

碱性枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟 抗性及其根系生长的影响

刘光快¹,王 丰^{1*},陈维林¹,韦建玉²,李 鑫³

(1. 贵州省烟草公司黔西南州公司,贵州 兴义 562400; 2. 广西中烟工业有限责任公司, 广西 南宁 530001; 3. 湖南农业大学 生物科学技术学院,湖南 长沙 410128)

摘要:为探明枸溶性钾肥对烤烟抗病性、抗旱性和根系生长的影响,采用盆栽试验,研究了枸溶性钾肥与硫酸钾不同比例配施对烤烟病害情况、抗旱性相关生理指标及根系生长的影响。结果表明: T2 处理(75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾)烤烟对野火病和烟草花叶病的抗性最强,病情指数最低,分别为 4.63 和 3.52,较 T1 处理(100% 硫酸钾)分别下降 69.80% 和 52.62%;气候自然斑发病率最低,为 4.55%,较 T1 处理降低 66.64%;烟叶脯氨酸、可溶性糖含量在干旱 48 h 内一直呈增加趋势,且在 5 个处理中最高;MDA 含量最低且与其他处理差异显著;烤烟总根长、根总表面积最大,根尖数最多,与其他处理差异显著,分别较 T1 处理增加 81.58%、91.98%、133.45%。总体而言,75% 枸溶性钾 + 25% 硫酸钾处理烤烟的抗病性和抗旱性及根系生长表现最好,建议在保水能力差、土壤酸化严重的植烟土壤或降雨量少的烟区采用该配施比例。

关键词: 烤烟; 抗病性; 抗旱性; 根系生长; 枸溶性钾肥

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2017)06 - 0043 - 05

Effects of Combined Application of Citrate Soluble Potassium Fertilizer and Potassium Sulfate Fertilizer on Resistance and Root Growth of Flue-cured Tobacco

LIU Guangkuai¹, WANG Feng^{1*}, CHEN Weilin¹, WEI Jianyu², LI Xin³

(1. Qianxinan Tobacco Company of Guizhou Province, Xingyi 562400, China;

2. China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530001, China;

3. College of Biological Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: In order to explore the effect of citrate-soluble potassium fertilizer on disease resistance, drought resistance and root growth of tobacco, the effect of different proportion of combined application of citrate-soluble potassium fertilizer and potassium sulfate fertilizer on disease situation, physiological index of drought resistance and root growth of tobacco by potted plant. The results showed that the T2 treatment with 75% citrate-soluble potassium fertilizer and 25% potassium sulfate fertilizer had the strongest resistance to wildfire and tobacco mosaic, the disease index was the lowest with 4.63 and 3.52 respectively, which decreased by 69.80% and 52.62% compared with T1 treatment (100% potassium sulfate fertilizer); the natural spot incidence of T2 treatment was the lowest with 4.55%, which decreased by 66.64% compared with T1 treatment; the proline and soluble sugar contents of T2 treatment in tobacco leaves showed an increasing trend in 48 h under drought stress, and were the highest among five treatments; the MDA content of T2 treatment was the lowest, and the difference was significant with the

收稿日期:2017-01-03
基金项目:贵州省烟草公司黔西南州公司科技项目(201606)
作者简介:刘光快(1987-),男,广西百色人,农艺师,硕士,主要从事烤烟生产管理。E-mail:liukuai2006@163.com
* 通讯作者:王 丰(1979-),男,湖北荆州人,研究员,博士,主要从事作物生理生态、现代农业及烟叶栽培与生理研究工作。
E-mail:yancaowangfeng@163.com

other treatments; the total root length and total surface area of T2 treatment were the highest, the root number of T2 treatment was the most, and the difference was significant with the other treatments, which increased by 81.58%, 91.98%, 133.45% respectively compared with T1 treatment. Generally speaking, the T2 treatment behaved the best in disease resistance, drought resistance and root growth of tobacco, so this proportion was suggested to be applied in tobacco area where the water conservation capacity was bad, soil was acidification and rainfall was less.

