rates on grain yield, quality and nutrient absorption of wheat

WANG Gui-liang, HUANG Yu-fang, YE You-liang
(He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 45002, China)

Abstract: An experiment was conducted in Huaxian, He'nan Province to compare the effects of different kinds of potassium fertilizers and their application rate on winter wheat under six potassium levels (0, 45, 90, 135, 180 and 225 kg/hm²). The results showed: potassium application could increase the yield, 1000-grain weight, the number of grains per ear, amino acid, the content of protein, but the utilization efficiency of potassium always went down after reaching some amount of potassium application. At the same rate of K application, the effect of Lop Nur KS₂O₄ was better or almost the same as other kinds of potassium. When the amount of K application was 135 kg/hm², these indexes were the biggest, including the grain yield, total yield, the content of nutrient in seed, amino acid and the profit. When the amount of K application was 180 kg/hm², the content of protein in seed was the biggest. Through the equation, it showed that when the amount of K application was 121.4 kg/hm², the value of output was 10 227.4 Yuan/hm² and the profit was 8 392.0 Yuan/hm².

Keywords: potassium fertilizer; winter wheat; amino acid; protein; K utilization efficiency; economic benefit