

氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗抗旱性的影响及其机制研究

孙业民^{1,2}, 张俊莲^{1,3}, 李真⁴, 李自龙^{1,2}, 李朝周^{1,2*}

(1. 甘肃省作物遗传改良和种质创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070;
2. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070;
4. 中国药科大学生命科学技术学院, 江苏 南京 210009)

摘要: 探究了 KCl 对干旱胁迫下马铃薯幼苗抗旱性的影响及其机制。研究结果表明: 增施 KCl (0.70 g·株⁻¹) 显著缓解干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片相对含水量和叶绿素含量的降低, 抑制叶片 MDA 含量和相对电导率的升高, 相对提高叶片脯氨酸含量、可溶性糖含量、抗氧化酶 (SOD、CAT) 活性、净光合速率和水分利用效率; 增施 KCl 还相对提高了马铃薯的株高、茎径、单株匍匐茎数量和单株产量, 增施氯化钾使干旱胁迫条件下马铃薯植株株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量分别相对提高 6.32%、18.28%、13.75% 和 29.45%。由此可以认为, 在干旱条件下增施氯化钾可通过提高马铃薯幼苗的保水能力, 缓解干旱胁迫造成的抗氧化酶活性下降并相对提高渗透调节物质含量, 减轻干旱胁迫对光合作用和生长发育的不良影响, 从而显著提高马铃薯幼苗的抗旱性。

关键词: 马铃薯; 氯化钾; 干旱胁迫; 幼苗; 抗旱性; 生长发育
中图分类号: S532.062; S143.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)03-0029-06

Effect of potassium chloride on drought resistance of potato seedlings

SUN Ye-min^{1,2}, ZHANG Jun-lian^{1,3}, LI Zhen⁴, LI Zi-long^{1,2}, LI Chao-zhou^{1,2*}

(1. Gansu Key Laboratory of Crop Genetics & Germplasm Enhancement, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. College of Life Sciences and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
3. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
4. School of Life and Technology, China Pharmaceutical University, Nanjing, Jiangsu 210009, China)

Abstract: Effect of potassium chloride (KCl) on drought resistance of potato seedlings were investigated. The results showed that KCl relieved the typical symptom of leaf produced by drought, such as maintaining contents of water, chlorophyll, and MDA and increasing the contents of proline and soluble sugar and the activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT). In addition, it decreased transpiration rate, whereas improved the net photosynthetic rate, water use efficiency and the contents of starch and vitamin C. Plant height, base diameter, stolon number and yield per plant were increased by 6.32%, 18.28%, 13.75%, and 29.45%, respectively, when applying 0.7g KCl/seedling. In summary, KCl help to develop effective resistance of potato seedling to drought by improving the water retaining capacity and activating the antioxidative system.

Keywords: potato; potassium chloride; drought stress; seedling; drought resistance; growth and development

马铃薯是重要的粮菜兼用作物, 在我国的粮食安全和农村经济发展中具有举足轻重的作用。马铃薯在我国种植面积的 60% 左右分布在干旱、半干旱区, 干旱胁迫严重制约着马铃薯生产及马铃薯产业发展^[1-2], 因此开展马铃薯抗旱生理机制及其调控

措施研究具有重要的理论和实践意义。干旱胁迫影响作物细胞分裂和伸长, 进而影响作物的生物量 and 经济产量。有研究表明随着干旱程度的加重和干旱时间的延长, 马铃薯叶片逐渐枯黄, 植株整体逐渐萎蔫^[3]; 孙宏勇等人的研究则发现, 干旱

收稿日期: 2013-11-08
基金项目: 国家科技支撑项目 (2012BAD06B03); 国家马铃薯产业技术体系 (CARS-10-P18); 甘肃省农牧厅生物技术专项 (GNSW-2008-07); 甘肃省科技重大专项 (1102NKDM025)
作者简介: 孙业民 (1987—), 男, 在读硕士研究生, 研究方向为植物逆境生理研究。E-mail: wfsym1987@sina.com。
* 通信作者: 李朝周 (1963—), 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事植物逆境生理研究。E-mail: licz@gsau.edu.cn。