Key words: tobacco; disease resistance; drought resistance; root growth; citrate soluble potassium fertilizer

钾是烤烟生长发育所需的三大主要营养元素之一,不仅对烤烟生长发育至关重要,是烟叶的主要品质指标^[1-2],而且对烤烟抗病、抗旱具有重要的调节作用^[3]。现阶段,烤烟大田生产中施用的钾肥主要是硫酸钾、硝酸钾等水溶性无机肥料,但长期单纯施用无机肥易造成烟田土壤板结、有机质含量下降、烤烟化学成分比例失调及香气不足,难以满足卷烟工业的需求^[4-5],对提高烟叶钾含量的效果也不明显,且投入成本较高。枸溶性钾肥的钾素释放规律与作物需求同步,可以很好地满足作物各个生长时期对钾素的需求,且能减少钾肥的施用次数、降低钾肥使用成本,成为肥料领域研究的热点之一^[6]。近年来,关于枸溶性钾肥对烤烟^[7]、小麦^[8]、水稻^[9]、油菜^[10]等作物生理生化方面的影响研究已有较多报道,其中,在烤烟上的研究主要集中在其对烤烟生长发育^[11]、经济性状^[12]、钾含量^[13]的影响以及与其他钾肥配施对烤烟香气物质含量的影响^[14]方面,而关于枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟抗病性、抗旱性的影响研究鲜见报道。鉴于此,采用盆栽试验探讨了硫酸钾、枸溶性钾肥不同配施比例对烤烟抗病性、抗旱性及根系生长的影响,旨在为优质烤烟的栽培提供理论依据和技术支撑。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试烤烟品种为 K326,由湖南农业大学烟草研究院提供。供试硫酸钾(K_2O , 51%)由罗平县烟草公司提供;枸溶性钾肥(以 2% 的柠檬酸浸提后用肥料钾标准方法测定,含有效钾 25%、有效二氧化硅 20%、全钙和镁 4%,pH 值为 11)购于山西紫光钾业有限公司。氮肥为尿素(N, 46%),磷肥为过磷酸钙(P_2O_5 , 14%)。

供试土壤为旱地黄壤土,pH 值为 6.82,土壤含有机质 17.38 g/kg、全氮 1.61 g/kg、有效磷 7.19 mg/kg、速效钾 72.40 mg/kg,土壤最大田间持水量为 25.8%。

1.2 试验设计

2015 年 5 月于云南省曲靖市大水井烟叶基地

单元中进行常规漂浮育苗,育苗 50 d 后选取长势良好、未染病、生长一致的烟苗移栽至试验盆中,试验盆内径 15 cm、深 18 cm,每盆装土 4 kg,栽烟 1 株。5 月 25 日开始盆栽试验。试验共设 5 个处理:CK(不施钾肥)、T1(100% 硫酸钾)、T2(75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾)、T3(50% 枸溶性钾肥 + 50% 硫酸钾)、T4(25% 枸溶性钾肥 + 75% 硫酸钾)。纯 N、 P_2O_5 、 K_2O 用量分别为 6.8、2.3、25.3 g/株,均作为基肥。每个处理 90 株,其中 45 株喷波尔多液进行防病处理,剩余 45 株正常生长(自然感病,即收集病叶均匀放置正常烟株旁边),共 450 株。各处理在移栽 35 d 内保持土壤含水量为最大持水量的 80%,分别在烤烟移栽后 10、20、35 d 对自然染病处理的烟株进行病害调查,烤烟发病率调查以自然染病为依据,并在烤烟移栽后 35 d 测量 5 个处理喷波尔多液防病烟株的根系生长相关指标。移栽 35 d 后对喷波尔多液的烟株进行干旱处理(停止浇水),分别于停止浇水 30、36、42、48 h 测量烟叶上部起第 6~8 片叶的相关生理指标。其他同大田管理措施。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 烤烟病害发生情况 于烤烟移栽后 10、20、35 d 观察烤烟发病情况,分别记录病害种类、叶片总数、染病叶片数、染病株数和染病程度。分级标准按 YC/T 39—1996 执行。

