

钾对春小麦生理特性、产量及品质的影响

李玉影¹, 金继运², 刘双全¹, 黄绍文²

(1 黑龙江省农业科学院土壤肥料研究所, 黑龙江哈尔滨 150086;

2 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

摘要: 采用盆栽和田间试验方法研究钾对春小麦生理特性、产量和品质的影响。盆栽试验设 5 个处理, 于三叶期和拔节期采植株倒二叶, 于开花期、灌浆期和蜡熟期采植株旗叶测定叶绿素含量、光合作用速率和硝酸还原酶活性。结果表明, 适量的钾肥能提高小麦叶片叶绿素含量和光合作用速率, 增加硝酸还原酶活性, 延缓叶片衰老。田间试验在黑龙江省小麦主产区黑土和白浆土上进行。试验设 5 个处理, 于收获期测产, 并取子粒样品进行品质分析。试验结果表明, 黑龙江省春小麦钾的适宜用量为(K_2O) 37.5 ~ 52.5 kg/hm², 施钾平均增产 9.9%; 适量的钾肥能提高小麦品质, 尤其是对加工品质效果显著。

关键词: 钾; 春小麦; 生理特性; 产量; 品质

中图分类号: S512.106

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2005)03-0449-07

Effects of potassium on physiological characteristics, yield and quality of spring wheat

LI Yu-ying¹, JIN Ji-yun², LIU Shuang-quan¹, HUANG Shao-wen²

(1 Soil and Fertilizer Institute, Heilongjiang AAS, Harbin 150086, China;

2 Soil and Fertilizer Institute, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Spring wheat is one of the main grain crops in Heilongjiang province of China. The annual planted area is about 0.2 million hectares. The yield and quality of the spring wheat in the province is below the medium level in the country. So it is an urgent problem to enhance the yield and the quality. Potassium is not only the essential nutrient for crops growth and development, but also an important element in quality formation. The aim of the paper is to study the effect of potassium on the physical characteristics, yield and quality of spring wheat, and to provide technical support for high yield and high quality and high efficiency fertilization for wheat production in Heilongjiang province.

The methods of pot culture and field experiment were adopted to study the effect of potassium on the physiological characteristics, yield and quality of the spring wheat. There were 5 treatments for the pot culture experiment and the rate of potassium (K_2O) was 0, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 g/kg. The samples of the second leaf from the top of the wheat plants at the stages of three-leaf and jointing and the samples of the flag leaf at the stages of blooming, filling and maturing were collected for the determination of chlorophyll content, photosynthesis rate and the activity of nitrate reductase. The result of pot experiment showed that potassium could increase the chlorophyll content in the leaves. With potassium application, the chlorophyll content in the leaves increased by 0.51, 0.37, 0.75, 0.55 and 0.28 mg/g from three-leaf stage to maturing stage respectively compared to the control, on average. Among these, the optimum rate for the increase of chlorophyll content was K_2O 0.10g/kg. With potassium application the rate of photosynthesis increased by 0.44, 1.87, 2.11 and 1.49 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ from jointing stage to maturing stage respectively compared to the control, on average. Among these treatments, the optimum rate of potassium for photosynthesis was K_2O 0.20g/kg. Potassium also showed a good effect on the activity of nitrate reductase of the spring wheat. With potassium application the nitrate reductase activi-

收稿日期: 2004-06-14

修改稿收到日期: 2004-08-23

基金项目: 国家农业科技跨越计划(龙 94-4083 面包强筋小麦生产技术体系示范项目); 加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)资助。

作者简介: 李玉影(1962—), 女, 黑龙江省方正县人, 硕士, 副研究员, 从事植物营养和土壤肥料研究。

ty(NRA) increased by NO_2^- 17.7, 17.6, 21.9, 23.9 and 13.5 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, FW from three-leaf stage to maturing stage respectively compared to the control, on average. Among these treatments, the optimum rate of potassium for NRA was K_2O 0.20g/kg.

The field experiments were conducted in the main region of spring wheat production in Heilongjiang province. The soils for the experiments were black soil and planosol. There were 5 treatments with 3 replications. The rate of potassium was (K_2O): 0, 22.5, 37.5, 52.5 and 82.5 kg/ha. The experimental result showed that potassium had a significant effect on the yield and quality of spring wheat. On the view point of yield and quality, the optimum rate of potassium for wheat in Heilongjiang province was K_2O 37.5—52.5 kg/ha, the yield increased by 3.8%—18.1%, the average was 9.9%. Appropriate rate potassium application could improve wheat quality, especially on the processing quality. Compared the treatments of potassium with control, the protein content increased by 0.36 percent, wet gluten content by 2.33 percent, sedimentation value by 3.07mL, time of stability by 4.13 min, the maximum resistance by 10.2 EU, the extensibility by 1.4cm and the bread volume increased 10.4mL, on average. Potassium application could affect the components of protein in wheat. Compared the treatments of potassium with control, albumine content increased by 0.14 percent, globuline content by 0.13 percent, glutenine content by 0.39 percent and prolamine content decreased by 0.42 percent.

