

杜海岩,柳新伟,徐 双,等. 钾素营养对盐碱地棉花中后期生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):114-117.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.030

钾素营养对盐碱地棉花中后期生长及生理特性的影响

杜海岩,柳新伟,徐 双,孙晓丽,崔德杰

(青岛农业大学资源与环境学院,山东青岛 266109)

摘要:在山东东营滨海盐碱地设置棉花大田试验,研究不同钾肥施用方式对棉花中后期生长及生理特性的影响。试验设不施钾肥、钾肥基施、钾肥分施(1/2 基施、1/2 花期追施)、控释钾肥 4 个处理。结果表明,施钾能显著提高棉株器官中 K^+ 含量而降低 Na^+ 含量;钾肥分施及控释钾肥皆能有效提高棉花叶片 SOD 活性,降低 MDA 含量、POD 活性及脯氨酸含量;钾肥分施、控释钾肥分别比不施钾处理籽棉产量提高 24.1%、22.0%,比钾肥基施处理籽棉产量高 15.3%、6.7%。棉花生育中后期,保持适量的钾素含量水平对于提高棉花耐盐性和产量具有重要意义。

关键词:钾素营养;盐渍土;棉花生长;生理特性

中图分类号: S562.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0114-03

盐碱地是我国最主要的中低产田类型之一,有巨大增产潜力^[1]。棉花是抗盐碱的先锋作物,植棉对于开发利用盐碱地具有重大意义^[2-3]。棉花是喜钾作物,钾素能起到抗衰抗逆和增产的作用^[4-5]。董合忠等研究表明,中轻度盐碱地钾含量较低,棉花生育中后期 Na^+ 有上升趋势, K^+ 则逐渐下降^[6]。而 Na^+ 对 K^+ 有拮抗作用,较高盐浓度下,植物对 K^+ 吸收选择性下降,植株易缺钾^[7]。于振文等研究表明,缺钾会导致小麦生育后期过氧化物酶活性、丙二醛含量增高,可溶性蛋白质含量下降,加速衰老^[8]。缺钾势必会成为棉花生长的限制因素,李宗泰等研究表明,钾肥分施及控释复合肥的施用可提高棉株抗衰老能力及钾肥利用率^[5]。中轻度盐田合理施用钾肥很有必要性^[6]。此前关于钾素营养的研究多集中于非盐碱地,对盐碱地棉花的研究少有报道^[9-10]。且鉴于农户习惯将钾肥一次性基施,因此试验设计不同施钾方式,研究了钾素营养对盐碱地棉花钾钠吸收、氧自由基代谢、地上部生物量及产量等的影响,为盐碱地棉花合理施用钾肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2013 年在东营市利津县毛坨村青岛农业大学科技示范园内进行,供试品种为鲁棉研 28。供试土壤为滨海盐渍土,土壤理化状况: pH 值 8.35,盐分 0.154%,有机质 7.38 g/kg,全氮 0.39 g/kg,碱解氮 32.77 mg/kg,速效磷 8.52 mg/kg,速效钾 85.30 mg/kg。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理,分别为:不施钾肥(T_0)、钾肥一次性基施(T_1)、钾肥分施(1/2 基施、1/2 花期追施)(T_2)、控释钾肥(T_3)。各处理钾肥施用量相同,为 126 kg/hm²。供试肥料类型为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 12%)、硫酸钾(含 K_2O 50%)和 100 天控释期树脂包膜控释钾肥(40%),控释钾肥由国家缓控释肥工程技术研究中心提供。各处理氮磷肥相同,氮肥为 180 kg/hm²,磷肥为 82 kg/hm²,全部作为基施。4 月 3 日淡水压盐,5 月 8 日播种,小区面积 67 m²,行距 80 cm,株距 30 cm,3 次重复,随机区组排列。 T_2 处理于花期追施钾肥,其他按常规棉田进行管理。

1.3 测定项目与方法

地上部干物质质量的测定:于盛花期、盛铃期、吐絮期,每小区取长势均匀、有代表性的棉株 5 株,按器官分装,105 ℃ 杀青 0.5 h,75 ℃ 烘至恒质量,称质量。