平均发病叶片数(片/株) = 发病叶片数/调查总叶片数,

发病率 = 发病株数/调查总株数 $\times 100\%$,

病情指数 = Σ (各级病叶数 \times 该病级值)/(调查总叶数 \times 最高级值) $\times 100$ 。

1.3.2 抗旱生理指标 脯氨酸、丙二醛(MDA)含量采用试剂盒(南京建成生物工程研究所提供)测定,可溶性糖含量采用植物可溶性糖含量测试盒(上海诗溪化工科技有限公司提供)测定。

1.3.3 根系生长相关指标 取各处理鲜根系,先用自来水冲洗干净,再用蒸馏水漂洗,采用 WinRHIZO 植物根系扫描系统测定根系构型参数指标(包括总

根长、根总表面积、根平均直径和根尖数);然后用吸水纸吸干水分;测量根系生物量时其鲜质量用去离子水将根系洗净后吸水纸吸干在天平上测量,干质量在烘箱中杀青(75 ℃,30 min),然后烘干(105 ℃)至恒质量并称量。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理,用 SAS 8.0 软件进行数据统计和方差分析,多重比较采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟抗病性的影响

由表 1 看出,随着移栽后时间的增加,各处理烤烟野火病和烟草花叶病的染病率和病情指数均增

加,且总体上野火病的发病率和病情指数高于烟草花叶病,气候斑在不同处理中的自然发病率也存在较大差异。CK 烟株的野火病、烟草花叶病、气候斑自然发病率的发病率最高;T2 处理野火病、烟草花叶病的发病率和病情指数最低,分别是 CK 的 21.43% 和 11.74%、18.15% 和 21.67%,病情指数较 T1 处理分别下降 69.80%、52.62%;气候斑自然发病率也是最低,由 CK 的 31.82% 降低到 4.55%,较 T1 处理下降 66.64%;枸溶性钾肥配施硫酸钾处理间比较,T2 处理烤烟在移栽 35 d 时的野火病、烟草花叶病的发病率和病情指数较 T3 处理分别降低 24.97% 和 68.76%、42.76% 和 46.50%。由此可见,T2 处理可以有效降低野火病、烟草花叶病和气候斑自然发病率,其中对烟草花叶病的防治效果优于野火病。

表 1 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烤烟病害的影响

处理	移栽后时间/d	野火病			烟草花叶病			气候斑自然发病率/%
		发病叶片数/(片/株)	发病率/%	病情指数	发病叶片数/(片/株)	发病率/%	病情指数	
CK	10	0.78	13.63	6.49	0.42	14.31	4.95	31.82
	20	1.04	40.91	17.62	0.69	19.59	10.16	
	35	2.63	63.64	39.44	1.77	36.37	16.24	
T1	10	0.46	5.08	2.52	0.28	6.22	3.31	13.64
	20	0.62	13.62	7.33	0.56	10.60	4.32	
	35	1.33	22.97	15.33	1.14	13.68	7.43	
T2	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55
	20	0.37	7.58	1.91	0.19	2.55	1.25	
	35	0.41	13.64	4.63	0.57	6.60	3.52	
T3	10	0.18	6.19	1.96	0.13	4.17	2.34	18.18
	20	0.46	11.24	6.73	0.38	7.38	4.74	
	35	0.95	18.18	14.82	0.87	11.53	6.58	
T4	10	0.23	5.94	2.68	0.24	8.69	3.69	22.73
	20	0.49	14.77	10.51	0.55	13.15	7.42	
	35	1.24	22.73	21.27	0.73	18.69	10.58	

2.2 枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟抗旱性的影响

2.2.1 脯氨酸含量 由图 1 可知,随着干旱时间的延长,各处理烟株叶片的脯氨酸含量首先表现为增加的趋势;CK、T1、T3、T4 处理在干旱 42 h 时达到最大,然后下降,而 T2 处理在干旱 48 h 内一直呈增加趋势,且不同干旱时间该处理烟株叶片的脯氨酸含量均较高,说明 T2 处理抗旱能力最强。