Key words: potassium; spring wheat; physiological characteristics; yield; quality

小麦是黑龙江省主要粮食作物之一,年播种面积在 $23 \times 104 \text{ hm}^2$ 左右。但是小麦产量和品质在我国仅处于中、下游水平,主要表现在面筋强度弱、面团流变学特性差、沉淀值低、面包烘烤品质差。面对加入 WTO 后对我国农产品出口与内销的冲击,如何在提高产量的同时,进一步提高面粉营养品质和加工品质是亟待解决的问题。作物产量的高低和品质的优劣除了受作物本身遗传特性影响外,环境因素尤其是施肥对其影响很大。钾是作物生长发育必需的营养元素,同时又是参与品质形成的重要元素。据此,开展了钾对优质强筋面包小麦生理特性、产量及品质影响的研究,旨在为黑龙江省小麦优质、高产、高效施肥提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

1.1.1 盆栽试验 研究钾对春小麦主要生理特性的影响。试验在黑龙江省农科院土肥所盆栽场进行。供试土壤为薄层黑土,土壤养分状况见表 1。试验在施 NP 基础上设钾的用量为 K_2O 0、0.05、0.10、0.20 和 0.50 g/kg 等 5 个处理,分别用 NP、NPK1、NPK2、NPK3 和 NPK4 表示,8 次重复。氮用量为 N 0.2 g/kg,磷的用量为 P_2O_5 0.1 g/kg。试验用米氏盆(25cm \times 30cm),每盆装风干土 13 kg,供试小麦品种为优质强筋面包小麦龙麦 26(龙 94-4083),每盆播种 40 粒,定苗 25 株。2002 年 5 月 12 日播种。于三叶期和拔节期取小麦倒二叶,开花期、灌浆期和

蜡熟期取小麦旗叶测定叶绿素含量、光合作用速率及硝酸还原酶活性。

1.1.2 田间试验 研究钾对小麦产量和品质的影响。试验设在黑龙江省东部白浆土小麦主产区的 859 农场和建三江管局科研所及北部黑土小麦主产区的克山沈空第一农场。供试土壤养分状况见表 1。试验设 5 个处理,即: NP、NPK1、NPK2、NPK3 和 NPK4。钾的用量分别为(K_2O) 0、22.5、37.5、52.5 和 82.5 kg/hm²,氮用量为(N) 90 kg/hm²,磷的用量为(P_2O_5) 75 kg/hm²。3 次重复,小区面积 15m²。供试小麦品种为龙麦 26(龙 94-4083)。859 农场和建三江管局科研所小麦种植密度为 600×10^4 株/hm²,克山沈空第一农场种植密度为 550×10^4 株/hm²。氮肥用尿素,磷肥用磷酸二铵,钾肥用硫酸钾,全部用做种肥,开深沟,侧条施,覆土后播种。

1.2 测定项目和方 法

叶绿素含量:丙酮和酒精混合液(1:1)提取,分光光度法测定^[1];光合作用速率:采用 LI-COR 6400 型便携式光合仪活体测定^[2];硝酸还原酶活性:采用磺胺比色法测定^[1];湿面筋含量:采用布拉班德全自动面筋仪,盐洗法测定^[3];沉降值:小麦沉降值试验改良法^[3](AACC 方法 56-62);稳定时间:采用布拉班德粉质测定仪(Brabender Farinograph)测定^[3];最大抗延阻力、延伸性:采用布拉班德拉伸仪(Brabender Extensograph)测定^[3];粗蛋白含量:硫酸—过氧化氢消化,半微量开氏定氮法测定^[3];蛋白质组分:采用水、盐、醇和碱溶液分别提

取不同蛋白质组分,半微量开氏定氮法测定^[1]。

表 1 供试土壤基础肥力
Table 1 The basic fertility of selected soils

地点 Location	土壤类型 Soil type	pH	有机质	速效 N	速效 P	速效 K	有效 S	有效 Zn	有效 B
			OM (g/kg)	Avail. N	Avail. P	Avail. K	Avail. S	Avail. Zn	Avail. B
哈尔滨 Harbin	黑土 Black soil	6.2	27.4	109.6	39.0	171.2	11.7	2.1	0.32
859 农场 859 farm	白浆土 Planosol	5.1	34.2	136.5	62.5	182.6	15.3	2.5	0.29
建三江 Jiansanjiang	白浆土 Planosol	5.4	36.7	126.3	58.5	166.2	18.9	1.8	0.23
克山 Keshan	黑土 Black soil	6.5	41.8	143.7	41.3	192.0	13.6	1.6	0.47