胁迫下小麦叶片生长受到抑制,叶面积指数下降,进而影响到同化物的合成、累积和植株生长^[4]。大量研究表明,干旱胁迫达到一定程度时,通过削弱细胞内抗氧化酶及抗氧化剂组成的抗氧化系统,致使活性氧、自由基和丙二醛等物质过量产生并累积,破坏细胞膜的选择透性等正常生理功能,从而影响植物的生长发育,甚至导致植物的衰老和死亡^[5-7]。

钾是植物生长发育必需的重要矿质元素之一,它不仅参与植物对水分和养分的吸收^[8],调节植物细胞渗透势^[9],而且作为植物体内各种重要酶的活化剂,促进植物的光合作用^[10]、增强植物的抗逆性^[11-13]。马铃薯是需钾较多的作物,但干旱胁迫下增施氯化钾如何影响马铃薯植株的抗旱性缺乏系统研究^[14-16],为此本研究较为系统地探讨了干旱胁迫下增施氯化钾对马铃薯幼苗生长发育、抗性生理、光合作用和块茎营养的影响,以期探究氯化钾调控干旱胁迫下马铃薯幼苗抗旱性的机制,为马铃薯的抗旱生产提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

普通农用马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)品种新大坪(甘肃省景泰县条山农场提供)。

1.2 试验设计

试验设计参照孙业民等人的报道^[17]。试验土壤前茬种植玉米,土壤中含有机质 $9.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮 $0.54 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 $17.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $32.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $272.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 8.37。进入幼苗期 20 d 后,将试验材料分为两大组,其中一大组正常灌溉,土壤含水量保持在 14% 左右(土壤含水量计算公式为: $(FW - DW)/DW \times 100\%$; 另一大组进行干旱胁迫,土壤含水量保持在 9.5% 左右。正常灌溉的材料和干旱胁迫的材料分别均分为两小组,并在进入幼苗期的第 23 天早晨浇 1 次 KCl 水溶液或相同体积的蒸馏水,浇灌 KCl 水溶液的处理每株幼苗补充 KCl 0.70 g。正常灌溉且增施 KCl 的实验材料记作“正常 + 补 K”,“CK + K”;正常灌溉且不增施 KCl 的记作“正常 + 未补 K”,“CK - K”;干旱胁迫且增施 KCl 的记作“干旱 + 补 K”,“D + K”;干旱胁迫且不增施 KCl 的记作“干旱 + 未补 K”,“D - K”。

1.3 指标测定

1.3.1 植株生长指标测定 马铃薯采收前 15 天左右选取不同处理的代表性植株,测定株高和基径(株高:从土面到植株地上茎最高点为基准,用卷尺测

量;基径:在植株与土面交界处用游标卡尺测量)。

1.3.2 抗性生理指标测定 干旱处理 15 d 后,选取茎上端数第 3 至第 4 复叶测定各生理指标。叶片含水量参照邹琦的方法^[18];相对电导率采用电解质外渗法^[18];叶绿素含量采用乙醇提取法^[17]。叶片重量以干重表示,下述各指标重量表示相同。可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[18];脯氨酸含量采用磺基水杨酸法^[18];过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法^[18];超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)法^[19],以抑制氯化硝基氮蓝四唑光化还原 50% 为一个酶活性单位;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[20]。光合气体交换参数的测定利用 LI - 6400 便携式光合测定系统(LI - Cor, USA),在上午 10:30 ~ 11:30 测定马铃薯叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(C_s)。水分利用效率(WUE)用 $WUE = P_n/Tr$ 计算。

1.3.3 块茎品质测定 马铃薯采收后,维生素 C 含量采用碘酸钾萃取分光光度法^[21];淀粉含量采用碘比色法测定^[19]。

1.4 数据处理

各项测定重复 3 ~ 5 次,数据采用 SPSS 统计分析软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片丙二醛含量、相对电导率和相对含水率的影响