2.2.2 可溶性糖含量 由图 2 可知,CK、T1、T3 和 T4 处理烟株叶片的可溶性糖含量随干旱时间的延长呈先增加后降低的趋势,在干旱 42 h 时达到最大,之后降低,且 CK 的可溶性糖含量降低速率最快,达到 0.27%;而 T2 处理可溶性糖含量在干旱 48 h 内呈一直增加的趋势,说明 T2 处理抗旱能力最强。

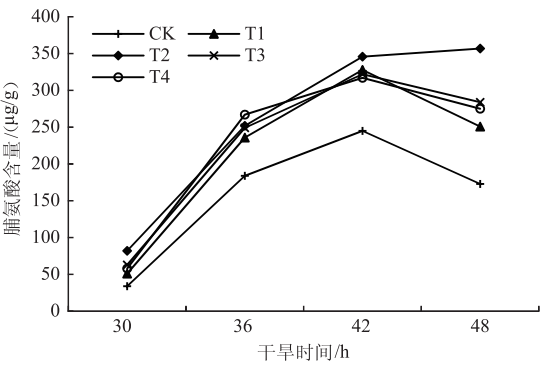


图 1 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烟叶脯氨酸含量的影响

2.2.3 MDA 含量 由图 3 可知,处理间比较,CK 烟株叶片的 MDA 含量在干旱 48 h 内一直最高,T2 处理烟株叶片的 MDA 含量在各干旱时间均最低;

同一干旱时间 T2 处理的烤烟 MDA 含量低于 T1 处理的烤烟。烟株叶片 MDA 含量越低,表明烟株受到干旱胁迫的伤害越小,说明烟株的抗旱性越强。根据烤烟叶片的 MDA 含量可以看出,各处理烟株以 T2 处理抗旱效果最优,CK 处理抗旱效果最差,其他处理抗旱效果居中。

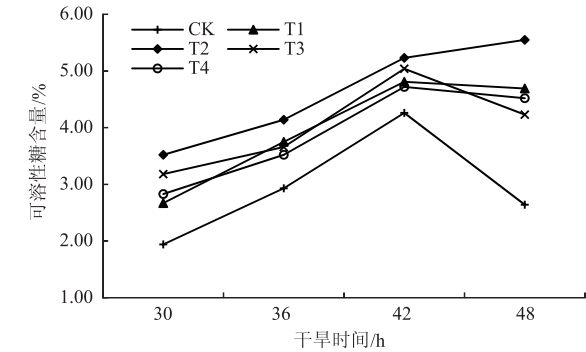


图 2 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烟叶可溶性糖含量的影响

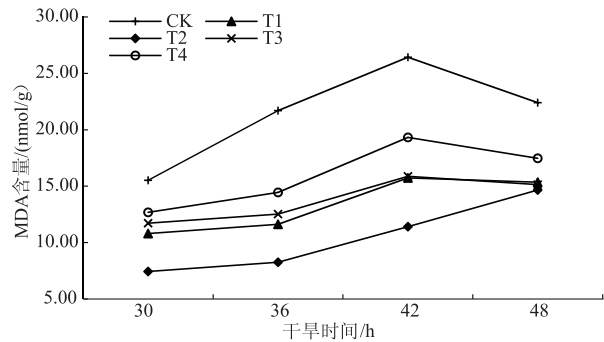


图 3 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烟叶 MDA 含量的影响

2.3 枸溶性钾肥与硫酸钾配施对烤烟根系生长的影响

2.3.1 根系干、鲜质量 由表 2 可以看出,T2 处理的烤烟根干质量和根鲜干比最大,鲜干比越大,说明根系物质代谢能力和运输能力越强;T3 处理与 T1 处理的根干质量和鲜干比无差异。