棉株 K^+ 、 Na^+ 含量的测定:将各时期植株粉碎、消化,火焰光度计法测定植株 K^+ 、 Na^+ 含量。

生理指标的测定:从棉花生长 77 d 开始,每小区采倒 4 叶 10 张,每隔 7 d 取 1 次(共 6 次),液氮冷冻保存。硫代巴比妥酸比色法^[11]测定丙二醛(MDA)含量;氮蓝四唑法^[11]测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;愈创木酚法^[11]测定过氧化物酶(POD)活性;脯氨酸含量采用茚基水杨酸法^[12]测定。

棉花产量的测定:收获期每小区随机选取 1 行,将所有棉絮收集,测产并计算衣分率。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel、Origin 和 DPS 等软件系统进行数据处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 钾素营养对棉花各生育期 K^+ 、 Na^+ 含量的影响

由表 1 可以看出,与 T_0 相比,各时期不同的施钾处理均能显著提高棉株对 K^+ 的吸收而减少对 Na^+ 的吸收,且植株对 K^+ 、 Na^+ 的吸收有先升高后下降的趋势。盛花期 T_1 、 T_2 、 T_3 处理棉株营养器官含钾量分别比 T_0 提高 20.1%、29.5% 和

收稿日期:2015-03-19

基金项目:山东省现代农业产业技术体系建设专项(编号:鲁农科技字[2012]26 字)。

作者简介:杜海岩(1990—),男,山东临沂人,硕士研究生,主要从事土壤肥料方面研究。E-mail:duhaiyandu@126.com。

通信作者:崔德杰,博士,教授,主要从事土壤肥料方面研究。E-mail:cuidejie@163.com。

24.8%,其中以T₂处理最多。生殖器官提高11.0%、18.7%和15.3%,且T₂、T₃处理显著高于T₀和T₁处理。盛铃期和吐絮期器官中钾含量皆以T₂和T₃处理较高,且T₃处理高于T₂处理,但差异不显著。与之相反,各生育期棉株器官中Na⁺含量以T₀处理最多,T₁、T₂、T₃处理Na⁺含量有依次下降

的趋势,T₂、T₃处理与T₁、T₂处理差异显著。说明钾肥分次施用和控释钾肥的施用,能使土壤中钾的含量始终保持较高水平,促进植株对钾的吸收而抑制对钠的吸收,从而减轻Na⁺的离子毒害同时满足钾素营养的需要。

表 1 棉花各时期器官中 K⁺、Na⁺ 含量

| 处理 | K ⁺ 含量(mg/g) | | | | | | Na ⁺ 含量(mg/g) | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 盛花期 | | 盛铃期 | | 吐絮期 | | 盛花期 | | 盛铃期 | | 吐絮期 | |
| | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 |
| T ₀ | 14.36c | 19.08c | 18.35c | 19.62c | 10.61b | 11.80c | 3.56a | 3.42a | 3.51a | 3.48a | 3.95a | 3.40a |
| T ₁ | 17.25b | 21.17b | 21.27b | 21.85b | 12.44a | 12.42bc | 2.57b | 2.44b | 2.86b | 2.65b | 3.32b | 3.29b |
| T ₂ | 18.60a | 22.61a | 22.25ab | 23.97a | 12.78a | 13.34ab | 2.36c | 2.11c | 2.61bc | 2.44c | 2.78c | 2.58c |
| T ₃ | 17.92ab | 22.00a | 23.07a | 23.76a | 13.43a | 13.99a | 2.21c | 2.27bc | 2.43c | 2.36c | 2.67c | 2.51c |

注:同列不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

2.2 钾素营养对棉花生理特性的影响

2.2.1 钾素营养对棉花叶片 MDA 含量的影响 MDA 含量反映细胞膜质受伤害程度,含量越高细胞受损害越严重,可以表示植物对逆境胁迫反映的强弱^[13]。由图 1 可知,随着生育期的推进,棉花叶片中 MDA 含量总体呈上升趋势。各时期 T₂ 处理 MDA 含量始终处于较低水平,其次为 T₃ 处理,T₀ 处理则最高。T₂ 与 T₀ 相比,MDA 含量始终低于 T₀ 处理,能降低 5.1%~13.3%。说明棉花中后期保证充足的钾素营养供应能有效缓解细胞受损害程度。