丙二醛(MDA)是植物细胞内脂质过氧化产物,其含量变化反映植物细胞脂质过氧化程度。马铃薯叶片 MDA 含量在干旱胁迫下显著升高,增施氯化钾对正常灌溉条件下马铃薯叶片 MDA 含量无显著影响,但在干旱胁迫下增施氯化钾显著减轻了叶片中 MDA 含量的增加($P < 0.05$)(图 1A)。马铃薯幼苗叶片相对电导率在干旱胁迫下增大,而增施氯化钾对干旱胁迫下相对电导率的增大有着显著抑制作用(图 1B)。干旱胁迫下马铃薯叶片相对含水率显著降低,在正常灌溉和干旱胁迫条件下增施氯化钾马铃薯叶片含水率皆有所增加,但差异不显著(图 1C)。

2.2 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

脯氨酸和可溶性糖是植物体内重要的渗透调节物质,其含量的升高有助于提高植物的渗透调节能力。干旱胁迫下马铃薯叶片脯氨酸和可溶性糖含量明显增高,增施氯化钾进一步提高了干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片脯氨酸和可溶性糖含量(脯氨酸和可溶性糖含量分别提高了 34.15% 和 8.34%)。正常

灌溉条件下增施氯化钾叶片脯氨酸和可溶性糖含量有所增加,但未达到显著程度($P > 0.05$)(图 2A,图 2B)。

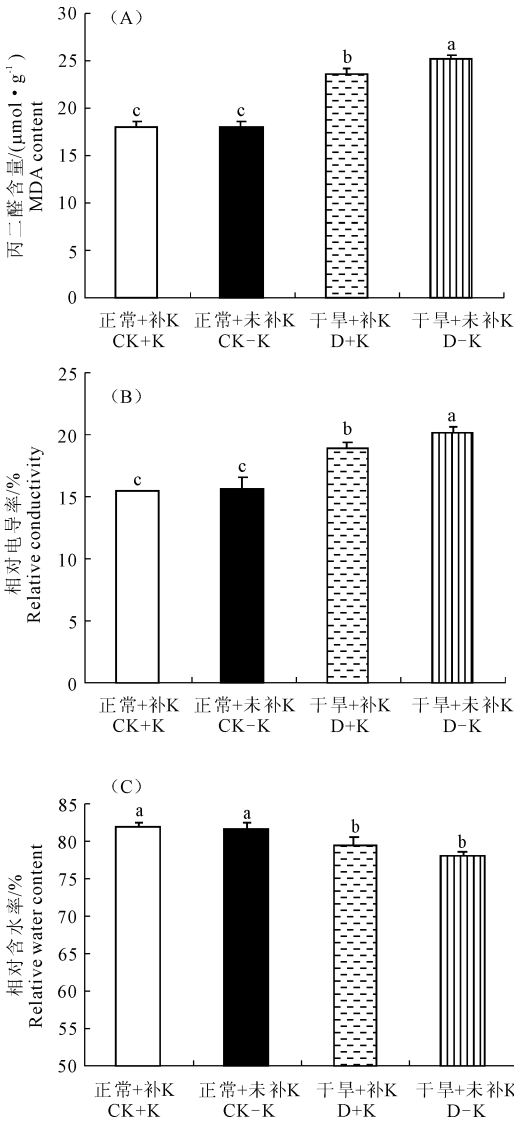


图 1 氯化钾对于旱胁迫下马铃薯幼苗叶片丙二醛含量、相对电导率和相对含水率的影响

Fig.1 Influence of potassium chloride on MDA content, relative conductivity, and relative water content in potato seedlings' leaves under drought stress

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different letters indicate significant differences($P < 0.05$), the same as below.