表 2 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烤烟根系干、鲜质量的影响

处理	根干质量/(g/株)	根鲜干比
CK	3.55b	4.67c
T1	3.96ab	5.36b
T2	4.59a	5.94a
T3	4.04ab	5.21b
T4	3.95ab	4.75c

注:同列不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同。

2.3.2 根系构型参数 由表 3 可知,与单施硫酸钾相比,配施一定比例的枸溶性钾肥显著增加了烤烟总根长、根总表面积和根尖数。其中,以 T2 处理效

果最显著,分别较 T1 处理增加 81.58%、91.98%、133.45%,而根平均直径无显著增加。

表 3 枸溶性钾肥与硫酸钾不同配施比例对烤烟根系构型参数的影响

处理	总根长/cm	根总表面积/cm ²	根平均直径/mm	根尖数/个
CK	912.40c	641.76e	2.42b	1 916.51d
T1	948.42c	700.68d	3.37a	2 048.73c
T2	1 722.12a	1 345.16a	3.41a	4 782.79a
T3	1 590.30b	1 024.63b	3.15ab	3 735.28b
T4	1 553.84b	810.92c	3.04ab	3 341.16b

3 结论与讨论

钾是植物体内含量最丰富的主要营养元素之一,不仅可以促进植物蛋白质的合成、作物体内同化产物的运输和能量转化,增加植物的抗逆性及对病虫害的抵抗力,而且在维持作物高产和优质方面起着重要作用^[15]。本试验条件下,以 75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾配施处理的烤烟抗病性、抗旱性及根系活力最强,野火病、烟草花叶病的发病率和病情指数分别是 CK (不施钾) 的 21.43% 和 11.74%、18.15% 和 21.67%,气候斑自然发病率也由 CK 的 31.82% 降低到 4.55%;与单施硫酸钾相比,烤烟发病率和病情指数降低幅度较大。钾素可以影响酚类代谢中相关酶的活性^[16],其中苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 等防御酶的活性与植物的抗病能力呈正相关^[17]。本研究表明,不同形态钾素配施比例处理的烤烟抗旱程度有所差异,以不施钾肥处理抗旱性最差,75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾配施处理抗旱性最强,干旱处理 2 d 出现萎蔫,脯氨酸、可溶性糖和 MDA 含量变化明显,而不施钾处理和单施硫酸钾处理在缺水 2~3 d 时就会出现严重萎蔫现象,可以看出,通过配施一定比例的枸溶性钾肥可以有效提高烤烟抗旱性,延长烤烟在缺水情况下的正常生长。施钾可促进植物碳氮代谢,提高组织含糖量^[18],并影响与活性氧代谢相关酶的活性^[19]。

综上所述,75% 枸溶性钾肥 + 25% 硫酸钾处理可以提高烤烟抗病性、抗旱性,促进烤烟根系生长,是最优的施钾处理,烤烟实际生产中建议在保水能力差、土壤酸化严重的植烟土壤或降雨量少的烟区配施枸溶性钾肥。

参考文献:

[1] 张翔,黄元炯,范艺宽. 河南植烟土壤与烤烟营养[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009:125-191.