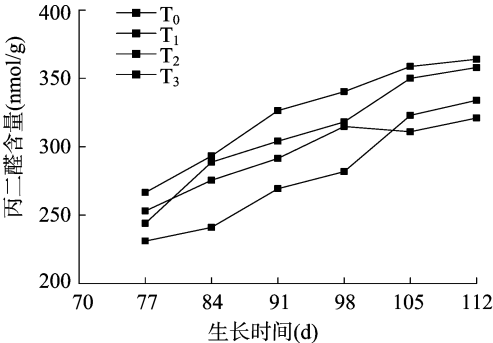


图1 钾素营养对棉花叶片 MDA 含量的影响

2.2.2 钾素营养对棉花叶片 SOD 活性和 POD 活性的影响

SOD 和 POD 在植物体内起消除自由基保护植物器官延缓叶片早衰的作用^[13],但 POD 含量过高能引起膜脂过氧化,加速衰老。由图 2、图 3 可以看出,各处理棉花叶片中 SOD 活性总体呈先增高后下降趋势,POD 活性随生育期的推进呈上升趋势。各处理 SOD 活性以 T₂ 处理最高,比 T₀ 处理能提高 10.2%~23.5%;POD 活性以 T₂ 处理为最低,比 T₀ 处理低 4.2%~16.5%。其次为 T₃ 处理,SOD 比 T₀ 高 12.5%~19.6% 而 POD 活性则低 8.3%~15.4%。说明棉花生育中钾肥追施和控释钾肥的施用能一定程度上提高 SOD 活性、降低 POD 活性,维持棉株内源保护酶系统。

2.2.3 钾素营养对棉花叶片脯氨酸含量的影响 脯氨酸作为植物细胞中重要的渗透调节物质,其积累程度反映植物缺水状况,也常用来反映因盐胁迫导致的生理缺水程度^[14]。由图 4 可以看出,棉花叶片中游离脯氨酸含量总体呈上升趋势,T₀ 处理脯氨酸含量显著高于各施钾处理。各时间段以 T₂ 处理脯氨酸含量最低,比 T₀ 处理降低 17.5%~33.2%,其次为