2.3 氯化钾对于旱胁迫下马铃薯叶片光合色素含量的影响

干旱胁迫下马铃薯叶片叶绿素和类胡萝卜素含量显著降低,而增施氯化钾显著减轻干旱胁迫下二者降低幅度。正常浇灌条件下增施氯化钾同样提高了马铃薯叶片中叶绿素和类胡萝卜素含量(图 3A,图 3B)。

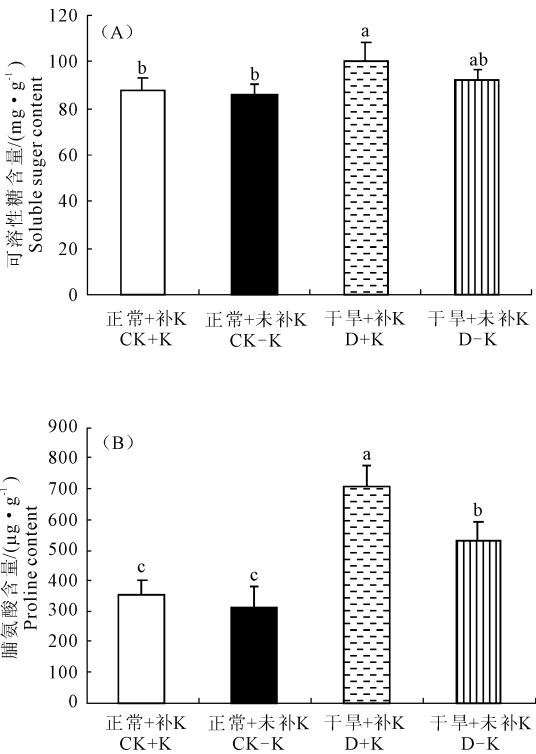


图 2 氯化钾对于旱胁迫下马铃薯幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

Fig.2 Influence of potassium chloride on compatible osmolytes in potato seedlings' leaves under drought stress

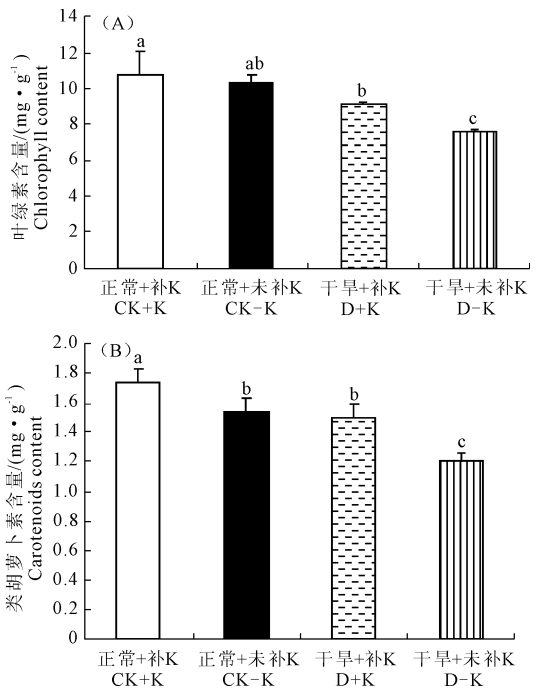


图 3 氯化钾对于旱胁迫下马铃薯幼苗叶片叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

Fig.3 Influence of potassium chloride on the contents of chlorophyll and carotenoid in potato seedlings' leaves under drought stress

2.4 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片 SOD 和 CAT 活性的变化分别表现为显著的升高和降低。在正常灌溉条件下,增施氯化钾相对提高叶片 SOD 活性,对 CAT 活性影响无显著影响。但在干旱胁迫下,增施氯化钾显著升高了 SOD 和 CAT 活性($P < 0.05$)(图 4A,图 4B),可见在干旱胁迫条件下增施氯化钾可显著提高抗氧化酶活性。

2.5 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片光合生理的影响

由图 5 可见,干旱胁迫下幼苗叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(C_s)均有显著降低。增施氯化钾显著提高了干旱胁迫下叶片净光合速率(P_n)和水分利用效率(WUE),分别提高 45.99%和 50.61%,叶片的蒸腾速率(T_r)降低 4.18%。干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片水分利用效率降低,且无论干旱胁迫还是正常灌溉,增施氯化钾均显著提高叶片净光合速率和水分利用效率。