2 结果与分析

2.1 钾对春小麦生理特性的影响

2.1.1 对叶绿素含量的影响 试验结果(表 2)表明,钾对春小麦叶绿素含量有明显的正效应。小麦生育前期叶片叶绿素含量较高,中、后期逐渐降低。钾能增加小麦叶片叶绿素含量,从三叶期至灌浆期,

施钾处理较对照叶绿素含量平均分别增加 0.51、0.37、0.75、0.55 和 0.28 mg/g,其中 K2 用量对小麦旗叶叶绿素含量效果最好,各生育期较对照分别增加 0.67、0.73、1.10、1.03 和 0.18 mg/g。叶绿素的增加为小麦光合作用奠定了物质基础,尤其是生育中后期增加叶片叶绿素含量,能够延长小麦叶片功能期,对干物质的积累具有重要意义。

表 2 小麦不同生育期叶绿素含量(mg/g, FW)

Table 2 Chlorophyll content in wheat plant in different growing stage

处理 Treatment	三叶期 Three-leaf	拔节期 Jointing	开花期 Blooming	灌浆期 Filling	蜡熟期 Wax maturing
NP	3.29 ± 0.16 bA	5.30 ± 0.13 cB	4.04 ± 0.15 bA	3.17 ± 0.07 cA	1.26 ± 0.15
NPK1	3.40 ± 0.08 bA	5.63 ± 0.17 bA	4.80 ± 0.37 aA	3.46 ± 0.14 cA	1.38 ± 0.11
NPK2	3.96 ± 0.25 aA	6.03 ± 0.22 aA	5.14 ± 0.26 aA	4.20 ± 0.19 aA	1.44 ± 0.08
NPK3	4.01 ± 0.10 aA	5.74 ± 0.17 bA	5.02 ± 0.12 aA	4.02 ± 0.17 aA	1.64 ± 0.13
NPK4	3.82 ± 0.17 aA	5.27 ± 0.31 bA	4.18 ± 0.21 bA	3.21 ± 0.17 cA	1.68 ± 0.14

注(Note):不同大小写字母表示差异达 1% 和 5% 显著水平,下同。Different capital and small letters mean significant at 1% and 5% levels, same as follows.

2.1.2 对光合速率的影响 表 3 表明,春小麦不同生育时期叶片光合作用速率不同,呈单峰曲线变化,开花期最高,其次是灌浆期,蜡熟期最低。钾对小麦叶片光合作用速率有明显的促进作用,自拔节期至蜡熟期,各生育期施钾处理较对照光合作用速率平均分别增加 CO₂ 0.44、1.87、2.11 和 1.49 μmol/(m²·s),不同施钾量对小麦光合作用速率效果不同,K3 用量对小麦光合作用速率效果最好,较对照分别增加 CO₂ 0.59、2.33、2.70 和 2.20 μmol/(m²·s),过高或过低均达不到最佳生理调节作用。

2.1.3 对硝酸还原酶活性的影响 硝酸还原酶是作物氮同化的关键酶,其活性高低直接关系到子粒的产量和蛋白质含量^[4]。表 4 看出,小麦不同生育时期硝酸还原酶活性(NRA)变化很大,从三叶期至

开花期 NRA 呈上升趋势,开花期达最高,然后逐渐降低,蜡熟期最低。从三叶期至蜡熟期,各生育期施钾处理较对照硝酸还原酶活性平均提高 NO₂⁻ 17.7、17.6、21.9、23.9 和 13.5 μg/(g·h),FW,其中 K3 用量对小麦 NRA 效果最好,较对照分别增加 NO₂⁻ 28.2、23.9、32.3、39.3 和 23.3 μg/(g·h),FW。

2.2 钾对春小麦产量的影响

在 859 农场、建三江管局白浆土和克山黑土小麦主产区,施钾对春小麦有显著的增产效果,增产幅度 3.8%~18.1%,平均增产 9.9%(表 5)。综合经济效益分析看出,3 个试验点钾的适宜用量均为 K3,即 52.5 kg/hm²,较对照分别增产 18.1%、14.0% 和 12.7%,每千克 K₂O 增产分别为 10.7 kg、9.5 kg 和 9.8 kg,经济效益分别为 613、533 和 551 元/hm²。钾