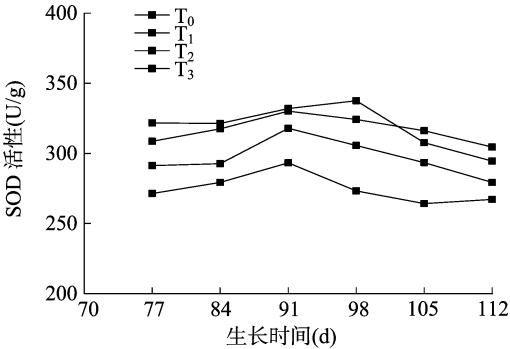


图2 钾素营养对棉花叶片 SOD 活性的影响

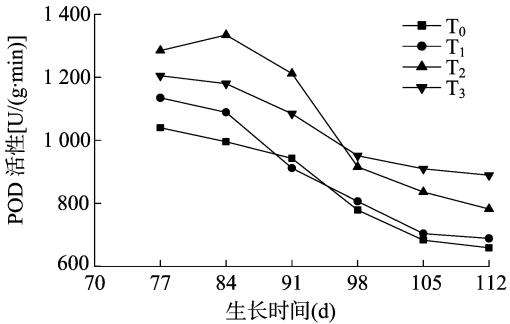


图3 钾素营养对棉花叶片 POD 活性的影响

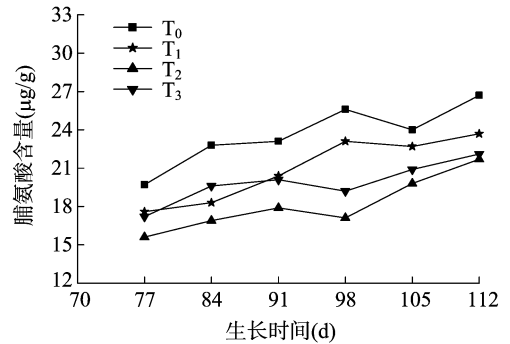


图4 钾素营养对棉花叶片脯氨酸含量的影响

T₃ 处理,且始终低于 T₁ 处理。

2.3 钾素营养对棉花生物量积累和产量的影响

2.3.1 钾素营养对棉花生物量积累的影响 由表 2 可以看出,盛铃期施钾处理各器官生物量显著高于 T₀ 处理。生物量

以 T₂ 处理最高,且显著高于 T₀ 处理,特别是生殖器官积累量各时期分别比 T₀ 处理高 24.0%、38.8%、25.3%。T₃ 处理生物量也显著高于 T₀ 处理,营养器官比 T₀ 提高 21.7% ~

26.2%,生殖器官提高 15.2% ~ 34.1%。说明钾肥分施及控释钾肥皆能显著提高棉花生物量积累。

表 2 钾素营养对棉花生物量积累的影响

| 处理 | 生物量(g/株) | | | | | |
|----------------|----------|-------|---------|--------|--------|--------|
| | 盛花期 | | 盛铃期 | | 吐絮期 | |
| | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 | 营养器官 | 生殖器官 |
| T ₀ | 29.29b | 3.29b | 37.95c | 23.46b | 40.73b | 51.05b |
| T ₁ | 30.72ab | 4.05a | 49.68b | 27.94b | 48.74a | 53.29b |
| T ₂ | 32.28ab | 4.08a | 55.95a | 32.57a | 52.15a | 63.95a |
| T ₃ | 35.65a | 4.21a | 53.21ab | 31.47a | 49.83a | 58.83a |

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.3.2 钾素营养对棉花籽棉产量及衣分率的影响 由表 3 可知,T₂ 处理籽棉产量最高,其次为 T₃ 处理,而 T₀ 处理最低。且 T₂ 与 T₃ 处理籽棉产量显著高于 T₁ 处理,分别高 31.7% 和 22.0%。各处理衣分率差异不大,未达显著水平。

表 3 钾素营养对棉花子棉产量及衣分率的影响

| 处理 | 籽棉产量 (g/株) | 衣分率 (%) |
|----------------|---------------|------------|
| T ₀ | 37.8c | 41.1a |
| T ₁ | 43.2c | 42.3a |
| T ₂ | 49.8a | 42.1a |
| T ₃ | 46.1b | 40.8a |

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

3 讨论与结论

董合忠等研究发现盐碱地盐分从春季棉田开始升高,到棉花吐絮期时基本恢复至淡水压盐前的水平,含盐量的增加会抑制棉株对钾的吸收,而且 K⁺ 移动性强,特别是在棉花生长旺盛的时期降雨量大,K⁺ 易随水流失,很容易造成钾缺乏^[6]。王涛等认为 K⁺ 缺乏是盐胁迫下棉花衰老的重要原因^[15]。研究结果发现,虽然棉株吸收的 Na⁺ 量不断增加,但施钾能有效提高棉花器官中 K⁺ 含量。盐胁迫下施钾可促进棉株对 K⁺ 的吸收,生育中后期土壤溶液中 K⁺ 量充足效果更好,追施钾肥及控释钾肥的缓慢释放能将土壤溶液中的 K⁺ 量相对维持在较高水平,满足棉花需钾量而减轻 Na⁺ 的损害。棉花是较耐盐作物,具有较高活性的膜脂过氧化清除系统,保护膜结构及其功能的稳定性是棉花耐盐伤害的关键。研究表明,盐碱地棉花生育中后期虽然受盐胁迫程度逐渐加剧,但钾肥分施及控释钾肥的施用能有效降低叶片 MDA 含量,提高 SOD 活性而 POD 活性降低,而且脯氨酸含量也显著低于不施钾处理。施钾特别是钾肥分施能提高盐碱地棉花膜脂过氧化清除系统的功能,可能的原因是充足的 K⁺ 能抑制棉花对 Na⁺ 的吸收,一定程度上减轻离子毒害、保持养分均衡,缓解盐害。因此可以认为施钾肥是减轻盐害的重要措施,这与前人的研究结果^[16] 基本一致。滨海盐渍棉区多以中轻度盐碱地为主,此类棉田速效钾含量较低,建议在棉花花期后追施适量钾肥,这对于提高棉花耐盐性、促进棉花增产有重要意义。