2.6 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯块茎营养的影响

干旱胁迫降低了马铃薯块茎淀粉和维生素 C 含量。增施氯化钾可显著提高干旱胁迫下马铃薯块茎淀粉含量($P < 0.05$),维生素 C 含量有所提高但

不显著($P > 0.05$)。正常灌溉条件下增施氯化钾块茎淀粉和维生素 C 含量也有所提高,但差异不显著($P > 0.05$)(图 6A,图 6B)。

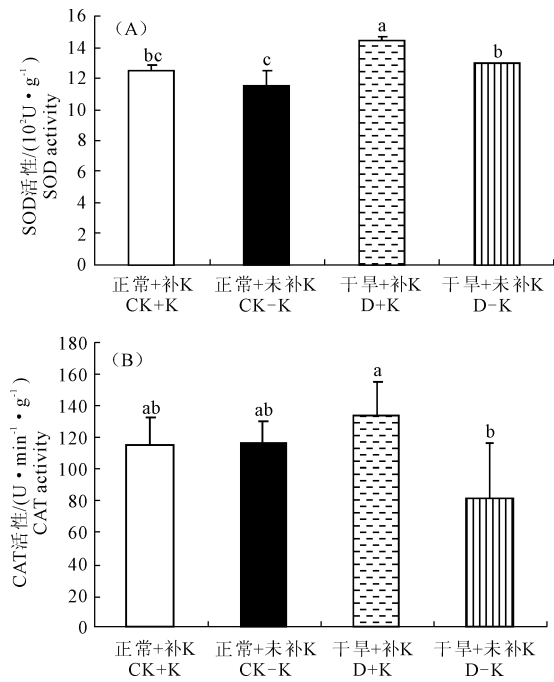


图 4 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片 SOD 和 CAT 活性的影响

Fig.4 Influence of potassium chloride on the activities of SOD and CAT in potato seedlings' leaves under drought stress

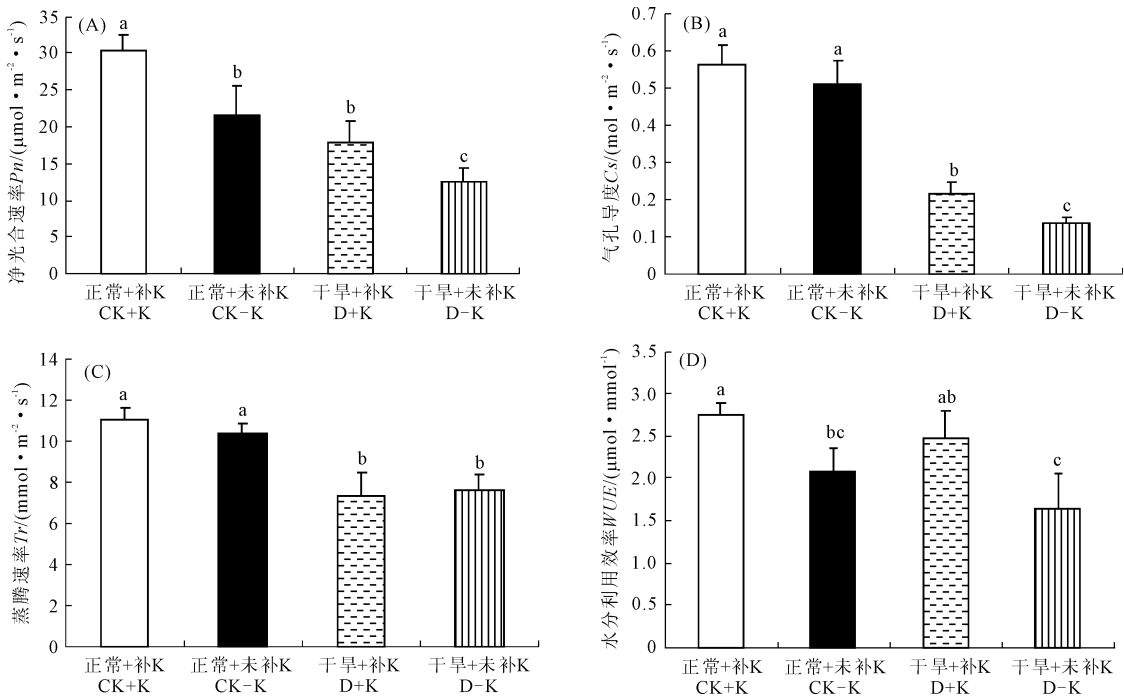


图 5 氯化钾对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片光合生理的影响

Fig.5 Influences of potassium chloride on the photosynthetic activities in potato seedlings' leaves under drought stress