表 3 不同生育期小麦叶片光合作用速率 [$\text{CO}_2, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]

Table 3 Photosynthesis rate of flag leaf of wheat at different stages

处理 Treatment	拔节期 Jointing	开花期 Blooming	灌浆期 Filling	蜡熟期 Wax maturing
NP	1.82 ± 0.09 cB	13.86 ± 0.59 bA	11.12 ± 0.42 cB	7.32 ± 0.26 eB
NPK1	1.94 ± 0.16 aB	15.07 ± 0.62 aA	12.08 ± 0.31 bB	7.81 ± 0.34 dB
NPK2	2.32 ± 0.12 aA	16.32 ± 0.64 aA	12.96 ± 0.49 aA	8.74 ± 0.26 cA
NPK3	2.41 ± 0.09 aA	16.19 ± 0.34 aA	13.82 ± 0.66 aA	9.52 ± 0.43 aA
NPK4	2.35 ± 0.15 aA	15.33 ± 0.74 aA	14.07 ± 0.14 aA	9.15 ± 0.31 bA

表 4 不同生育期小麦叶片硝酸还原酶活性 [$\text{NO}_2^-, \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h}), \text{FW}$]

Table 4 Nitrate reductase activity of flag leaf of wheat in different growing stage

处理 Treatment	三叶期 Three-leaf	拔节期 Jointing	开花期 Blooming	灌浆期 Filling	蜡熟期 Wax maturing
NP	101.5 ± 2.3 cB	144.6 ± 2.8 bA	226.9 ± 4.8 cA	172.3 ± 4.5 cB	68.6 ± 2.0 cC
NPK1	106.3 ± 1.2 cB	149.4 ± 4.6 bA	235.9 ± 7.3 bA	187.3 ± 4.7 bB	72.5 ± 1.3 cC
NPK2	121.5 ± 1.3 bA	172.7 ± 3.9 aA	255.7 ± 4.0 aA	199.9 ± 2.8 aA	82.4 ± 1.6 bB
NPK3	129.7 ± 3.0 aA	168.5 ± 6.2 aA	259.2 ± 3.6 aA	211.6 ± 3.9 aA	91.9 ± 1.1 aA
NPK4	119.1 ± 2.6 bA	158.2 ± 5.1 aA	244.2 ± 2.6 bA	186.0 ± 3.1 bB	81.7 ± 1.1 bB

表 5 钾对春小麦产量的影响

Table 5 Effect of potassium on spring wheat yield

地点 Location	处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm^2)	增产 Increase			效益 Benefits ($\text{¥}/\text{hm}^2$)
			(kg/hm^2)	(%)	($\text{K}_2\text{O kg}/\text{kg}$)	
859 农场 859 farm	NP	3100 ± 120 bA	—	—	—	—
	NPK1	3267 ± 140 bA	167	5.4	7.4	168
	NPK2	3533 ± 160 aA	433	14.1	11.6	480
	NPK3	3660 ± 67 aA	560	18.1	10.7	613
	NPK4	3460 ± 113 aA	360	11.6	4.4	287
建三江 Jiangsanjiang	NP	3554 ± 73 bB	—	—	—	—
	NPK1	3713 ± 140 aA	159	4.5	7.1	157
	NPK2	3940 ± 80 aA	386	10.9	10.3	419
	NPK3	4053 ± 87 aA	499	14.0	9.5	533
	NPK4	3853 ± 60 aA	299	8.4	3.6	207
克山 Keshan	NP	4047 ± 87 bA	—	—	—	—
	NPK1	4200 ± 40 bA	153	3.8	6.8	149
	NPK2	4387 ± 100 aA	340	8.4	9.1	360
	NPK3	4560 ± 127 aA	513	12.7	9.8	551
	NPK4	4333 ± 53 aA	286	7.1	3.5	190

注 (Note): 小麦价格 1.30 元/kg The price of wheat was 1.30 ¥/kg; 硫酸钾价格 2200 元/t The price of potassium sulfate was 2200 ¥/t.