吐絮期钾肥分施及控释钾肥处理棉花各器官生物量显著高于不施肥处理。生物量是棉花产量的重要保证,钾肥分施

的增产效果最为明显,控释钾肥也能起到明显的增产作用。前人研究表明,棉花生育后期追钾肥能起到明显的增产作用^[17-18]。钾肥分施及控释钾肥的施用同样能提高盐碱地棉花产量。原因可能是充足的钾量抑制了棉花对 Na⁺ 的吸收,有效减轻盐胁迫,保证作物正常生长。因此保持棉花中后期充足的钾量供应是盐碱地植棉增产的重要保证。

总之,钾肥分施能有效促进棉花对 K⁺ 的吸收,保护膜结构及其功能的稳定性,从而减轻盐害。控释钾肥作为一种新型肥料,能在棉花生育时期平稳地释放钾素,也具有钾肥分施效果。但钾肥分施肥时费力,控释肥一次性施用省工省时,节约劳动成本,简化棉花生产管理。因此规模化植棉施用控释钾肥是较好的选择。

参考文献:

[1] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008,45(5):837-845.

[2] 辛承松,董合忠,唐 薇,等. 棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展[J]. 棉花学报,2005,17(5):309-313.

[3] 辛承松,董合忠,罗 振,等. 黄河三角洲盐渍土棉花施用氮、磷、钾肥的效应研究[J]. 作物学报,2010,36(10):1698-1706.

[4] Pettigrew W T. Meredith J W R dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by Potassium fertilization[J]. Journal of Plant Nutrition, 1997, 20(4/5):531-548.

[5] 李宗泰,陈二影,张美玲,等. 施钾方式对棉花叶片抗氧化酶活性、产量及钾肥利用效率的影响[J]. 作物学报,2012,38(3):487-494.

[6] 董合忠,辛承松,唐 薇,等. 山东东营滨海盐渍棉田盐分与养分的季节性变化及对棉花产量的影响[J]. 棉花学报,2006,18(6):362-366.

[7] Yeo A. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole - plant physiology [J]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49(323):915-929.

[8] 于振文,张 炜,岳寿松,等. 钾营养对冬小麦光合作用和衰老的影响[J]. 作物学报,1996,22(3):305-312.

[9] 张海鹏,马 健,文 俊,等. 施钾对不同转基因棉花品种光合特性及产量和品质的影响[J]. 棉花学报,2012,24(6):548-553.

[10] 郭 英,孙学振,宋宪亮,等. 钾营养对棉花苗期生长和叶片生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(3):363-368.

[11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

许晓敬, 张小全, 刘冰洋, 等. 生态、品种和栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 117–120.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.031

生态、品种和栽培措施及其互作 对烤烟多酚类物质的影响

许晓敬, 张小全, 刘冰洋, 何 冰, 焦绍赫, 杨铁钊

(河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450002)

摘要:为探讨生态、品种、栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质含量的影响, 在河南、山东、陕西 3 个烟区, 以烤烟品种豫烟 10 号、粤烟 98、K326、湘烟 3 号为研究材料, 设置不同的栽培措施来比较烟叶多酚类物质含量的差异。结果表明: 生态、品种和栽培措施及互作对烟叶多酚类物质的含量均有显著影响。生态因素对绿原酸、芸香苷、茛菪萆和总酚含量的贡献率分别为 55.70%、70.79%、43.37% 和 66.19%; 互作效应对它们的贡献率分别为 33.41%、22.43%、44.58% 和 25.34%; 说明生态条件和互作效应是影响烤烟多酚类物质含量的关键因素, 品种和栽培措施对多酚类物质的含量亦有重要作用。