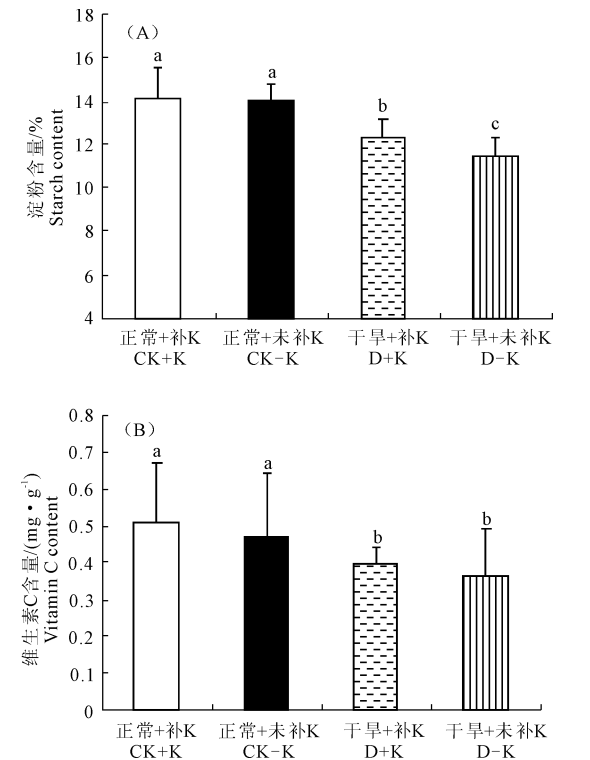


图 6 氯化钾对于旱胁迫下马铃薯块茎淀粉和维生素 C 含量的影响

Fig.6 Influence of potassium chloride on the contents of starch and vitamin C in potato tubers under drought stress

2.7 氯化钾对马铃薯生长发育的影响

如表 1 所示,干旱胁迫下马铃薯植株株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量都显著降低,增施氯化钾使干旱胁迫条件下马铃薯植株株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量分别相对提高 6.32%、18.28%、13.75%和 29.45%;正常灌溉条件下增施氯化钾使马铃薯株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量分别提高 8.74%、6.36%、19.97%和 10.38%,均达到差异显著程度。

表 1 氯化钾对马铃薯幼苗株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量的影响

Table 1 Influence of potassium chloride on the plants height, stem diameter, stolon number and yield per plant

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	单株匍 匐茎数 Stolon number	单株 产量 Yield per plant
正常 + 补 K (CK + K)	37.33a	1.17a	14.00a	161.54a
正常 + 未补 K (CK - K)	34.33ab	1.10ab	11.67ab	146.35b
干旱 + 补 K (D + K)	33.67b	1.10ab	11.00ab	121.55c
干旱 + 未补 K (D - K)	31.67b	0.93b	9.67b	93.90d

3 讨论与结论

干旱胁迫是农业生产中最为主要的非生物环境限制因子。在干旱胁迫达到一定程度后,植物细胞内自由基产生与清除的平衡会遭到破坏,导致活性氧、自由基过量累积,而过量累积的活性氧、自由基在达到和超过某一阈值时则会产生一系列氧化和破坏,给细胞膜结构和功能及细胞内的酶系统造成伤害[7,22]。