肥过低达不到增产效果, 过高影响小麦正常生长发育, 同时造成资源浪费。

2.3 钾对春小麦品质的影响

2.3.1 与小麦品质性状的关系 在 859 农场、建三江管局和克山沈空第一农场钾对龙麦 26 品质的影响试验结果(表 6)表明, 859 农场白浆土施钾处理较对照小麦蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值、面团稳定时间分别增加 0.44 个百分点、2.3 个百分点、

2.2mL、3.8 min; 建三江农科所白浆土施钾处理较对照小麦蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值、面团稳定时间分别增加 0.35 个百分点、2.1 个百分点、3.8mL、3.6 min; 克山沈空第一农场黑土施钾处理较对照蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值、面团稳定时间分别增加 0.28 个百分点、2.6 个百分点、3.2mL、5.0 min。小麦蛋白质含量、湿面筋含量和沉淀值含量比较稳定, 而稳定时间及抗延阻力等品质性状稳

定性较差,通过施肥调控可以得到改善^[5]。钾对增加小麦湿面筋含量、沉淀值和稳定时间效果显著,尤其是对稳定时间效果突出。拉伸仪分析结果表明(表6),859农场白浆土小麦施钾处理较对照最大抗延阻力、延伸性、面包体积分别增加21.8EU、1.4cm、7.3mL;建三江科研所白浆土小麦施钾处理较对照最大抗延阻力、延伸性、面包体积分别增加19.3EU、1.2cm、11.0mL;克山沈空第一农场黑土小麦施钾处理较对照最大抗延阻力、延伸性、面包体积分别增加

24.8EU、1.7cm、13.0mL。3个试验点施钾较对照蛋白质含量平均增加0.36个百分点,湿面筋含量平均增加2.33个百分点,沉降值平均增加3.07mL,稳定时间平均增加4.13min,最大抗延阻力平均增加10.2EU,延伸性平均增加1.4cm,面包体积平均增加10.4mL。钾对优质强筋小麦龙麦26加工品质有明显的正效应,以K2和K3钾肥用量效果最好,3个试验点结果呈同样趋势。

表6 钾对春小麦品质的影响

Table 6 Effect of potassium on the quality of spring wheat

地点 Location	处理 Treat.	蛋白质 Protein (%)	湿面筋 Wet gluten (%)	沉降值 Sedimentation (mL)	稳定时间 Time of stability (min)	最大阻力 Max. resistance (E.U)	延伸性 Extensibility (cm)	面包体积 Bread volume (mL)
859农场 859 farm	NP	16.5 ± 0.1	34.4 ± 0.4 cA	63.2 ± 0.7 cB	11.5 ± 0.4 cB	310 ± 4.3 bB	22.0 ± 0.4	637 ± 2.6 cA
	NPK1	16.8 ± 0.3	35.8 ± 0.2 bA	65.2 ± 0.4 bA	15.6 ± 0.3 aA	313 ± 4.7 bB	23.5 ± 0.4	640 ± 2.5 bA
	NPK2	17.1 ± 0.2	36.7 ± 0.5 aA	66.5 ± 0.4 aA	16.5 ± 0.4 aA	347 ± 6.6 aA	24.0 ± 0.3	644 ± 3.0 bA
	NPK3	17.1 ± 0.1	36.9 ± 0.3 aA	65.8 ± 0.4 aA	14.6 ± 0.4 bA	338 ± 6.3 aA	23.6 ± 0.6	651 ± 3.8 aA
	NPK4	16.8 ± 0.2	37.2 ± 0.4 aA	64.1 ± 0.2 bA	14.3 ± 0.5 bA	329 ± 2.6 aA	22.5 ± 0.4	642 ± 4.0 bA
建三江 Jiansanjiang	NP	16.3 ± 0.4	33.5 ± 0.3 cB	60.8 ± 0.5 bB	9.5 ± 0.2 dB	397 ± 3.8 bB	21.5 ± 0.6 bA	652 ± 2.3 cA
	NPK1	16.4 ± 0.4	34.9 ± 0.2 bA	62.1 ± 0.2 bB	11.6 ± 0.4 cA	408 ± 5.6 bB	23.2 ± 0.5 aA	663 ± 2.1 cA
	NPK2	16.6 ± 0.1	35.3 ± 0.4 aA	65.2 ± 0.2 aA	13.1 ± 0.3 bA	420 ± 2.6 aA	24.7 ± 0.8 aA	671 ± 1.5 aA
	NPK3	16.6 ± 0.2	36.1 ± 0.3 aA	65.8 ± 0.3 aA	14.5 ± 0.5 aA	433 ± 4.0 aA	22.8 ± 0.4 aA	673 ± 1.2 bA
	NPK4	16.6 ± 0.1	35.7 ± 0.2 aA	65.3 ± 0.5 aA	13.2 ± 0.4 bA	426 ± 3.6 aA	22.0 ± 0.8 bA	653 ± 1.7 bA
克山 Keshan	NP	16.1 ± 0.1 dC	32.9 ± 0.3 dD	61.2 ± 0.5 cC	13.3 ± 0.3 cC	397 ± 3.8 dC	21.5 ± 0.6 bA	652 ± 2.3 cC
	NPK1	16.5 ± 0.1 bB	35.3 ± 0.3 bB	63.2 ± 0.4 bB	16.8 ± 0.4 bB	408 ± 5.6 cC	23.2 ± 0.5 aA	663 ± 2.1 bB
	NPK2	16.9 ± 0.1 aA	35.8 ± 0.2 aA	64.8 ± 0.4 aA	20.2 ± 0.6 aA	420 ± 2.6 bB	24.7 ± 0.8 aA	671 ± 1.5 aA
	NPK3	16.2 ± 0.1 cC	34.7 ± 0.3 cD	65.2 ± 0.4 aA	17.5 ± 0.4 bB	433 ± 4.0 aA	22.8 ± 0.4 a	673 ± 1.2 aA
	NPK4	15.9 ± 0.1 dC	36.1 ± 0.3 aA	64.3 ± 0.3 aA	18.8 ± 0.3 aA	426 ± 3.6 aA	22.0 ± 0.8 b	653 ± 1.7 bC