关键词:烤烟; 多酚; 生态; 品种; 栽培; 互作效应

中图分类号:S572.03 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)03-0117-04

多酚类物质是植物重要的次生代谢物质之一^[1], 也是烟草产生香气的主要成分, 是烟叶中一类重要的物质。多酚化合物对烟草的生长发育、外观^[2-4]、烟香气味^[5-6]、烟叶风格^[7-8]及烘烤调制均有明显影响, 是衡量烟叶品质的重要指标^[9]。烟草中多酚类物质的组分和含量受多种因素的影响, 如烟草品种、种类、生态条件、栽培措施和调制方法等^[10]。国内外学者就烟草品种、生态因素和栽培措施对烟草多酚类物质的影响进行了大量研究^[11-12]。烟草中的多酚含量是受基因控制的, 多酚含量高的品种其后代的多酚含量也高, 多酚含量低的品种其后代多酚含量也低^[13]。烟叶中多酚含量也受光照、温度、海拔等生态因素的影响^[14]。李力等研究表明, 不同产地烟叶中绿原酸、芸香苷和茛菪萆含量存在差别, 它主要受种植区的光照、温度、土壤状况等生态因素的影响^[15]。而关于栽培措施对烟叶多酚类物质含量影响的研究较少。前人的研究多侧重于单个因素或 2 个因素对烟叶多酚类物质含量的影响及多酚类物质与单个环境因子的关系, 关于生态、品种

和栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质含量影响的具体大小及它们之间哪个是主要影响因素报道较少。本研究选用 4 个烤烟品种, 设置 3 个不同的栽培处理分别在河南省许昌市、山东省诸城市 and 陕西省商洛市 3 个生态区种植, 研究生态、品种和栽培措施对烤烟绿原酸、芸香苷、茛菪萆和总酚含量的影响及贡献率的大小, 对提高烤烟香气质和香气量及改善烟叶品质的作用。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2013 年在河南省许昌市襄城县、山东省诸城市贾悦镇、陕西省商洛市洛南县 3 个不同的生态区进行。以豫烟 10 号、粤烟 98、K326、湘烟 3 号为供试品种, 试验采用随机区组设计, 设置 3 个栽培处理, ①常规施肥模式(T1): 施入纯氮总量 52.5 kg/hm², 其中有机态氮 11.25 kg/hm², 硝态氮 20.625 kg/hm², 铵态氮 20.625 kg/hm²; ②高产施肥模式(T2): 施入纯氮总量 60 kg/hm²; 其中有机态氮 11.25 kg/hm², 硝态氮 24.375 kg/hm², 铵态氮 24.375 kg/hm²; ③优质适产施肥模式(T3): 施入的纯氮总量与常规模式一致(52.5 kg/hm²), 氮形态改变, 其中有机态氮 26.25 kg/hm², 硝态氮 13.125 kg/hm², 铵态氮 13.125 kg/hm²。各处理磷、钾用量固定, 分别为 60 kg/hm²、

收稿日期: 2015-02-08

基金项目: 河南省烟草公司科技项目(编号: HYKJZD201401)。

作者简介: 许晓敬(1989—), 女, 河南新郑人, 硕士研究生, 研究方向为烟草遗传育种。E-mail: 15093468352@163.com。

通信作者: 杨铁钊, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草遗传育种。E-mail: yangtiezhao@126.com。

[12] Bates L S, Waldren R P, Teare I D. Rapid dermination of free proline for water-stress studies[J]. Plant and Soil, 1973, 39: 205–217.

[13] 董合忠, 郭庆正, 唐 薇. 棉花的缺水伤害和抗伤害机理[J]. 棉花学报, 1997, 9(6): 287–291.

[14] Shao H B, Liang Z S, Shao M A. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits[J]. Colloids & Surfaces; B Biointerfaces, 2006, 47(2): 132–139.

[15] 王 涛, 孔祥强, 宋 迎, 等. NaCl 胁迫对棉花叶片衰老特征的

影响及其生理机制[J]. 棉花学报, 2014, 26(1): 66–72.

[16] 代建龙, 董合忠, 段留生. 棉花盐害的控制技术及其机理[J]. 棉花学报, 2010, 22(5): 486–494.

[17] 李伶俐, 马宗斌, 张东林, 等. 盛铃期补施钾肥对不同群体棉花光合特性和产量品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 662–666.

[18] 姜益娟, 郑德明, 闫志顺, 等. 新疆棉花施钾效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 91–94.