渗透调节是植物抵御干旱胁迫、维持渗透平衡、保护细胞正常结构的重要生理机制[23]。脯氨酸和可溶性糖为植物细胞内参与渗透调节的重要物质,其中脯氨酸具有较强的水合能力,在干旱胁迫下脯氨酸积累增强细胞的持水能力,有利于植物抗旱性的提高;可溶性糖含量的升高也具有增强植物渗透调节的能力[23]。左利萍等研究发现在整个渗透胁迫过程中,渗透胁迫前期渗透调节物质的累积以脯氨酸为主,后期以可溶性糖积累为主,而脯氨酸的累积量显著下降[24]。还有研究发现,在水分亏缺时,钾明显促进百合和玉米叶片脯氨酸的积累,而缺钾时脯氨酸积累受阻[25-26]。本文研究显示干旱胁迫下增施氯化钾显著提高了马铃薯叶片中脯氨酸和可溶性糖含量(图 2A,图 2B),表明补钾可提高干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片的渗透调节能力。另外,钾自身也是植物细胞重要的渗透调节物质之一,对于增强细胞吸水和持水能力也具有重要作用[27]。本文研究表明,在干旱胁迫下增施氯化钾提高了马铃薯叶片相对含水率(图 1C),这与其渗透调节物质含量的升高相互印证,对于缓解干旱胁迫也具有一定的作用。

超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)是植物细胞内两种重要的抗氧化酶,起着抗氧化的酶促防御作用。本试验结果显示,增施氯化钾显著提高干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片中 SOD 和 CAT 活性(图 4A,图 4B),这与干旱胁迫下增施氯化钾减缓细胞脂质过氧化作用终产物 MDA 含量升高(图 1A)相吻合。

有研究报道钾能维持干旱胁迫下细胞器的结构和功能,相对提高叶片中叶绿素含量[28]。张立新等研究发现施钾提高水分胁迫下夏玉米叶片叶绿素含量,并提高叶片的光合能力[10]。郭志平等[14]研究发现马铃薯增施钾肥对叶片中叶绿素含量提高作用显著,本文也有相似的研究结果(图 3A)。氯化钾还能相对提高干旱胁迫下马铃薯叶片类胡萝卜素含量(图 3B),而类胡萝卜素既是光合色素又是一种重要

内源抗氧化剂,对光合结构也具有一定保护作用^[29]。钾对干旱胁迫下马铃薯叶片光合色素含量的影响可能进一步影响到其光合生理,本研究结果显示,增施氯化钾相对提高了干旱胁迫下叶片净光合速率(P_n)和水分利用率(WUE)(图 5A,图 5D),这说明增施氯化钾能通过提高干旱胁迫下马铃薯叶片的光合能力及水分利用效率,从整体上提高了马铃薯幼苗的抗旱能力。

关于钾影响马铃薯块茎品质的研究已有一些报道,张东昱等^[30]的研究结果显示,钾肥在一定用量范围内能增加马铃薯块茎中淀粉、干物质和维生素 C 含量。郭志平等^[14]研究表明马铃薯追施钾肥可促进矿物质吸收、运输和代谢,提高光合产物由地上转运至地下,并不断合成淀粉。本试验结果表明,在干旱和非干旱条件下增施氯化钾使马铃薯块茎中淀粉和维生素 C 含量均有所增加(图 6A,图 6B),这说明增施氯化钾可在一定程度上提高马铃薯块茎品质。本文研究显示,增施氯化钾提高了干旱胁迫下马铃薯的株高、茎粗、单株匍匐茎数和单株产量(表 1),这些生长量的改变,也从其生长发育的角度证明了增施氯化钾可提高马铃薯植株的整体抗旱性。

总之,增施氯化钾可提高干旱胁迫下马铃薯幼苗的保水能力,相对缓解干旱胁迫所造成的抗氧化酶活性下降并相对提高渗透调节物质含量,减轻干旱对叶片光合作用的不良影响,提高水分利用效率,促进植株的生长发育,从而从整体上提高了马铃薯幼苗的抗旱性。

参 考 文 献:

[1] 徐建飞,刘 杰,卞春松,等.马铃薯资源抗旱性鉴定和筛选[J].中国马铃薯,2011,25(1):1-6.

[2] 蒲育林,王 蒂.我国西部马铃薯产业发展重点领域展望[J].作物杂志,2005,(5):8-10.

[3] 江淑琼,周守标,刘 坤,等.干旱胁迫对中国石蒜叶片形态和部分生理指标的影响[J].北方园艺,2010,(7):16-19.