2.3.2 对小麦蛋白质组分的影响 表7表明,859农场白浆土小麦施钾处理较对照清蛋白、球蛋白、麦谷蛋白、醇溶蛋白含量分别增加0.16、0.09、0.53、-0.45个百分点;建三江白浆土小麦施钾处理较对照清蛋白、球蛋白、麦谷蛋白、醇溶蛋白含量分别增加0.09、0.18、0.35、-0.28个百分点;克山黑土小麦施钾处理较对照清蛋白、球蛋白、麦谷蛋白、醇溶蛋白含量分别增加0.17、0.11、0.29、-0.52个百分点。其中K2和K3用量对蛋白质组分影响较大,3个试验点呈同样趋势。春小麦施钾肥主要提高子粒蛋白质中麦谷蛋白含量,对清蛋白、球蛋白略有提高,对醇溶蛋白有降低趋势,但提高麦谷蛋白与醇溶蛋白的比值,对提高小麦加工品质有重要意义。

3 讨论

3.1 钾对小麦生理特性的影响

钾能显著增加小麦旗叶叶绿素含量,施用量(K_2O)在150 kg/hm²范围内,叶绿素含量随施用量的增加而增加,当施用量提高到225 kg/hm²时,叶绿素含量反而下降^[6]。钾是叶绿体中含量最高的金属元素,叶子中50%的钾集中在叶绿体上。缺钾时叶绿蛋白解体,叶绿素也遭破坏。适量增施钾肥有利于小麦叶绿素含量增加^[7]。本试验结果表明,施钾肥能增加小麦叶片叶绿素含量,从三叶期至灌浆期,施钾处理较对照叶绿素含量平均分别增加0.51、0.37、0.75、0.55和0.28 mg/g。不同钾肥用量对小

表7 钾对春小麦蛋白质组分含量的影响

Table 7 Effect of potassium on the content of protein components of spring wheat

地点 Location	处理 Treatment	清蛋白 Aibumine (%)	球蛋白 Globumine (%)	麦谷蛋白 Glutenine (%)	醇溶蛋白 Prolamine (%)	麦谷/醇溶 Glu/Pro
859 农场 859 farm	NP	1.31 ± 0.02 bB	0.93 ± 0.08	6.47 ± 0.03 dD	4.62 ± 0.06 aA	1.40 ± 0.01 dD
	NPK1	1.29 ± 0.06 bB	0.98 ± 0.03	6.53 ± 0.11 dD	4.33 ± 0.05 bB	1.51 ± 0.04 cC
	NPK2	1.41 ± 0.03 bB	1.05 ± 0.04	7.18 ± 0.03 bB	3.97 ± 0.07 dD	1.81 ± 0.04 aA
	NPK3	1.60 ± 0.04 aA	1.12 ± 0.03	7.36 ± 0.05 aA	4.13 ± 0.12 cC	1.78 ± 0.05 aA
	NPK4	1.57 ± 0.04 aA	0.93 ± 0.03	7.01 ± 0.04 cC	4.29 ± 0.03 bB	1.63 ± 0.02 bB
建三江 Jiansanjiang	NP	1.33 ± 0.02 bA	0.86 ± 0.06 bA	6.35 ± 0.03 bB	4.29 ± 0.07 aA	1.48 ± 0.03 bB
	NPK1	1.38 ± 0.02 aA	0.92 ± 0.02 bA	6.51 ± 0.11 bB	4.18 ± 0.04 aA	1.56 ± 0.03 bB
	NPK2	1.46 ± 0.03 aA	1.07 ± 0.07 aA	6.84 ± 0.09 aA	3.96 ± 0.08 bA	1.73 ± 0.04 aA
	NPK3	1.44 ± 0.06 aA	1.13 ± 0.06 aA	6.76 ± 0.02 aA	3.87 ± 0.09 bA	1.75 ± 0.05 aA
	NPK4	1.40 ± 0.03 aA	1.04 ± 0.02 aA	6.68 ± 0.09 aA	4.03 ± 0.05 bA	1.66 ± 0.04 aA
克山 Keshan	NP	1.44 ± 0.04 bA	1.02 ± 0.18	6.93 ± 0.16 bA	4.42 ± 0.06 aA	1.57 ± 0.04 eE
	NPK1	1.54 ± 0.04 bA	1.08 ± 0.09	7.08 ± 0.17 aA	4.17 ± 0.07 aA	1.69 ± 0.04 dD
	NPK2	1.67 ± 0.05 aA	1.14 ± 0.05	7.34 ± 0.06 aA	3.82 ± 0.08 bB	1.92 ± 0.04 bB
	NPK3	1.71 ± 0.04 aA	1.23 ± 0.04	7.45 ± 0.08 aA	3.70 ± 0.13 bB	2.00 ± 0.05 aA
	NPK4	1.53 ± 0.05 bA	1.05 ± 0.07	7.13 ± 0.06 aA	3.92 ± 0.06 bB	1.81 ± 0.04 cC