- 土微生物生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 700-705.
- [4] 张平, 洪坚平, 李娜. 不同氮肥对酥梨品质及土壤养分的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(2): 120-127.
- [5] 李强. 不同氮素形态配比对冬小麦田土壤速效养分含量及酶活性的影响[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2013.
- [6] 马宗斌, 熊淑萍, 何建国, 等. 氮素形态对专用小麦中后期根际土壤微生物和酶活性的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1544-1551.
- [7] 熊淑萍, 车芳芳, 马新明, 等. 氮肥形态对冬小麦根际土壤氮素生理群活性及无机氮含量的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 5138-5145.
- [8] Kronzucker H J, Glass A D M, Siddiqi M Y. Inhibition of nitrate uptake by ammonium in barley: Analysis of component fluxes[J]. Plant Physiology, 1999, 120: 283-292.
- [9] Thornton B, Robinson D. Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources[J]. Plant, Cell and Environment, 2005, 28(6): 813-821.
- [10] 关松荫. 土壤酶学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986: 274-324.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 107-178.
- [12] 李倩, 张睿, 贾志宽. 玉米旱作栽培条件下不同秸秆覆盖量对土壤酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 152-154, 162.
- [13] 于天一, 逢焕成, 唐海明, 等. 不同母质类型水稻土壤活性及其与理化性质的关系[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 1043-1047.
- [14] He Z L, Yang X E, Baligar V C, *et al.* Microbiological and biochemical indexing systems for assessing acid soil quality[J]. Advances in Agronomy, 2003, 78: 89-138.
- [15] 仇少君, 彭佩钦, 刘强, 等. 土壤微生物生物量氮及其在氮素循环中作用[J]. 生态学杂志, 2006, 25(4): 443-448.
- [16] 陈昕, 姜成浩, 罗安程. 秸秆微生物降解机理研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(23): 9728-9731, 9740.
- [17] 张中杰, 朱波, 项红艳. 氮肥施用对西南地区紫色土冬小麦 N_2O 释放和反硝化作用的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(10): 2033-2040.
- (上接第46页)
- [2] 张翔, 翟文汇, 孙大为, 等. 有机钾肥和钾硅钙矿物肥对烤烟生长及烟叶产量质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014, 5(6): 71-74.
- [3] 马京民, 程兰, 常建伟, 等. 现蕾期追施硫酸钾对烤烟品质及抗逆性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2792-2793.
- [4] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 等. 不同种类饼肥与化肥配施对烟叶香气质量的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1196-1201.
- [5] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 70-74.
- [6] 施伟省, 罗小林, 唐辉. 桐油包膜尿素养分释放机理的研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 109-111.
- [7] 李鑫, 周冀衡, 李强, 等. 枸溶性钾肥与解钾菌液配施对烤烟生长及钾营养状况的影响[J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 1-6.
- [8] 崔德杰, 张晓晨, 仲杨. 硅钾肥配施对小麦抗条锈病及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2001(6): 21-23.
- [9] 王伟, 孙帼妹, 李荣, 等. 枸溶性钾肥在盆栽稻麦轮作条件下的肥效研究[J]. 南京农业大学学报, 2014, 37(6): 75-82.
- [10] 张洋洋, 任涛, 薛欣欣, 等. 枸溶性钾肥对油菜生长及土壤钾素的影响[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(6): 86-90.
- [11] 唐莉娜, 熊德中. 有机肥与化肥配施对烤烟生长发育的影响[J]. 烟草科技, 2000, 20(10): 32-34.
- [12] 林昌华, 樊小林, 陈晓远, 等. 控释钾配方肥对烤烟产量和烟叶含钾量的影响[J]. 华中农业大学学报, 2012, 27(6): 720-724.
- [13] 陈剑秋, 万连步, 解玉洪. 包膜控释肥对烤烟烟叶钾含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(3): 40-45.
- [14] 何永秋, 刘国顺, 杨永峰, 等. 不同钾肥配施对烤烟石油醚提取物和中性致香物质的影响[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(1): 10-14.
- [15] Yanada S, Osaki M, Shinano T, *et al.* Effect of potassium nutrition on current photosynthesized carbon distribution to carbon nitrogen compounds among rice, soybean, and sunflower[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(9): 1957-1973.
- [16] 宋威, 张芹, 李桂玲, 等. 铬对烟草中超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性及其同工酶的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(7): 61-63.
- [17] 张绍珊, 陈娇娇, 杨晓萍. 茶叶提取物对采后桃果苯丙氨酸解氨酶、多酚氧化酶、过氧化物酶活性的诱导[J]. 食品科学, 2013, 34(10): 304-307.
- [18] 赵惠萍. 施钾时期对豫北砂薄地冬小麦灌浆期碳氮代谢及产量的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [19] 孙侨南, 李进才, 王月梅, 等. 干旱胁迫对黄瓜幼苗光合及活性氧代谢的影响[J]. 天津农业科学, 2010, 16(4): 5-7.