[4] 孙宏勇,张喜英,陈素英,等.水分胁迫对冬小麦冠层结构及光合特性的研究[J].灌溉排水,2005,24(2):31-34.

[5] 杜润峰,郝文芳,王龙飞.达乌里胡枝子抗氧化保护系统及膜质过氧化对干旱胁迫及复水的动态响应[J].草业学报,2012,21(2):51-61.

[6] 马富举,李丹丹,蔡 剑,等.干旱胁迫对小麦幼苗根系生长和光合作用的影响[J].应用生态学报,2012,23(3):724-730.

[7] 顾建勤,闫志利,牛俊义,等.干旱胁迫及复水对豌豆苗期保护酶活性及膜质过氧化的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30

(3):159-164.

[8] 陈光荣,高世铭,张晓艳,等.补水时期和施钾量对旱作马铃薯产量和水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):41-45.

[9] 洪世奇,庞宁菊.富钾区旱作农田施钾对玉米抗旱性的影响[J].干旱地区农业研究,1997,15(3):37-41.

[10] 张立新,李生秀.长期水分胁迫下氮、钾对夏玉米叶片光合特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):82-90.

[11] 刘 峰,聂荣邦.作物钾营养研究进展[J].作物研究,2004,(5):358-361.

[12] 焦晋川,陈 琳.钾肥对多年生黑麦草抗旱性的影响[J].草业科学,2008,25(8):139-142.

[13] 张立新,李生秀.氮、钾、甜菜碱对水分胁迫下夏玉米叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J].作物学报,2007,33(3):482-490.

[14] 郭志平,桑婷婷,朱慧婷,等.不同生育期追施钾肥对马铃薯产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2011,50(4):681-683.

[15] 郭志平.马铃薯不同生育期追施钾肥增产效果的研究[J].土壤肥料,2002,(3):15-17.

[16] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等.不同钾肥品种及用量对马铃薯产量和品质的影响[J].西南农业学报,2010,23(6):1950-1953.

[17] 孙业民,张俊莲,王 文,等.PP333 对干旱胁迫下马铃薯幼苗抗旱性及块茎营养的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(6):118-123.

[18] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:72-75,111-112,159-162,168-170.

[19] 张永成,田 丰.马铃薯试验研究方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007:166-169,233-235.

[20] 赵世杰.植物组织中丙二醛测定方法的改进[J].植物生理学通报,1994,30(3):207-210.

[21] 李向荣,方 晓,褚爱珠.果蔬与饮品中 V_c 的碘化钾萃取分光光度测定[J].浙江农业大学学报,1994,20(5):522-524.

[22] 朱 萍,孔令琪,李 高,等.贮藏温度对不同含水量老芒麦种子生理特性的影响[J].草业学报,2011,20(6):101-108.

[23] 黄升谋.干旱对植物的伤害及植物的抗旱机制[J].安徽农业科学,2009,37(22):10370-10372.

[24] 左利萍,李 毅,焦 健.渗透胁迫下河北杨叶片的生理响应及相关分析[J].林业科学,2008,44(8):56-61.

[25] 赵欣楠,黄 鹏,路 喆,等.施钾对兰州百合叶片抗旱性生理指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2009,44(1):98-101.

[26] 张立新,李生秀.水分胁迫下氮、钾对不同基因型玉米氮代谢的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(4):554-560.

[27] 汪邓民,周冀衡,朱显灵,等.干旱胁迫下钾对烤烟生长及抗旱性的生理调节[J].中国烟草科学,1998,(3):26-29.

[28] 魏永胜,梁宗锁.钾与提高作物抗旱性的关系[J].植物生理学通讯,2001,37(6):576-579.

[29] 王 彬,李长鼎,马仲泽,等.4 个高羊茅品种幼苗期抗旱性比较研究[J].农业科学研究,2011,32(3):22-26.

[30] 张东昱,王多成,张 荣,等.钾肥对鲜食型马铃薯产量及品质的影响[J].中国马铃薯,2009,23(3):152-154.