麦叶片叶绿素含量也有不同影响,以 K2(0.10g/kg)用量效果最好。

小麦子粒产量大约有 3/4 来自开花后的光合产物,而光合产物的积累与叶面积大小、叶绿素含量和光合强度密切相关^[8]。小麦旗叶硝酸还原酶活性与淀粉、蛋白质和产量呈显著正相关^[9]。小麦施钾肥有利于氮的吸收利用,单施氮时氮素利用率为 16.7%~39.1%,氮钾配合时氮素利用率为 29.3%~60.8%^[10]。硝酸还原酶(NRA)是诱导酶,植物体内硝态氮含量增加时会刺激硝酸还原酶的产生,而硝酸还原酶含量及活性的提高又促进氮的吸收和同化。NRA 的提高促进了 N 代谢,有利于小麦生长发育,进而提高产量、改善品质。硝酸还原酶活性不仅与子粒产量和蛋白质含量相关,与品种、环境因素和作物耐肥性相关^[9]。本研究表明,钾对春小麦生理特性有明显的正效应,适量的钾肥能增加小麦叶绿素含量,增强光合作用速率,增加硝酸还原酶活性。钾对春小麦生理效应的调节呈抛物线形,钾施用量过低和过高均影响某些生理过程的正常有序进行。

3.2 钾对小麦产量的影响

黑龙江省春小麦施钾肥有较好的增产效果,主要是增加了小麦有效分蘖、穗粒数和千粒重。适宜的钾肥用量为 K₂O 37.5~52.5kg/hm²,增产幅度 3.8%~18.1%,平均 9.9%。何萍等^[11]研究表明,黑龙江省黑土和白浆土小麦主产区小麦施钾肥效果显

著,施硫酸钾 105 kg/hm²,增产 3.1%~4.9%。在施钾的同时,应注意 N、P、S、Zn、B 等营养元素的平衡施用,达到优质、高产、高效的生产目的。

3.3 钾对小麦品质的影响

评价小麦品质的优劣,应由各品质性状和面粉的不同用途综合决定,对于不同用途的面粉有不同的评价指标^[12]。湿面筋含量与麦谷蛋白含量呈显著正相关,与醇溶蛋白含量相关不显著,与麦谷蛋白/醇溶蛋白比值呈显著正相关。麦谷蛋白/醇溶蛋白比值的大小与稳定时间呈显著正相关,而稳定时间是衡量面粉强度的一个重要指标,因此麦谷蛋白/醇溶蛋白比值直接影响面团的强度即耐揉性能^[13]。本试验结果与有关报道基本一致。子粒蛋白质含量与面包体积呈显著正相关,然而影响烘烤品质好坏不仅是蛋白质的量,更重要的是蛋白质的质。本试验结果表明,钾具有改善小麦品质的作用,尤其是对小麦的加工品质效果明显,增加了湿面筋和沉淀值含量,增加了抗延阻力和延伸性,使面包体积增大,柔韧性增强。钾对小麦湿面筋含量、沉淀值和稳定时间效果显著,主要原因是施钾肥增加了蛋白含量,尤其是增加蛋白质中麦谷蛋白的含量。施钾肥具有增加产量、改善品质的作用,但不是越多越好。黑龙江省小麦主产区土壤主要为黑土、白浆土和草甸黑土,土壤钾素相对缺乏,但小麦是低产作物,而且“十年九春旱”,影响小麦产量和肥效的正常发挥,钾的适

宜用量为 K_2O 37.5 ~ 52.5kg/hm²。从品质角度出发,硫酸钾效果好于氯化钾,主要原因是土壤中缺硫,而硫对小麦蛋白质含量及组成有重要意义。

参考文献:

- [1] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
Zhang Z L, Qu W J. Guide for plant physiology experiment[M]. Beijing: The Publishing House of Higher Education, 2003.
- [2] 上官周平. 氮素营养对旱作小麦光合特性的调控[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3 (2): 105-109.
Shangguan Z P. Regulation of nitrogen nutrition on photosynthetic characteristics of winter wheat on dryland [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1997, 3 (2): 105-109.
- [3] 柯惠玲, 李庆龙. 谷物品质分析[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1989.
Ke H L, Li Q L. Quality analysis of cereals[M]. Wuhan: The Publishing House of Science and Technology of Hubei Province, 1989.
- [4] 李春喜, 姬生栋, 石惠恩, 姜丽娜. 小麦生育中后期硝酸还原酶活性及其与穗粒重关系的研究[J]. 麦类作物, 1998, 18(3): 48-51.
Li C X, Ji S D, Shi H E, Jiang L N. Study on the relationship between nitrite reductase activity in the late growth stages and the grain weight of wheat[J]. Tritical Crops, 1998, 18(3): 48-51.
- [5] 董树连, 王卫国, 李春茂, 等. 旱地高产小麦光合速率与产量变化的研究[J]. 莱阳农学院学报, 2000(3): 194-195.
Dong S L, Wang W G, Li C M *et al*. Reserch on the photosynthesis rate and yield in dry land wheat of high yield[J]. J. of Laiyang Agric. College, 2000, 17(3): 194-195.
- [6] 付国占, 李友军, 李春霞, 等. 钾素对小麦生长发育及子粒产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(6): 617-620.
Fu G Z, Li Y J, Li C X *et al*. Effect of potassium on growth and grain production of winter wheat [J]. J. of Shenyang Agric. Univ., 1999, 30(6): 617-620.
- [7] 何念祖, 孟赐福. 植物营养原理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
He N Z, Meng C F. Principal of plant nutrition[M]. Shanghai: The Publishing House of Science and Technology of Shanghai, 1987.
- [8] 李友, 付占国. 高产小麦前氮后移施肥技术[J]. 作物杂志, 1997 (3): 15-16.
Li Y, Fu Z G. Technology of nitrogen fertilizer shifting form early to late growing stage in high yield land[J]. Crops Magazine, 1997 (3): 15-16.
- [9] 樊小林, 李玲, 何文勤, 汪沛洪. 近等基因系抗旱小麦氮素营养遗传性状的研究[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19 (4): 50-54.
Fan X L, Li L, He W Q, Wang P H. Nitrogen nutrition properties of drought tolerance winter wheat of near isogenic lines[J]. J. of Huanan Agric. Univ., 1998, 19(4): 50-54.
- [10] 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, 7(2): 43-47.
Miao Y F, Li Y J, Zhang H M *et al*. Influence of nitrogen potassium fertilizers on nutrient assimilation of wheat and yield increase effect [J]. J. of Northwest Agric. Univ., 1999, 27(2): 43-47.
- [11] 何萍, 李玉影, 金继运. 钾肥用量对面包强筋小麦产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2002(1): 20-22.
He P, Li Y Y, Jin J Y. Effect of application rates on yield and quality in bread wheat [J]. Soils and Fertilizers, 2002(1): 20-22.
- [12] 王瑞, 李硕碧. 面包、面条、馒头质量与小麦面粉主要品质参数的相关分析[J]. 国外农学—麦类作物, 1995, (3): 35-37.
Wang R, Li S B. Correlation analysis on the quality of bread, noodles and steamed bun with the main parameters of the wheat flour quality[J]. Overseas Agronomy-Tritical Crops, 1995, (3): 35-37.
- [13] 赵乃新, 顾小红, 兰静, 等. 小麦品质性状与蛋白质组含量关系的研究[J]. 麦类作物, 1998, 18(4): 44-47.
Zhao N X, Gu X H, Lan J *et al*. Study on the relationship between the quality properties and the components of protein of wheat [J]. Tritical Crops, 1998, 18(4): 44-47.